

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES

CONTRATACIÓN
TERRACERÍA
PAVIMENTOS

VOLUMEN 1

MINISTERIO DE COMUNICACIONES, INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA
DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS
REPÚBLICA DE GUATEMALA

**ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN
DE CARRETERAS Y PUENTES**

VOLUMEN 1

**CONTRATACIÓN
TERRACERÍA
PAVIMENTOS**

Enero, 2025

Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes
© Primera edición, 1956

Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes
© Segunda edición, 1975

Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes
© Tercera edición, 2001

Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes
Volumen 1
© Cuarta edición, 2025

© Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, (CIV), 2025
8a avenida y 15 calle, zona 13, Guatemala, Centro América
www.civ.gob.gt



Ministerio de
Comunicaciones,
Infraestructura y
Vivienda

ISBN: 978-9929-8322-1-3



Esta obra está bajo la licencia Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional de Creative Commons. Esta licencia permite que la obra se comparta bajo cualquier formato y se adapte, siempre y cuando no sea con propósitos comerciales y se de crédito de manera adecuada, brinde un enlace a la licencia, e indique si se han realizado cambios en forma razonable. Ver licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

Instituciones que participaron en la actualización:

Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala -ICCG-

Instituto del Asfalto de Guatemala -IAG-

Asociación Guatemalteca de Contratistas de la Construcción -AGCC-

Dirección General de Caminos -DGC-

Edición: Silvia Pacheco Corado
Diseño y diagramación: Hanna Godoy Cobar

PRÓLOGO

Las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, es el compendio que rige las relaciones entre la Dirección General de Caminos y los Contratistas, para todas sus obras.

Tratándose de especificaciones generales, su aplicación debe hacerse con la misma calidad para todas las carreteras, ya sean de primer orden o de menor categoría. Para cada proyecto deben elaborarse las Disposiciones Especiales que prevalezcan para el mismo, además de describir las características especiales de cada obra.

El contrato, los planos, las Disposiciones Especiales elaboradas especialmente para un proyecto y las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Puentes, son el conjunto de documentos que se complementan entre sí para la ejecución de todo proyecto.

Las Especificaciones y demás documentos contractuales, tienen por objeto comunicar al oferente, lo que la Dirección General de Caminos requiere para cada proyecto.

El espíritu que prevalece en las Especificaciones de Construcción de Carreteras y Puentes es: que cada elemento debe asumir la responsabilidad que le corresponde; el que diseña es responsable del diseño; el que construye es responsable de que la construcción se ejecute de conformidad con el contrato, los planos, las Disposiciones Especiales y las Especificaciones Generales, la Supervisión es la responsable de velar que la ejecución de los trabajos cumpla con las condiciones contractuales, los procedimientos de construcción y las normas de calidad establecidas. Todos los participantes deben tener como objetivo primordial encauzar sus esfuerzos y colaboración hacia la construcción de la obra en el tiempo estipulado y con la calidad y durabilidad con que fuera concebida y aprobada.

Los procedimientos de trabajo y el marco de referencia para la revisión y actualización de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, Edición septiembre de 2001, fueron formalizados por el representante de la Dirección General de Caminos y el Coordinador de este estudio con fecha 15 de octubre de 2020.

La investigación para la actualización de estas Especificaciones fue muy profunda, analizando en forma detallada el texto original y tomando en cuenta las normas más recientes que rigen a nivel Internacional, especialmente de los Estados Unidos AASHTO, FP, ACI, AI, PCA y ASTM, así mismo las Especificaciones de Construcción de Carreteras de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana SIECA. También se tomaron como referencia Especificaciones de otros países latinoamericanos como México, Colombia, Perú, Argentina y especialmente las propuestas y criterios presentados por Ingenieros Guatemaltecos que, basándose en sus conocimientos especializados, experiencia e investigaciones específicas, han permitido establecer normas modernas que vuelven a colocar al país en una línea actualizada en cuanto a la ejecución de proyectos viales se refiere.

Los presentes volúmenes han sido preparados de conformidad con la Legislación vigente a agosto del año 2024. Debido a los cambios de la Legislación que puedan surgir en Guatemala y que afecten las relaciones contractuales, así como a las innovaciones en equipo y cambios tecnológicos que se puedan producir en el futuro y dado que la presente edición contiene muchas innovaciones, producidas durante los 23 años transcurridos desde la última edición del año 2001, se recomienda que las presentes Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes se pongan en vigencia y que la práctica local las vaya asimilando y puliendo, sugiriendo que las mismas y las futuras ediciones sean revisadas y actualizadas en forma periódica.

Para fortalecer la elaboración de este documento y para obtener la colaboración de las principales instituciones que forman parte del sector construcción o que pueden contribuir con opiniones y propuestas en las diferentes especialidades relacionadas con la construcción de carreteras y puentes, con la anuencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda y de la Dirección General de Caminos, para este trabajo se suscribieron convenios de cooperación y se obtuvo una participación constante hasta completar la actualización de estas especificaciones y aceptar la finalización y aceptación de los resultados de este proyecto, siendo estas instituciones: la Cámara guatemalteca de la Construcción por medio de la Asociación Guatemalteca de Contratistas de la Construcción (AGCC), el Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala (ICCG) y el Instituto del Asfalto de Guatemala (IAG), que a través de sus asociados y especialistas, con sus sugerencias y aportes, hicieron posible que estas Especificaciones fueran de vanguardia y puedan contribuir a mejorar la calidad y el nivel técnico en la construcción de los proyectos viales del país.

**MINISTERIO DE COMUNICACIONES,
INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA**

Arq. Paola Alejandra Constantino
Ministra

**DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS
-DGC-**

Ing. Carlos Alfonso Asturias Ortiz
Director

Ing. Dolman Bryan Godinez Bautista
Subdirector Técnico

Ing. Pablo Enrique Hass Gonzalez
División de Planificación y Estudios

COORDINACIÓN Y SECRETARÍA TÉCNICA

Ing. José Leonel Aguilar Girón
Arq. Pedro Campos Castellanos

Ing. Marta Girón Klarks
Ing. Carlos Ibáñez López
Arq. Cristiam Menéndez Estrada
Ing. Josué Galindo Escobar
Ing. Geovanni Rodríguez Navarro
Ing. Andrés Barillas Quezada

**INSTITUTO DEL CEMENTO Y DEL
CONCRETO DE GUATEMALA -ICCG-**

Ing. Luis Álvarez Valencia
Ing. Estuardo Herrera
Ing. Luis Siliezar Miranda
Ing. Raúl Alvarado
Ing. Hugo González
Ing. Benjamin López Manrique
Ing. Manuel Uribe Ortíz
Ing. René Vargas Roldán
Ing. Luis Tórtola
Ing. Gabriel Casasola

Ing. Mario De León
Ing. Rudy Martínez
Ing. Fernando Ajiatas Pinto
Ing. Vinicio Cabrera
Ing. Colver Muralles
Ing. Juan Antonio Ramírez Castañeda
Ing. Kenneth Molina

**INSTITUTO DEL ASFALTO DE
GUATEMALA -IAG-**

Licda. Gabriela Rodríguez
Ing. Rodrigo Rubio Haasler
Arq. Eunice Bonilla Cabrera
Ing. Rodolfo Rubio Cifuentes
Lic. José María Marroquín Samayoa
Lic. Rodrigo Marroquín Ganddini
Ing. Dina Avellán Cruz
Ing. José Istupe Ibañez
Arq. Mary Jerez Meza
Ing. Juan Pablo Urrea Cabrera
Ing. Ricardo Celis Wantland
Ing. Juan Pablo Broissin López
Ing. Jacqueline Elías

**ASOCIACIÓN GUATEMALTECA DE
CONTRATISTAS DE LA CONSTRUCCIÓN
-AGCC-**

Ing. Jorge Toruño Díaz
Arq. Eduardo Cabarruz Doninelli
Arq. César Alvarado Lemus
Ing. Salvador Morales Sandoval
Ing. Pedro Rocco Arrivillaga
Ing. Pablo Cox Tuch
Ing. Carlos Morales Muñoz
Ing. Francisco Mejía Villafuerte

ASESORES Y CONSULTORES EXTERNOS

Ing. Sergio Navas
Ing. Walter González Portillo
Ing. Rubani Granados
Dr. Rodolfo Semrau Lago
Ing. Indira Barreno
Ing. Foscolo Liano
Ing. Roberto Arango
Dr. Fernando Callejas Benítez
Ing. Gustavo Cosenza Arango
Ing. Elías Arango
Ing. Byron Ramos Sánchez
Ing. Jaime Laj
Lic. Yesenia Polanco
Ing. Víctor Barrios
Lic. Julio Castillo
Ing. Pedro Bonilla
Ing. René Rivera
Ing. Raúl Marroquín
Ing. Celvin Estrada
Ing. Carlos Castillo
Ing. Paola del Cid Colindres
Ing. Rodolfo Fernández Motta
Ing. Braynne Maldonado Ramos
Lic. Manuel Juárez Melgar
Arq. Dick Valdez
Ing. Oscar Guevara Matías
Ing. Jeser Nij
Ing. Julio Galicia Celada
Ing. Fernando Gómez
Ing. Pablo José Rivera Méndez
Dr. Edgar De León Izeppi
Ing. Milton Matus
Ing. Víctor Carol Hernández
Ing. Omar Flores Beltetón

ÍNDICE

Tabla de contenidos	13
Tabla de conversiones.....	13
DIVISIÓN 100	
DISPOSICIONES GENERALES	15
Sección 101	
Abreviaturas y definiciones.....	15
Sección 102	
Requisitos y condiciones para presentación de ofertas.....	29
Sección 103	
Adjudicación de la licitación	35
Sección 104	
Alcance del trabajo	43
Sección 105	
Control del trabajo.....	47
Sección 106	
Control de materiales	57
Sección 106 - Anexo 1	
Aceptación del trabajo por medio de evaluación estadística	63
Sección 107	
Equipo de construcción	75
Sección 108	
Responsabilidad legal y pública	79
Sección 109	
Prosecución y progreso	87
Sección 110	
Medida y pago	97
DIVISIÓN 150	
REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO.....	107
Sección 151	
Movilización y desmovilización.....	107
Sección 152	
Replanteo y levantamiento topográfico para construcción.....	111
Sección 153.....	117
Sistema de control de calidad del contratista	117

Sección 154	
Programa de trabajo para la construcción	127
Sección 155	
Señalización, control del tránsito y mantenimiento de la carretera	133
 División 200	
Movimiento de tierras.....	141
Sección 201	
Retiro de estructuras, servicios existentes y obstáculos	141
Sección 202	
Limpia, chapeo y destronque.....	147
Sección 203	
Excavación y terraplenes requisitos de construcción.....	154
Sección 204	
Excavación de canales	163
Sección 205	
Excavación estructural para estructuras mayores y menores	167
Sección 206	
Relleno para estructuras	177
Sección 207	
Relleno permeable.....	183
Sección 208	
Acarreo libre y acarreo	187
Sección 209	
Capa de balasto.....	191
Sección 210	
Uso de explosivos	199
Sección 211	
Geosintéticos utilizados en movimiento de tierras para terraplenes	205
 DIVISIÓN 250	
TERRAPLENES ESTRUCTURALES.....	225
Sección 251	
Zampeado	225
Sección 252	
Muros secos y pedraplenes	233
Sección 253	
Gaviones y colchones para revestimiento.....	237
Sección 254	
Muros de huacaleras.....	245
Sección 255	
Muros de retención y taludes de relleno reforzados estabilizados mecánicamente con geosintéticos	251
Sección 256	
Anclajes geotécnicos permanentes	261

Sección 257	
Muros de retención de concreto reforzado.....	273
Sección 258	
Estructuras de suelo enclavado.....	277
Sección 259	
Concreto lanzado	283
 DIVISIÓN 300	
SUBRASANTE, SUBBASES Y BASES	289
Sección 301	
Reacondicionamiento de subrasante existente	289
Sección 302	
Estabilización de la subrasante	295
Sección 303	
Capa de subbase común	305
Sección 304	
Capa de subbase y base granular	313
Sección 305	
Capa de subbase y base de grava o piedra trituradas.....	323
Sección 306	
Capa de subbase y base de recuperación del pavimento existente.....	333
Sección 307	
Capa de subbase y base estabilizada.....	341
Sección 308	
Capa de base de suelo cemento	365
Sección 309	
Base asfáltica en caliente	373
Sección 310	
Capa de subbase y base de recuperación y estabilización del pavimento existente.....	387
Sección 311	
Fresado del pavimento	395
Sección 312	
Suelo cemento plástico	399
Sección 313	
Apilamiento y almacenamiento de agregados	407
Sección 314	
Paliativos del polvo	411
 DIVISIÓN 400	
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	417
Sección 401	
Pavimento de concreto asfáltico en caliente	417
Sección 402	
Pavimento de concreto asfáltico reciclado mezclado en caliente.....	451

Sección 403	
Mezcla asfáltica en frío.....	457
Sección 404	
Tratamientos asfálticos superficiales.....	473
Sección 405	
Sellos asfálticos	487
Sección 406	
Sellado de grietas y bacheo del pavimento existente.....	503
Sección 407	
Riego de imprimación	511
Sección 408	
Riego de liga.....	519
Sección 409	
Geosintéticos para pavimentación	527
Sección 410	
Arena asfalto	537
Sección 411	
Asfaltos modificados	551
 DIVISIÓN 500	
PAVIMENTOS RÍGIDOS	561
 Sección 501	
Pavimento de concreto de cemento hidráulico	561
 Sección 502	
Reparación de pavimentos de concreto de cemento hidráulico.....	587
Índice alfabético.....	607

Tabla de contenidos
Volumen 1

Tabla de conversiones				
Símbolo	Cuando se tiene	Multiplicar por	Para obtener	Símbolo
μm mm m m km mm mil	micrómetros milímetros metros metros kilómetros milímetros mil	LONGITUD 3.937 x 10 ⁻⁵ 0.0393 3.28 1.0936 0.6213 0.0011963 0.00254	pulgadas pulgadas pies yardas millas varas centímetros	pulg. pulg. pie yd. mi vrs mil
mm^2 m^2 m^2 ha km^2	milímetros cuadrados metros cuadrados metros cuadrados hectáreas kilómetros cuadrados	ÁREA 0.0016 10.764 1.195 2.47105 0.3861	pulgadas cuadradas pies cuadrados yardas cuadradas acres millas cuadradas	pulg ² pie ² yd ² acre mi ²
lt m^3 m^3	litros metros cúbicos metros cúbicos	VOLUMEN 0.264 35.3147 1.3079	galones pies cúbicos yardas cúbicas	gal. pie ³ yd ³
g kg T	gramos kilogramos toneladas métricas	MASA 0.03527 2.204 1.1023	onzas libras toneladas inglesas o corta	oz. lb. T
$^{\circ}\text{C}$	grados Centígrados	TEMPERATURA 1.8($^{\circ}\text{C}$) + 32	grados Fahrenheit	$^{\circ}\text{F}$
lx cd/m^2	lux candela por metro cuadrado	ILUMINACIÓN 0.0929 0.2919	pie-candela pie-Lamberts	pie-cd pie-L
J N kPa MPa	joule newton kilo Pascal mega Pascal	FUERZA Y PRESIÓN O ESFUERZO 0.7376 0.2248 0.145 1	pie - libra libra libra por pulgada cuadrada newton por milímetro cuadrado	lb.-pie lb. psi N/mm ²

DIVISIÓN 100
DISPOSICIONES GENERALES

SECCIÓN 101
ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

101.01 Abreviaturas.

101.02 Definiciones.

101.01 Abreviaturas. Cuando las siguientes abreviaturas son usadas en las especificaciones o en los planos, sus significados son los siguientes:

AA	Aluminum Association, (Asociación del Aluminio).
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials, (Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transportes).
AASHTO R69	Standar Practice for Determination of Long Term Strength for Geosynthetic Reinforcement, (Procedimiento Estándar para Determinar la Resistencia a Largo Plazo de los Geosintéticos).
ACI	American Concrete Institute, (Instituto Americano del Concreto).
ACPA	American Concrete Pavement Association, (Asociación Americana de Pavimentos en Concreto).
AI	Asphalt Institute, (Instituto de Asfalto).
AISC	American Institute of Steel Construction, (Instituto Americano para Construcción en Acero).
AISI	American Iron and Steel Institute, (Instituto Americano de Hierro y Acero).
ANSI	American National Standards Institute, (Instituto Nacional Americano de Estándares).
ARTBA	American Road And Transportation Builder Association, (Asociación Americana de Constructores de Carreteras y Transportes).
ASTM	American Society for Testing and Materials, (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
ATE	Acuerdo de Trabajo Extra.
AWS	American Welding Society , (Sociedad Americana de Soldadura).
BM	Banco de Marca de Nivel Fijo.
COGUANOR	Comisión Guatimalteca de Normas.
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
COVIAL	Unidad Ejecutora de Conservación Vial.
DGA	Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales del -MARN-.

DGC	Dirección General de Caminos.
DPE	División de Planificación y Estudios.
DSC	División de Supervisión de Construcciones.
DTI	Departamento Técnico de Ingeniería.
EAI	Evaluación Ambiental Inicial.
EIA	Estudio de Impacto Ambiental.
EN-1317	Especificaciones Europeas para Barreras y Sistemas de Contención Vial
FHWA	The Federal Highway Administration, (Administración Federal de Carreteras).
GUATECOMPRAS	Sistema de Información y Contrataciones del Estado.
GRI	Geosynthetics Research Institute, (Instituto de Investigación de Geosintéticos).
GSA	General Services Administration, (Administración de Servicios Generales).
HDPE	Polietileno de Alta Densidad.
IA	Instrumento Ambiental.
IDAEH	Instituto de Antropología e Historia.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
INAB	Instituto Nacional de Bosques.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INTECAP	Instituto Técnico de Capacitación.
IRTRA	Instituto de Recreación de los Trabajadores.
ISO	International Organization for Standardization, (Organización Internacional de Normalización).
IVA	Impuesto al Valor Agregado.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MASH	Manual for Assessing Safety Hardware, AASHTO, (Manual para Evaluar Dispositivos de Seguridad).
MICIVI	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.
MINFIN	Ministerio de Finanzas Publicas.
NBS	National Bureau of Standards, (Oficina Nacional de Normas).

NCHRP	National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, (Programa Nacional Cooperativo de Investigación de Carreteras, División de Investigación del Transporte del Consejo Nacional de Investigación, de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América).
NOG	Número de Operación Guatecompras.
NTG	Norma Técnica Guatemalteca.
OC	Orden de Cambio.
OTS	Orden de Trabajo Suplementario.
PCA	Portland Cement Association, (Asociación del Cemento Portland).
PCI	Prestressed Concrete Institute, (Instituto del Concreto Preesforzado).
PE	Polietileno.
PP	Polipropileno.
PTI	Post-Tensioning Institute, (Instituto del Concreto Postensado).
PVC	Policloruro de vinilo.
RGAE	Registro General de Adquisiciones del Estado.
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública.
SSPC	Steel Structures Painting Council, (Consejo de Pintura de Estructuras de Acero).
UL	Underwriter's Laboratories, Inc., (Laboratorios de Aseguradores).

101.02 Definiciones.

Cuando los siguientes términos sean usados en las especificaciones, contratos o documentos de contrato, las palabras se entenderán de acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española, en la acepción correspondiente, salvo que en estas especificaciones o documentos de contrato se definan en una forma diferente.

Aceptación con fundamento estadístico. Analizar todos los resultados de pruebas colectiva y estadísticamente utilizando el método de análisis de nivel de calidad, contrastándolo con un método estándar, para determinar el porcentaje total estimado dentro de los límites especificados aplicables para su aceptación.

Acera o banqueta. Parte de una vía urbana o de otra vía pública, así como de un puente por lo general ligeramente elevada destinada exclusivamente al tránsito de peatones. También se usa el término banqueta para construir una terraza en el talud aledaño a la carretera destinada a que se cumpla el requisito de la distancia mínima de visibilidad de parada de vehículo.

Acuerdo de Cambio. El Convenio suscrito entre el Director de la DGC y el Contratista, previa opinión del Delegado Residente y Dictamen del Ingeniero, para compensar al Contratista por los gastos incurridos, en el caso de que, por necesidades del trabajo contratado, la DGC emita una Orden de Cambio según se ha previsto en las Especificaciones 110.05 y 110.06.

Ampliación del Monto de Contrato. El Convenio suscrito entre el Director de la entidad Contratante y el Contratista, en el cual, previa opinión del Delegado Residente y Dictamen del Ingeniero, se convienen los nuevos costos que deben regir en los casos previstos en estas Especificaciones Generales y leyes de la materia.

Las variaciones del valor de los Contratos de Obra o de Suministro de Equipo instalado, podrán efectuarse cuando en la ejecución de los mismos se encuentren situaciones no previstas, no contempladas o no detectadas en la planificación, tales como fallas geológicas, fenómenos de la naturaleza, condiciones del terreno o cualquier otra causa que haga imposible el cumplimiento normal de lo pactado o la terminación del proyecto.

Cuando las variaciones no sobrepasen del veinte por ciento (20%) en más o en menos del valor original ajustado del contrato, se regularán con los documentos definidos en Reglamento, y se celebrará un contrato adicional si la ampliación excede del porcentaje antes indicado sin sobrepasar el cuarenta por ciento (40%) del valor original ajustado del contrato.

Acuerdo de Trabajo Extra. Acuerdo entre la DGC y el Contratista, aprobado por el Director, para la ejecución de trabajos con base en costos unitarios o suma global convenidos de mutuo acuerdo, para los cuales no existen renglones de trabajo ni costos establecidos en la oferta presentada, ni en el contrato.

Adjudicación. Acto por el cual La Junta de Licitación, adjudica la licitación al oferente, que cumplió con los requisitos y condiciones establecidas en las Bases de Licitación y haya hecho la propuesta más conveniente para los intereses del Estado. La Junta de Licitación hará también una calificación de los oferentes que clasifiquen sucesivamente. En el caso que el adjudicatario no suscribiera el contrato, la negociación podrá llevarse a cabo con el siguiente clasificado en su orden.

Aseguradora. Institución debidamente autorizada de conformidad con las leyes financieras y bancarias de la Republica de Guatemala y que formaliza una garantía que deberá proporcionar el Contratista.

En caso de emisión de una póliza de fianza o seguro de caución, deberá ser emitida por una entidad aseguradora debidamente autorizada para operar en la República de Guatemala.

Alcantarilla. Galería abovedada o tuberías que dan paso al agua bajo una carretera, camino o edificio; canal subterráneo que, a lo largo de las calles recibe las aguas sucias y los detritos domésticos e industriales, así como las aguas llovedizas; cualquier estructura debajo de la calzada que proporciona una abertura o cauce libre, pero que no cumple con los requisitos para ser clasificada como bóveda o puente.

Análisis de Gestión de Riesgo. Son todos los estudios para la identificación, evaluación y valoración de los probables riesgos naturales, asociados al avance demográfico, infraestructura y frontera agrícola, con respecto a las amenazas identificadas con la herramienta AGRIP.

Anuncio o publicación. Anuncio público o publicación pública en el cual se invita a oferentes a participar en Licitación o Contratación para realizar trabajos o para proveer materiales o prestar servicios de conformidad con los requisitos previamente establecidos en las Bases de Licitación, mediante los cuales se convoca a los interesados a presentar ofertas indicando las condiciones y requisitos. Las convocatorias por licitar se publicarán de acuerdo a lo establecido en la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento vigentes y las Normas para el uso del Sistema de Información de Contrataciones y Adquisiciones del Estado -GUATECOMPRAS-.

Apéndice. El documento que emite la DGC en caso necesario, y con anticipación a la fecha de la presentación de ofertas, para modificar cualquier documento de la Licitación

Aprobación de Adjudicación. Resolución Ministerial por medio de la cual se aprueba la adjudicación de una licitación, y se ordena celebrar el contrato respectivo.

Banco de Materiales. El lugar aprobado por la DGC para la extracción de materiales naturales satisfactorios, a usarse en la construcción de obras

de drenaje, estructuras y capas del pavimento y de balasto, excluyendo la construcción de terraplenes.

Banco de Préstamo. El lugar aprobado por el Delegado Residente para la extracción de materiales de préstamo para terracería.

Calzada. Parte de la carretera, que sirve para la circulación de vehículos.

Cambio climático. Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Esta variación se debe a causas naturales y antrópicas que se producen sobre los parámetros climáticos.

Carretera. También llamada ruta, es el término que se utiliza para hacer referencia a una vía de transporte para la circulación, principalmente, de vehículos.

Carretera No Pavimentada. Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terrenos naturales.

Carretera Pavimentada. Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por una capa asfáltica o de concreto hidráulico.

Carril Auxiliar. Franja longitudinal paralela a una calzada principal, que se construye con el objeto de dar ingreso a varios lugares, sin obstaculizar la vía principal.

Carril de circulación. La parte de la carretera para el movimiento de vehículos, excluyendo los hombros.

Constancia electrónica. Es el documento electrónico que emite el RGAE en que se indica el estado del usuario ante el RGAE.

Consultor Individual. Persona individual precalificada y habilitada por el RGAE, para prestar servicios intelectuales o de asesoría por cualquiera de las entidades reguladas en el artículo 1. de la Ley.

Contratista. Persona individual o jurídica, nacional o extranjera, con quien el Estado ha celebrado Contrato para la ejecución de una obra o la prestación de un servicio.

Contrato. El instrumento jurídico suscrito entre el Estado y el Contratista, de conformidad con las Leyes de la República de Guatemala, en donde se norman los derechos y obligaciones de ambas partes para la ejecución de los trabajos de un determinado proyecto.

Delegado Residente. El Ingeniero Civil colegiado activo, que representa a la DGC en la obra para la que hubiere sido asignado o contratado y que tiene a su cargo la supervisión de la obra en los asuntos técnicos, administrativos y ambientales relacionados con la ejecución del trabajo contratado. El Delegado Residente depende directamente del Ingeniero.

Derecho de Vía. El área de terreno que el Estado suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, trabajos complementarios y futuras ampliaciones.

Día Calendario. Cada día del año incluyendo sábados, domingos y días de Asueto.

Días de Asueto. Los días de descanso con goce de salario, establecidos en las Leyes de la República.

Día hábil: Los días comprendidos en un calendario que por ley no sean considerados días inhábiles.

Día inhábil: Son inhábiles los días de feriado que se declaren oficialmente, los domingos y los sábados de conformidad con el Código de Trabajo, así como los días de asueto y feriados que se declaren oficialmente.

Dirección General de Caminos. La dependencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, responsable de la administración de la Red Vial Registrada del país, siendo sus funciones principales la planificación, diseño, ejecución y supervisión de obras de construcción, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de las carreteras del país.

Director. El Director General de Caminos es la autoridad administrativa superior de la DGC, Ingeniero Civil colegiado activo, quien representa a dicha institución.

Disposiciones Especiales. Documento que complementa las Especificaciones Generales, adaptándolas a los requerimientos de la obra de que se trate. Contiene así mismo, toda la información y requisitos específicos de la obra a licitarse, las Especificaciones Técnicas que no aparezcan en estas Especificaciones Generales y los cambios, correcciones, ampliaciones o modificaciones a las mismas, que fuere necesario hacer. A este documento se incorporan los apéndices necesarios.

Especificaciones. Es la información proporcionada para la construcción de una carretera, puentes y las distintas obras de arte, la cual describe sus diferentes componentes, sus características y el funcionamiento de las mismas.

Estado. La República de Guatemala, Centro América, actuando por medio de sus representantes legales autorizados; específicamente representado por el Ministro del Ramo. Dicho funcionario podrá delegar la celebración de contratos, en los Viceministros, Directores Generales o Directores de Unidades Ejecutoras.

Estimación. La evaluación periódica que de común acuerdo hace el Delegado Residente y el Contratista del proyecto, con fines de pago y control del progreso de la obra.

Formas para licitación. Son los formularios, modelos aprobados por la Autoridad Administrativa Superior, que se usan para requerir determinada información sobre diversos aspectos, en las que el Estado requiere que sean preparadas y sometidas las ofertas.

Garantía. Fianza, depósito en efectivo, Garantía Hipotecaria o Prenda que cubran los riesgos a que estén sujetos los bienes, suministros u obras, según se indique en las Bases de Licitación. Tales garantías cubrirán los riesgos que determinen en el Contrato; y el Contratista proporciona la Garantía a favor del Ministerio.

Gestión de resultados. La Gestión por Resultados (GpR), entendida como un conjunto de principios, procesos y herramientas orientadores de las

decisiones y acción públicas hacia la mejora de variables del desarrollo, constituye una alternativa de interés para todos los involucrados en política y gestión pública.

Gobierno Abierto. Gobierno Abierto es una nueva forma de gobernanza que permite solucionar problemas públicos con base en una efectiva colaboración entre autoridades y ciudadanía.

Gobierno Electrónico. Es un conjunto de acciones basadas en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC's) que el Estado desarrolla para aumentar la eficiencia de la gestión pública, mejorar los servicios ofrecidos a los ciudadanos y proveer a las acciones del gobierno un marco transparente.

Guatecompras. Sistema de Información de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, administrado por la Dirección Normativa de Contrataciones y adquisiciones del Estado de Guatemala -DNCAE-, del Ministerio de Finanzas Públicas. Mercado electrónico operado a través de internet, el cual permite que las etapas del proceso de adquisiciones de bienes y servicios por parte del Estado de Guatemala estén a la vista de todas las personas individuales y jurídicas, a efecto que los interesados conozcan las oportunidades de negocios públicos.

Herramienta AGRIP. La herramienta AGRIP, permite identificar y evaluar el nivel de riesgo a nivel local, que puede estar expuesto un proyecto de estructura vial, por medio de la identificación de las amenazas y sus respectivos riesgos de acuerdo al sitio de exposición. Estos riesgos pueden estar asociados a la geología, clima y a efectos del cambio climático.

Hombros. Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

Ingeniero. El Ingeniero Civil colegiado activo, Jefe de la División de Supervisión de Construcciones de la DGC, quien está encargado de las Supervisiones de Obras. El Ingeniero depende del Director.

Ingeniero Auxiliar. El Ingeniero Civil colegiado activo, quien desempeña las funciones que le asigne el Delegado Residente, y quien lo sustituye en caso de ausencia.

Inspector. El Representante autorizado del Delegado Residente, designado para inspeccionar la obra y los materiales destinados para la misma.

Junta de Licitación. Es el órgano competente para recibir, calificar ofertas y adjudicar la licitación.

Ley. La Ley de Contrataciones del Estado de la República de Guatemala Decreto No. 57-92 del Congreso de la República de Guatemala, y su Reglamento contenido en el Acuerdo Gubernativo No. 122-2016 y sus modificaciones.

Ley Orgánica del Presupuesto. Es el conjunto de leyes que tiene por finalidad normar los sistemas presupuestario, de contabilidad integrada gubernamental, de tesorería y de crédito público de Guatemala.

Licitación Pública. Procedimiento previsto por la Ley para contratar la ejecución de Obras, Adquisición de Bienes, Servicios Públicos o Suministros. La Licitación Pública puede ser de carácter nacional o internacional.

Licitación Pública Restringida. Es un procedimiento que permitirá realizar las contrataciones de bienes y servicios bajo un proceso de selección con un número limitado de proveedores que pueden atender el requerimiento.

Materiales. Cualquier insumo que esté especificado para su uso en la construcción del proyecto y sus accesorios.

Ministerio. Órgano de Gobierno del Estado de Guatemala, que tiene a su cargo los asuntos determinados, en el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

Ministro. Cuando en el texto se hace referencia al Ministro corresponde al Ministro de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

Obra. El trabajo o construcción por ejecutarse de acuerdo con los planos, Especificaciones y demás documentos que forman parte del Contrato.

Obras de arte. Las distintas obras complementarias que se utilizan en una carretera.

Oferente. Es la persona individual o jurídica, nacional o extranjera, que presenta oferta a los organismos del Estado y entidades indicadas en el artículo 1. de la Ley, para participar en un proceso de contratación pública relacionado con la ejecución de una obra, adquisición de bienes, servicios o suministros, según la clase de la licitación.

Oferta. La propuesta que por escrito o de forma electrónica, presenta el Oferente, incluyendo los demás documentos requeridos en las bases de licitación.

Orden de Cambio. Orden escrita que el Delegado Residente da al Contratista, con la recomendación previa del Ingeniero y aprobación del Director, para que se efectúe cualquier cambio o modificaciones a los planos o Especificaciones, o para suprimir, disminuir o modificar las cantidades de trabajo de uno o más renglones y puede dar derecho a compensación únicamente en los casos previstos en las Sub Secciones 110.05 a 110.07 de las Especificaciones y se debe suscribirse el documento correspondiente.

Orden de Campo. La orden escrita, obligatoria, proferida en el lugar de la obra, que emite el Delegado Residente, sus ingenieros Auxiliares o Inspectores expresamente facultados para ello, para que el Contratista ejecute un trabajo cubierto por el Contrato, en forma eficiente, práctica y de acuerdo con las expectativas de la DGC.

Orden de Trabajo Suplementario. Orden escrita que emite el Delegado Residente con la aprobación del Ingeniero, aceptada por el Contratista, para que éste ejecute cierto número de unidades adicionales de uno o más renglones de trabajo que tengan costos unitarios aprobados cuando las cantidades originales de contrato creadas o revisadas por otro documento contractual se han agotado.

Esta orden no conlleva ajustes en los costos unitarios, salvo el caso, cuando un Renglón Principal sobrepase el límite de fluctuación que se fija en estas Especificaciones. Cuando las cantidades adicionales afecten el tiempo de ejecución de la obra, el Contratista podrá solicitar ampliación al tiempo de ejecución del contrato.

Orilla o borde del camino. Vocablo general que designa el área contigua a la orilla exterior del camino donde comienzan los taludes de corte o relleno.

Participación Conjunta: Agrupación temporal de dos o más personas, individuales o jurídicas, para presentar una sola oferta solidaria y mancomunada, sin que el Estado haga distingo de la responsabilidad de cada una de ellas.

Planos del Proyecto. Las plantas, perfiles, secciones transversales, dibujos suplementarios o de ejecución y detalle, incluyendo las modificaciones a los mismos que hayan sido debidamente aprobados por las autoridades competentes de la DGC, y muestren la ubicación, naturaleza, dimensiones y detalles del trabajo a ejecutarse.

Plazo Contractual. Período en días calendario, meses o años de que dispone el Contratista para el cumplimiento del objeto del contrato.

Precalificación. Es el análisis realizado al proveedor respecto a su capacidad técnica, capacidad financiera, experiencia y especialidad, organización empresarial y experiencia, que se hace de las personas individuales o jurídicas interesadas en presentar ofertas para la ejecución de obras, con el objeto de inscribirlos en el Registro General de Adquisiciones del Estado -RGAE - adscrito al Ministerio de Finanzas Públicas, en los grupos de especialidad y capacidad económica que les corresponda.

Programa de Trabajo Aprobado. El documento preparado por el Contratista basándose en el Programa de Trabajo presentado en la oferta, que debe contar con el visto bueno del Delegado Residente, el Ingeniero y aprobado por el Director y es el que rige en la ejecución y pago de los trabajos contratados.

Programa de Trabajo de Oferta. El documento que se adjunta a la oferta y en el que se indica por períodos de 30 días calendario, las cantidades estimadas de trabajo a ejecutarse en cada Renglón, sus montos, iniciación y terminación de los renglones.

Proyecto. El conjunto de planos, especificaciones, disposiciones especiales y apéndices, a los que debe ajustarse la ejecución de una obra.

Proveedor. Persona individual o jurídica, nacional o extranjera, registrada como precalificada de conformidad con la Ley de Contrataciones del Estado, habilitada para proveer bienes, obras, servicios o suministros.

Puente. Estructura de una o más luces, incluyendo sus soportes, erigida sobre una depresión, manto acuífero o una obstrucción.

Publicaciones. Son las convocatorias, anuncios o avisos públicos a licitar, realizados de conformidad con la Ley, su Reglamento y las Normas para el uso del Sistema de Información de Contrataciones y Adquisiciones del Estado denominado GUATECOMPRAS y disposiciones legales aplicables.

Rasante. El trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta construir a lo largo de la carretera. Muestra la elevación y la pendiente del trazo proyectado.

Reajuste por Fluctuación de Costos. Se elaborarán cuando se registren fluctuaciones de costos en más (incremento) o en menos (decremento) que sufren en el costo de los materiales, combustibles y derivados del petróleo, y demás elementos conexos de la obra o del suministro, mano de obra, arrendamiento, maquinaria, equipo, repuestos y combustibles, a efecto de llevar a cabo las compensaciones que fueren necesarias, con los ajustes procedentes en cada caso. Los requisitos y procedimientos se estipulan en la legislación vigente de la materia.

Registro General de Adquisiciones del Estado -RGAE-. Registro de inscripción y precalificación de personas individuales, jurídicas, nacionales

o extranjeras para que sean habilitadas como contratistas o proveedores del Estado en cualquiera de las modalidades de adquisición pública establecidas en la Ley. **Renglón de Trabajo.** Rubro específicamente establecido en el contrato o en sus anexos, descrito en las Especificaciones Generales o en las Especificaciones Especiales, para el cual se fija un costo unitario.

Requisición. Documento que se elabora para el inicio de un proceso de contratación de obra o adquisición de bienes o servicios, previas instrucciones de la autoridad superior.

Requisito de licitación. Un término o condición utilizado solamente en las licitaciones y que aplica sólo antes de adjudicar el contrato.

Servicios. Conjunto de actividades realizadas por una persona individual o jurídica, nacional o extranjera.

Servidumbre de paso. Derecho otorgado por un propietario o poseedor de un bien inmueble que se otorga a favor del Estado, para permitir el paso en una franja de terreno de su propiedad o posesión.

Subcontratista. La persona individual o jurídica, nacional o extranjera a quien el Contratista con el previo consentimiento y autorización por escrito del Ministerio y siempre que se haya estipulado en el contrato, se encarga de realizar partes determinadas de la obra. El subcontratista debe estar previamente inscrito y precalificado en el RGAE y no estar comprendido en ninguna de las prohibiciones establecidas en la Ley.

Subdirector. Ingeniero Civil colegiado activo, quien sustituye al Director, en su ausencia.

Subrasante. Área sobre la que se construyen las capas de Subbase, de base, de superficie y los hombros. Se representa gráficamente en los planos por medio de una línea que es el eje longitudinal central de la carretera.

Superintendente. El jefe ejecutivo del Contratista quien dirige la obra, poseyendo plena autoridad para actuar como su representante autorizado con relación

al trabajo, debiendo ser ingeniero civil colegiado activo y hablar el idioma español.

Supervisora. Persona individual o jurídica cuya función es la supervisión técnica, administrativa y ambiental de los trabajos del proyecto, a fin de que estos se realicen conforme a las Especificaciones Técnicas, calidades, plazo y condiciones estipuladas en el contrato y que está representada por el Delegado Residente.

Tolerancias. Son las variaciones permisibles en más o en menos que las Especificaciones Generales o las Disposiciones Especiales establezcan para cada trabajo.

Trabajo. Todas las obligaciones del Contratista contempladas y cubiertas en el Contrato y sus ampliaciones autorizadas.

Trabajo Extra. Trabajo no incluido en el Contrato original, debidamente aprobado por la entidad Contratante.

Trabajo por Administración. Es el sistema aplicado para la ejecución por el Contratista, de ciertos trabajos en la construcción de una obra por contrato. El Contratista deberá proveer los materiales, mano de obra, equipo y otros suministros y servicios que sean necesarios para la ejecución de un trabajo en el cual no hubo acuerdo para hacerlo por costo unitario o global. El Contratista no cobrará gastos de Dirección.

Trabajos en orillas. Aquellos trabajos que son necesarios en la carretera completa, que proveen para la conservación de materiales y carácter distintivo del paisaje; la rehabilitación y protección contra la erosión de todas las áreas que hubiesen sido desordenadas a causa de la construcción con la siembra de semillas, césped, cubierta retenedora de humedad, así como la colocación de otros recubrimientos sobre el terreno; aquellas siembras que sean adecuadas y otras mejoras que puedan aumentar la utilidad y realizar la apariencia de la carretera.

SECCIÓN 102
REQUISITOS Y CONDICIONES PARA
PRESENTACIÓN DE OFERTAS

- 102.01 Precalificación.
- 102.02 Convocatoria para presentar ofertas.
- 102.03 Licitación Pública.
- 102.04 Anuncio de Licitación Pública.
- 102.05 Forma de obtener los documentos de licitación.
- 102.06 Bases de licitación.
- 102.07 Identificación de renglones de trabajo.
- 102.08 Modificaciones previas a la fecha de recepción de ofertas.
- 102.09 Contenido de la oferta.
- 102.10 Interpretación de cantidades estimadas de trabajo.
- 102.11 Conocimiento de planos, especificaciones y lugar de la obra.
- 102.12 Programa de trabajo de oferta.
- 102.13 Garantía de sostenimiento de oferta.
- 102.14 Junta de licitación.
- 102.15 Integración del costo oficial.
- 102.16 Presentación y apertura de las ofertas.

102.01 Precalificación. Para que toda persona individual o jurídica, nacional o extranjera, pueda participar en licitaciones públicas, es requisito indispensable que esté inscrita y precalificada en el Registro General de Adquisiciones del Estado - RGAE- y en las especialidades establecidas en las Bases de Licitación.

102.02 Convocatoria para presentar ofertas. Para la construcción, mejoramiento, ampliación, reposición y rehabilitación de obras, adquisición de bienes, servicios o suministros, esta convocatoria debe ser:

- (a) Por medio de publicaciones en el número de veces y de conformidad con lo normado legalmente. Obligatoriamente la convocatoria debe de publicarse en GUATECOMPRAS identificando de forma clara y precisa el Número de Operación GUATECOMPRAS (NOG).
- (b) Por medio de invitación dirigida a contratistas o proveedores, inscritos y precalificados, cuando la obra este exonerada del requisito de licitación pública de conformidad con la ley, declarada de emergencia nacional de acuerdo con la ley, o si así se dispone en tratado o convenio internacional.

Contratos de préstamo internacionales pueden requerir, antes de considerar cualquier licitación para su adjudicación, que se deba solicitar a los posibles oferentes, que manifiesten su interés y entreguen un informe referente a su experiencia previa en trabajos similares, organización, capacidad financiera, etc., para elaborar una lista corta para posteriormente invitarlos a presentar propuestas.

102.03 Licitación pública. Es el procedimiento administrativo basado en los principios de publicidad, igualdad, transparencia y no discriminación que de conformidad con la Ley realiza un organismo del Estado o las entidades

indicadas en el artículo 1. de la Ley, cuya finalidad es seleccionar a la oferta que haya cumplido con los requisitos y condiciones establecidas legalmente en los documentos de licitación y sea la más conveniente para los intereses del Estado.

Las licitaciones públicas pueden ser nacionales e internacionales, dependiendo si su soporte económico son fondos nacionales o externos, según se convenga en el convenio de préstamo.

102.04 Anuncio o Convocatoria de Licitación Pública. Publicación a través del Diario Oficial y en el portal de GUATECOMPRAS, en la que se invita a los interesados a presentar ofertas para la ejecución de determinada obra, adquisiciones, bienes, servicios o suministros de acuerdo con las leyes vigentes, en la República de Guatemala.

El anuncio o convocatoria debe de contener como mínimo, lo siguiente: una breve descripción de la obra que se licita, adquisiciones, bienes, servicios o suministros, indicación del lugar donde se entregarán las Bases de Licitación, especificaciones, planos, requisitos esenciales y demás documentos y condiciones para la obtención de los mismos, el lugar, día y hora para la presentación y recepción de las ofertas.

102.05 Forma de obtener los documentos de licitación. La entidad requirente debe publicar las Bases de los eventos en GUATECOMPRAS, de donde las personas interesadas las podrán obtener de forma gratuita. En el caso que las obras, bienes o servicios, requieran documentos que no puedan ser incluidos en GUATECOMPRAS, tales como planos no elaborados por medios electrónicos o cualquier otro que por su naturaleza no lo permita, se deberá indicar en el Portal de GUATECOMPRAS la dependencia de la Dirección General de Caminos en donde pondrán a disposición una copia de los

documentos correspondientes previa compensación del costo de reproducción.

102.06 Bases de Licitación. Es el documento en donde se establecen las principales condiciones de la negociación y deben de contener como mínimo, la información y requisitos siguientes: descripción general de la obra, características generales y específicas; cantidades estimadas de trabajo de cada Renglón; indicación de las especificaciones que regirán; tiempo de ejecución; condiciones que deben cumplir las personas individuales o jurídicas para poder presentar oferta; condiciones que deben llenar las personas individuales o jurídicas para poder presentar oferta; documentos que deben contener las plicas listado en original y copias requeridas y forma de presentarlas, una de las cuales será puesta a disposición de los oferentes; garantía de sostenimiento de oferta, con indicación de su porcentaje, vigencia y causas por las que se hará efectiva; garantía de cumplimiento que deberá presentar el adjudicatario, con indicación de su porcentaje, aspectos que cubrirá, vigencia y causas por las que se hará efectiva; tiempo de responsabilidad del Contratista; garantía de conservación de obra, garantía de saldos deudores, con indicación de su porcentaje, aspectos que cubrirá, vigencia y causas por las que se hará efectiva; seguros que debe constituir el adjudicatario, con indicación de sus montos, riesgos que cubrirán y vigencia; forma de pago; porcentaje del anticipo y procedimiento para otorgarlo, cuando éste se conceda; garantía de anticipo, cuando proceda, con indicación de su porcentaje, forma de otorgarse, vigencia y causas por las que se hará efectiva; prohibiciones, sanciones pecuniarias; límites de fluctuación del monto total de las ofertas, con respecto al costo total oficial estimado de la obra; y otras condiciones o requisitos que se consideren indispensables de conformidad con la ley de la materia, lugar, dirección exacta, fecha y hora en que se efectuará la diligencia de presentación, recepción y apertura de plicas. La convocatoria o invitación forman parte de las bases de licitación. En las bases deberá indicarse la forma de integración de costos

unitarios por Renglón. Así mismo, se describirán los criterios que deberá seguir la Junta de Licitación para calificar las ofertas recibidas, adjuntándose un modelo de oferta y proyecto de contrato.

102.07 Identificación de renglones de trabajo. Cada Renglón de trabajo es identificado por el número de la Sección o Subsección de estas Especificaciones o del artículo de las Disposiciones Especiales que lo norme. Cuando un mismo número identifique a varios renglones, se le agregará entre paréntesis, un número distintivo, comenzando por (1) y continuando en orden correlativo.

102.08 Modificaciones previas a la fecha de recepción de ofertas. Las modificaciones a los documentos de licitación se harán por medio de apéndices numerados que formarán parte de las Disposiciones Especiales y Documentos Anexos de Licitación. Dichas modificaciones se publicarán en el Sistema GUATECOMPRAS, y formarán parte integral del expediente. Cuando se modifiquen las Bases de Licitación se deberá otorgar un plazo no menor de 8 días hábiles de anticipación a la fecha de recepción de ofertas, excepto cuando el apéndice comunique que dicha fecha ha sido pospuesta.

102.09 Contenido de la oferta. La oferta debe estar preparada en idioma español y contener los renglones de trabajo, el costo, condiciones, garantías, modo y tiempo en que el oferente se compromete a ejecutar la obra, la que debe corresponder a los requisitos y documentos de licitación.

102.10 Interpretación de cantidades estimadas de trabajo. Las cantidades estimadas de trabajo que se indican en las bases, formularios y demás documentos, son aproximadas y servirán como base de comparación para la calificación de las ofertas. El Ministerio no se responsabiliza de que las cantidades reales de trabajo correspondan con las estimadas, salvo los casos previstos en la Sección 110.

Los pagos se efectuarán al Contratista, solamente por las cantidades reales de trabajo efectuado o por los materiales proporcionados, de acuerdo con

los planos y Especificaciones. Las cantidades de los renglones del contrato a efectuarse podrán ser aumentadas o disminuidas como se indica en la Sección 110.

102.11 Conocimiento de planos, especificaciones y lugar de la obra. El oferente debe examinar cuidadosamente los planos, Especificaciones y demás documentos e inspeccionar debidamente el lugar de la obra. Las conclusiones y resultados que él obtenga como consecuencia de ese examen e inspección y que utilice para preparar su oferta, son de su exclusiva responsabilidad.

La información y datos acerca del subsuelo, que sea proporcionada por la DGC a los interesados en presentar oferta, se suministran con el único objeto de que dichas personas dispongan de la misma información y datos que el Ministerio posea, pero tal información no forma parte del contrato, quedando bajo la exclusiva responsabilidad del Contratista cualquier deducción, interpretación o conclusión que se derive de los mismos.

Los datos y localización de los bancos de materiales, que proporcione la DGC, deben considerarse como las posibles fuentes de materiales a utilizarse en la ejecución de los trabajos a efectuarse.

Si los materiales resultantes de la explotación de los bancos señalados por la Dirección General de Caminos fueran rechazados por la Supervisora, por no llenar las especificaciones establecidas en las bases de licitación; y no se encontraran otros bancos dentro del área de influencia del proyecto, que obligaran a explotar bancos con distancias de acarreo diferentes a las consideradas en la oferta, El Contratista tendrá derecho a que se le compense por el cambio de las condiciones originalmente previstas. Si en caso extremo no se encontraran bancos adecuados para utilizar en la construcción de Subbases, bases o carpetas de rodadura, la Supervisora hará los estudios para presentar opciones de realizar los trabajos con otras técnicas constructivas, como, por ejemplo, utilizar Subbases o bases estabilizadas, que permitan utilizar los materiales existentes en el área de influencia del proyecto.

102.12 Programa de trabajo de oferta. Debe ser elaborado de conformidad con los lineamientos que especifique la DGC en las Disposiciones Especiales, en períodos de 30 días calendario y debe contener como mínimo los requisitos siguientes:

- (a) La identificación de cada Renglón o trabajo a efectuarse, en el orden en que se ejecutarán las diferentes fases de la obra, desde su iniciación hasta su terminación total.
- (b) Indicar gráficamente la iniciación y terminación de cada Renglón o trabajo a que se refiere el inciso (a) anterior.
- (c) Indicar con números, las cantidades y unidades de trabajo a efectuarse en cada período o porcentaje si es un Renglón a base de suma global, así como sus montos en Quetzales.
- (d) Aquellos renglones cuyos trabajos, en que por su naturaleza eventual no pueda establecerse el momento de ejecución, deben consignarse en forma aproximada.

102.13 Garantía de Sostenimiento de Oferta y Certificación de Autenticidad. La firmeza de la oferta se caucionará con depósito en efectivo o mediante fianza o caución, por un porcentaje establecido en las Bases de Licitación dentro de los límites que permite la Ley, basado en el precio de la oferta incluyendo los impuestos. Cubrirá el período comprendido desde la recepción de la oferta hasta la aprobación de la adjudicación y, en todo caso tendrá una vigencia de ciento veinte (120) días. Sin embargo, con el adjudicatario puede convenir su prórroga. Son causas para hacer efectiva la Garantía de Sostenimiento de Oferta: si el adjudicatario no sostiene su oferta, si no suscribe el contrato dentro del plazo que determina la Ley, o si habiéndolo hecho no presenta garantía de cumplimiento dentro del plazo que establece la Ley. En estos casos, quedará sin efecto la adjudicación, debiendo emitir la resolución que así lo disponga y se mandará a ejecutar la garantía.

Cuando se trate de ofertas con renglones alternativos, el monto de esta garantía será conforme

al costo total más alto de la obra completa, y cubre también cualesquiera de las otras alternativas ofertadas.

Esta garantía debe otorgarse a favor y a entera satisfacción del Ministerio o de la DGC o según el caso, y mantenerse en vigor hasta la adjudicación definitiva para quienes hayan sido eliminados; y para el adjudicatario, hasta que la sustituya por la garantía de cumplimiento del contrato.

Si la garantía consiste en fianza, ésta debe ser emitida por una institución debidamente autorizada para esta clase de operaciones en la República de Guatemala.

Esta garantía se hará efectiva por las causas siguientes: si el adjudicatario no sostiene su oferta; si no concurre dentro del plazo que estipula la ley a suscribir el contrato respectivo; o si habiéndolo firmado, no presenta la garantía de cumplimiento dentro del plazo de 15 días fijado por la ley, quedando en cualesquiera de estos casos sin efecto la adjudicación y sin perjuicio de aplicar la suspensión a que se refiere el artículo 84 de la ley.

102.14 Junta de Licitación. Es el órgano competente para recibir, calificar ofertas y adjudicar la licitación. Se integrará con el número de miembros que determina la ley, nombrados por la autoridad superior, de preferencia entre servidores públicos de la entidad contratante. Si la entidad no cuenta con personal idóneo podrán nombrarse servidores públicos de otras dependencias del Estado que tengan experiencia en la materia de que se trate. Sus decisiones las tomará por mayoría de sus miembros, quienes no podrán abstenerse de votar, dejando constancia en acta de lo actuado.

102.15 Integración del costo oficial. El costo estimado por la entidad interesada será aprobado por el Director de dicha entidad, el cual deberá darse a conocer después de la recepción de ofertas y antes de abrir la primera plica. De los errores que se detecten en el cálculo de este costo, serán responsables quienes lo elaboraron. Estas infracciones se sancionarán de conformidad con lo dispuesto en los Artículos 83 y 87 de la Ley.

Después de la apertura de plicas, la Junta de Licitación calculará en definitiva el Costo total Oficial Estimado, que servirá de base para fijar la franja de fluctuación. Para este cálculo tomará el cuarenta por ciento (40%) del costo estimado por la entidad interesada al cual se sumará el sesenta por ciento (60%) del promedio del costo de las Ofertas presentadas que cumplan con los requisitos fundamentales de las Bases y que estén comprendidos dentro de la franja del veinticinco por ciento (25%) arriba y el veinticinco por ciento (25%) abajo, del costo estimado por la entidad. Todo lo cual se dará a conocer de inmediato a los Oferentes.

Los límites máximos de fluctuación con respecto al costo total oficial estimado se establecen en un diez por ciento (10%) hacia arriba y en un quince por ciento (15%) hacia abajo.

Los porcentajes indicados en más y en menos respecto al costo total oficial estimado, darán la franja límite entre la cual deberán estar comprendidas las ofertas para que sean aceptadas por las juntas para su calificación. Las ofertas recibidas que estén fuera de la franja establecida serán descalificadas.

En el acta que se levante deberán hacerse constar los extremos a que se refiere el presente artículo, en su orden.

102.16 Presentación y Apertura de las Ofertas. Las ofertas y demás documentos de licitación deberán entregarse directamente a la Junta de Licitación en el lugar, dirección, fecha, hora y en la forma que señalen las Bases de Licitación. Transcurridos treinta minutos de la hora señalada para la presentación y recepción de ofertas, no se aceptará alguna más y se procederá al acto público de apertura de plicas. Se procederá primero como está estipulado en la Especificación 102.15 y después, de todo lo actuado se levantará el Acta correspondiente en forma simultánea. Los oferentes o sus representantes legales podrán solicitar o hacer aclaraciones que procedan.

SECCIÓN 103

ADJUDICACIÓN DE LA LICITACIÓN

- 103.01 Evaluación de las ofertas.
- 103.02 Calificación y adjudicación de las ofertas.
- 103.03 Rechazo de ofertas.
- 103.04 Aprobación de la adjudicación y formalización del contrato.
- 103.05 Documentos que forman parte del contrato.
- 103.06 Variaciones del monto del contrato.
- 103.07 Garantía de cumplimiento.
- 103.08 Anticipo al contratista.
- 103.09 Garantía de anticipo.
- 103.10 Garantía de conservación de obra.
- 103.11 Garantía de saldos deudores.
- 103.12 Formalidades de las garantías.
- 103.13 Seguros.

103.01 Evaluación de ofertas. Evaluación de ofertas. Después de haber sido abiertas las plicas y evaluadas las ofertas por la Junta de Licitación, serán comparadas entre sí de conformidad con lo dispuesto en las Bases de Licitación y la legislación aplicable.

103.02 Calificación y adjudicación de las ofertas. Dentro del plazo que se determina en las Bases de Licitación, la Junta de Licitación hará la calificación y adjudicación, la cual se hará al oferente que, ajustándose a los requisitos y condiciones de las Bases de Licitación, haya hecho la oferta más conveniente para los intereses del Estado. La Junta de Licitación hará también una calificación de los oferentes que clasifiquen sucesivamente. En el caso de que el adjudicatario no suscribiera el contrato, en el plazo legal, sin perjuicio de las responsabilidades en que incurre, la negociación podrá llevarse a cabo con el subsiguiente clasificado, en su orden.

De lo actuado la Junta deberá notificar a los interesados a través del portal de GUATECOMPRAS, en los plazos establecidos en la Ley.

La adjudicación no crea derecho alguno a favor del adjudicatario, ni éste lo adquiere en relación con la DGC o el Ministerio, mientras la adjudicación no sea aprobada por el Ministerio.

Si en la licitación se presenta un solo oferente, a éste se le podrá adjudicar la misma, siempre que su oferta satisfaga los requisitos establecidos en las bases y demás documentos de licitación y que, a juicio de dicha Junta, los costos sean razonables.

103.03 Rechazo de ofertas. La Junta de Licitación, deberá rechazar las ofertas presentadas en los casos siguientes:

(a) Las que no se ajusten a los requisitos fundamentales definidos como tales en las

Bases o cuando los costos, calidades u otras condiciones ofrecidas sean inconvenientes para los intereses del Estado. Los requisitos no fundamentales contemplados en las Bases podrán satisfacerse en la propia oferta o dentro del plazo común que fije la junta. Dentro de este mismo plazo se llenarán los requisitos formales que no se hubieren cumplido satisfactoriamente al presentar la oferta.

- (b) Si un oferente presenta más de una oferta para la obra de que se trate, se rechazarán las que éste haya presentado.
- (c) Las ofertas cuyos montos totales no se encuentren comprendidos entre los límites de la franja establecida de acuerdo a la Ley.
- (d) Cuando se compruebe la existencia de colusión entre oferentes, se rechazarán las ofertas involucradas en la misma.
- (e) Si se descubre falsedad de la Declaración, con respecto a las circunstancias que constituyen impedimento, de conformidad con la ley, se rechazarán las ofertas que incurran en este caso.
- (f) Si una oferta en especial no contiene un costo unitario para cada partida de pago listada, excepto en los casos de partidas autorizadas para sus pagos alternativos o globales.
- (g) Si una oferta es condicionada a otra adjudicación o condiciones alternas: irregularidades de cualquier índole que tiendan a hacer las propuestas incompletas, indefinidas, o ambiguas en su significado.
- (h) Si la oferta añadiese algunas condiciones reservándose el derecho de aceptar o rehusar una adjudicación, o de concertar un contrato para cumplir una adjudicación.

- (i) Si los oferentes no aceptan el límite o la cantidad máxima bruta de adjudicaciones aceptables para determinado oferente, cuando en un mismo proyecto haya diversos tramos licitados por separado.
- (j) Que el contratista no presente una constancia de solvencia del Ministerio de Trabajo, identificada con el NOG del evento o un acta notarial de declaración jurada donde indique que está solvente, de no tener sanciones administrativas pendientes de pago.

103.04 Aprobación de la adjudicación y formalización del contrato. Lo resuelto por la Junta será aprobado por el Ministerio dentro del plazo que establece la ley. La suscripción del Contrato se llevará a cabo dentro del plazo que establece la Ley. Previo a la aprobación del Contrato, deberá constituirse la Garantía de Cumplimiento correspondiente. El contrato relacionado será aprobado por el Ministerio. Para los efectos del cómputo del plazo contractual, este comenzará a contar a partir del día siguiente de la notificación del acuerdo ministerial que apruebe el contrato.

En caso de que la adjudicación no sea aprobada, El Ministerio lo hará con exposición razonada, ordenará su revisión con base en las observaciones que formule. La Junta podrá confirmar o modificar su decisión en forma razonada. Devuelto el expediente a la Autoridad Superior, ésta aprobará lo actuado por la Junta, quedando a salvo el derecho de prescindir.

103.05 Documentos que forman parte del contrato. Forman parte del contrato: los documentos de licitación; la oferta presentada por el Contratista; Garantías y Seguros; los documentos correspondientes a la adjudicación, incluyendo cualquier recomendación que se indique en dichos documentos; el Programa de Trabajo; Órdenes de Cambio; Órdenes de Trabajo Suplementario; Acuerdos de Cambio; Acuerdos de Renegociación de Costos; Acuerdos de Trabajo Extra; extensiones de tiempo debidamente autorizadas; y cualquier otro documento que sea debidamente autorizado por la DGC y que emita durante la construcción, aceptado por ambas partes.

103.06 Variaciones del monto del contrato. Cuando en la ejecución de los trabajos se encuentren situaciones no previstas en la planificación o cualquiera otra causa que haga imposible el cumplimiento total de la obra pactada, se puede variar hasta un 20% en más o en menos del Valor Original Ajustado del Contrato, por medio de órdenes de cambio, órdenes de trabajo suplementario o acuerdos de trabajo extra, los que deberán estar aprobados por el Director de la DGC. Cuando las variaciones sobrepasen el 20% y no excedan el 40% del valor original ajustado, deberá celebrarse contrato adicional. Respetando los porcentajes aludidos, las variaciones en las cantidades de trabajo serán reguladas por documentos de cambio, en cualquiera de esas etapas.

Los valores que resulten de la aplicación de las normas contenidas en el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, para los pagos por Fluctuación de Precios, no se considerarán dentro de las variaciones.

103.07 Garantía de Cumplimiento y Certificación de Autenticidad. Para garantizar el cumplimiento de todas las obligaciones estipuladas en el contrato, el Contratista deberá presentar fianza o seguro de caución, depósito en efectivo o constituir hipoteca, en los porcentajes y condiciones que señala el Reglamento de la Ley. Para el caso de obras, además esta garantía cubrirá las fallas o desperfectos que aparecieren durante la ejecución del contrato, antes de que se constituya la garantía de conservación.

La garantía de cumplimiento cubrirá con el diez por ciento (10%) de su valor, el pago de salarios y prestaciones laborales de los trabajadores incluyendo las cuotas patronales establecidas por la ley y, con el noventa por ciento (90%) restante, el cumplimiento del contrato de acuerdo con las especificaciones, planos y demás documentos contractuales. También garantizará la ejecución de la obra dentro del plazo contractual. Esta garantía deberá estar vigente hasta que la entidad interesada extienda la constancia de haber recibido a satisfacción la garantía de conservación de obra y de saldos deudores.

Esta garantía la hará efectiva el Ministerio, de conformidad con los procedimientos que se establezcan en el contrato y cuando concurran los casos siguientes:

- (a) En caso de incumplimiento del Contratista en el pago puntual de los salarios y prestaciones laborales a los trabajadores que emplee en la obra o el pago de cuotas patronales al IGSS.
- (b) En el caso de incumplimiento del Contratista respecto a las obligaciones estipuladas en el contrato, a la calidad de la obra y el plazo de ejecución de la misma.

103.08 Anticipo al contratista. Podrá otorgarse un anticipo supervisado, con destino específico para la ejecución de la obra y de acuerdo con el programa de inversión del anticipo elaborado por el Contratista y aprobado por El Director, hasta del veinte por ciento (20%) del valor del contrato, porcentaje que se calculará sin tomar en cuenta el valor del equipo que se adquiera mediante de cartas de crédito abiertas por la entidad contratante. La cantidad que se otorgue por concepto de anticipo deberá quedar totalmente amortizada por el Contratista al finalizar la obra. El descuento del anticipo se calculará multiplicando el monto bruto de cada estimación por el mismo porcentaje de anticipo que se haya concedido, sin incluir en el monto de la estimación el valor de las Órdenes de Trabajo Suplementarias y Acuerdos de Trabajo Extra en los cuales no se haya otorgado anticipo. Si el Contratista no inicia la obra o no invierte el anticipo recibido de acuerdo con las estipulaciones contractuales, pagará el interés calculado con la tasa de interés máxima anual que determine la Junta Monetaria para efectos tributarios sobre el anticipo recibido, o lo reintegrará a El Estado.

Si el Contratista desea hacer uso del anticipo, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- (a) Previo a recibir cualquier suma por concepto de anticipo el Contratista constituirá garantía mediante fianza o hipoteca por el monto de un cien por ciento (100%) del mismo.

- (b) Presentar un plan de inversión por la totalidad del anticipo. Dicho plan debe ser aprobado por el Ingeniero.

103.09 Garantía de Anticipo y Certificación de Autenticidad. Es la garantía del buen uso que se va a hacer del anticipo que se otorgue al Contratista en virtud de un contrato. El Contratista constituirá garantía mediante fianza o hipoteca por el monto de un cien por ciento (100%) del anticipo. La garantía podrá reducirse en la medida que se amortice el valor del anticipo. Para la reducción del monto de la garantía el Contratista deberá obtener certificación donde conste el saldo del mismo pendiente de amortizar de parte de la Supervisora con el visto bueno del Ingeniero. En caso de rescisión, resolución o terminación del contrato, el saldo del anticipo será tomado en cuenta en la liquidación del contrato.

103.10 Garantía de Conservación de Obra y Certificación de Autenticidad. Es la garantía de que una obra, después de la recepción, va a conservarse adecuadamente. El Contratista responderá por la conservación de la obra, mediante depósito en efectivo, fianza, hipoteca o prenda, a su elección, que cubra el valor de las reparaciones, de las fallas o desperfectos que le sean imputables y que aparecieren durante el tiempo de responsabilidad de dieciocho (18) meses que se contarán a partir de la fecha de recepción de la obra. Esta garantía deberá otorgarse por el equivalente al 15% del valor original del contrato, como requisito previo para la recepción de la obra.

El vencimiento del tiempo de responsabilidad de dieciocho (18) meses no exime al Contratista de las responsabilidades por destrucción o deterioro de la obra debido a dolo o culpa de su parte, por el plazo de cinco (5) años, contados a partir de la recepción definitiva de la obra.

El procedimiento para hacer efectiva esta garantía se establecerá en el contrato respectivo, y consistirá básicamente en lo siguiente:

- (a) Al identificarse una falla o desperfecto en una obra, el Director de la DGC dará aviso por escrito al Contratista, a la Supervisora y a la Entidad

Aseguradora, haciendo constar las fallas o desperfectos encontrados en la obra y fijando un plazo definitivo para que el Contratista y la Supervisora bajo su responsabilidad procedan a hacer las correcciones correspondientes.

- (b) Realizadas las correcciones, el Contratista lo informará por escrito a la Supervisora y a la DGC quienes verificarán que las correcciones hayan sido correctamente realizadas y en este caso se suscribirá acta administrativa y se remitirá copia certificada del acta al Contratista, a la Entidad Aseguradora y al Ministerio, dando por terminado el procedimiento y reclamo realizado.
- (c) Si el Contratista en respuesta al aviso enviado por la DGC para la corrección de fallas o desperfectos, argumenta que no es su responsabilidad, deberá presentar las justificaciones y documentos que así lo demuestren. En este caso el Director de la DGC nombrará una comisión técnica integrada por un mínimo de tres (3) personas idóneas con quienes debe colaborar la Supervisora. La Comisión, analizará las justificaciones y documentos emitidos por el Contratista y establecerá si las fallas o desperfectos son o no responsabilidad del Contratista, emitiendo el informe correspondiente.
- (d) Si la comisión técnica, determina que las fallas o desperfectos no son responsabilidad del Contratista, la comisión lo hará saber al Director de la DGC para que se emita la resolución correspondiente y se considere realizar las reparaciones a cuenta de la DGC.
- (e) Si la comisión técnica, establece que las fallas o desperfectos son responsabilidad del contratista, El Director de la DGC hará constar la responsabilidad del Contratista y se le fijará un plazo prudencial para que proceda bajo su responsabilidad y costo, a hacer las reparaciones correspondientes, lo cual se hará de conocimiento de la Entidad Aseguradora, Supervisora y del Ministerio.

(f) Si el Contratista no realiza las reparaciones dentro del plazo fijado, se hará constar en Acta Administrativa el incumplimiento del contratista, y se notificará al Contratista, a la Entidad Aseguradora, a la Supervisora y al Ministerio. En este caso, la DGC elaborará el informe de incumplimiento y elevará las actuaciones al Ministerio, para que se inicie el procedimiento relacionado con la ejecución de la Fianza de Conservación de Obra de conformidad con la Ley y los términos contractuales.

(g) Al vencimiento del tiempo de responsabilidad, la DGC levantará el acta administrativa haciendo constar si existen o no reclamos por calidad, fallas o desperfectos pendientes de ser satisfechos. Si no existieren reclamos, la DGC extenderá la constancia correspondiente y si existiera reclamos el Contratista deberá renovar la garantía hasta que la DGC extienda constancia de que los reclamos han quedado satisfechos.

103.11 Garantía de Saldos Deudores y Certificación de Autenticidad. Para garantizar el pago de saldos deudores que pudieran resultar a favor del Estado, de la Entidad Correspondiente o de terceros en la liquidación, el Contratista debe prestar fianza, depósito en efectivo, constituir hipoteca o prenda, a su elección, por el cinco (5%) por ciento del valor original del contrato. Esta garantía deberá otorgarse simultáneamente con la de Conservación de Obra como requisito previo para la recepción de la misma. Aprobada la liquidación, si no hubiere saldos deudores, se cancelará esta garantía.

103.12 Formalidades de las garantías. Formalidades de las Garantías. Las garantías o seguros de caución a que se refiere esta Sección deberán formalizarse mediante póliza emitida por instituciones autorizadas para operar en la República de Guatemala. Cuando la garantía consistiere en depósitos, deberá hacerse en quetzales o por medio de cheque certificado. Cuando sea hipoteca o prenda a través de escritura pública, debidamente inscrita en el Registro General de la Propiedad. En todo caso quedará a criterio del Contratista la garantía a proporcionar.

103.13 Seguros. El Contratista debe mediante póliza de seguro emitida por aseguradora legalmente autorizada para operar en Guatemala o mediante depósito en efectivo, hipoteca o prenda, garantizar las responsabilidades civiles a terceros y los riesgos inherentes a que esté expuesta la obra según se indique en las bases. Tales garantías cubrirán los riesgos que se determinen en el contrato como se indica en la Especificación 108.17. Estas garantías deberán permanecer en vigencia hasta la finalización de la garantía de cumplimiento.

SECCIÓN 104
ALCANCE DEL TRABAJO

- 104.01 El contrato, planos y especificaciones.
- 104.02 Cambios durante la ejecución de una obra.
- 104.03 Trabajo extra.
- 104.04 Campamentos para el personal del contratista.
- 104.05 Campamentos para el personal del estado.

104.01 El contrato, planos y especificaciones. El propósito del contrato es proveer el instrumento legal que describe los derechos y obligaciones esenciales de las partes. Se incorporará, como parte del mismo, una copia del cuadro de cantidades estimadas y costos unitarios de los renglones de trabajo, tomada de la oferta, para efectos de esta descripción.

El propósito de los planos, estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales, es el de normar y presentar la información y datos necesarios de la obra a ejecutarse y son complementarios entre sí.

Debe comprenderse que estas Especificaciones son normas generales y no pueden prever todos los detalles que puedan presentarse en cada obra o Renglón de trabajo, por lo que en el volumen de Disposiciones Especiales que debe elaborarse para cada obra, se describe la información específica y los cambios a estas Especificaciones Generales que sea necesario hacer para adaptarlas a la obra de que se trate.

El Contratista debe ejecutar la obra de conformidad con el contrato, los planos, Especificaciones Generales y demás documentos contractuales. Cualquier cambio a los planos o Especificaciones Generales, debe hacerse como se indica en la Especificación 105.05.

En los casos especiales o no previstos, los asuntos deben resolverse de común acuerdo entre el Delegado Residente y el Contratista, con criterio profesional y de acuerdo con la mejor práctica de Ingeniería.

El Contratista debe suministrar, a menos que se establezca de otra manera en los documentos contractuales, toda la maquinaria, equipo, herramientas, materiales, mano de obra, transporte, imprevistos y demás elementos necesarios para sus propias operaciones, en la ejecución satisfactoria y completa terminación de la obra.

104.02 Cambios durante la ejecución de una obra. Durante la construcción de carreteras y puentes, debido al tipo de estas obras puede ser necesario hacer cambios en las cantidades de trabajo, planos y especificaciones para adecuarlos a las condiciones del terreno. Estos cambios pueden aumentar o disminuir la longitud original de una carretera, por lo que la DGC, tendrá el derecho de hacer dichos cambios, de conformidad con lo que se establece en la Sección 110. Los cambios indicados no serán considerados como renuncia a cualquiera de las condiciones del contrato o de la fianza, ni como invalidación de cualquier disposición de éstos.

Ya sea que haya compensación o no por los cambios, éstos deberán efectuarse según lo normado en la Sección 110.

104.03 Trabajo extra. El Contratista ejecutara cualquier trabajo cuyo costo o combinación de costos no estén incluidos en el contrato, siempre y cuando sea necesario a juicio de DGC, para completar la obra totalmente de la manera proyectada. Dicho trabajo extra deberá ser aprobado por la autoridad administrativa superior de la DGC y será ejecutado por el Contratista, de acuerdo con las Especificaciones y planos que para el efecto se elaboren, o si el trabajo no requiera planos, se hará de acuerdo con las instrucciones escritas del Delegado Residente.

Antes de iniciarse un trabajo no contemplado en el contrato, debe celebrarse un Acuerdo de Trabajo Extra estipulando los renglones y costos unitarios, o suma global convenida entre las Partes. Si no pudiera llegarse a un convenio bajo estas bases, el Acuerdo de Trabajo Extra se emitirá, estipulando que el trabajo lo haga el Contratista como Trabajo por Administración.

104.04 Campamentos para el personal del contratista. En los lugares donde no existan

facilidades, el Contratista debe, a su costa, construir, mantener y operar campamentos apropiados para el alojamiento y alimentación de su personal; o bien suministrar, a su costa, medios de transporte adecuados para movilizar a su personal, entre el lugar de trabajo y la población más cercana donde existan estas facilidades.

Al seleccionar la ubicación del campamento, se debe tomar en cuenta lo siguiente: 1) Evitar cortar árboles; 2) se deben evitar los movimientos de tierras (buscar un área plana); 3) que no se ubique cerca de una fuente de agua a la cual pueda afectar; 4) que no se ubique cerca de una zona boscosa de manera que perturbe la fauna; 5) que se tome en cuenta el entorno donde se ubicará para no afectar el paisaje y 6) que no afecte las viviendas y comunidades vecinas.

Las condiciones de alojamiento deben incluir: energía eléctrica, agua potable, facilidades sanitarias, camas individuales (sin ropa de cama) y serán suministradas sin costo alguno para los trabajadores. El campamento debe tener un área específica para que los trabajadores ingieran los alimentos.

El Contratista debe proveer a sus trabajadores una alimentación satisfactoria a un precio razonable. El costo de la alimentación y su pago, serán convenidos de mutuo acuerdo entre el Contratista y su personal.

Los campamentos deben mantenerse y operarse de acuerdo con los códigos de Salud y de Trabajo. Deben contar con un botiquín de primeros auxilios y con un manual de indicaciones. El Contratista deberá conservar el campamento en condiciones ordenadas, eliminar los desperdicios y basura en las áreas para que no obstruyan cauces de ríos u otros, con la previa autorización del dueño o de la comunidad, según sea el caso y con el visto bueno del Delegado Residente. La disposición de los residuos líquidos y sólidos está indicada en la Especificación 108.08.

El Delegado Residente velará por el cumplimiento de lo que aquí se estipula.

En caso de existir una población cercana y que ésta tenga las facilidades para albergar al personal,

en sustitución del alojamiento en el campamento, el Contratista puede convenir con el personal, el pago de viáticos que le permitan escoger el lugar donde quiera habitar y alimentarse.

Una vez finalizada la construcción del proyecto, el Contratista debe dejar el sitio en el que se construyó el campamento en condiciones similares o mejores a las del inicio, incluyendo el retiro y disposición adecuada de los sistemas de tratamiento y disposición de desechos líquidos, los tanques de almacenamiento, las fosas de los cambios de aceite, repuestos, chatarra y demás estructuras o construcciones. No se permitirá la eliminación de desechos a través de incineración. El Contratista debe dejar el área del campamento reforestada con árboles de especies nativas de la región, conforme a lo estipulado en la Sección 804.

104.05 Campamentos para el personal del Estado. Cuando así se estipule en las Disposiciones Especiales, se requerirá del Contratista la construcción de Campamentos para el Personal del Estado, de acuerdo con los planos y Especificaciones que para el efecto se entreguen.

La construcción de cada campamento incluirá las instalaciones de agua potable, energía eléctrica y drenaje.

Este trabajo se pagará bajo este Renglón 104.05, como suma global o por cada campamento.

De ser el caso, se aplicará a esta obligación lo estipulado en la Especificación 104.04.

SECCIÓN 105

CONTROL DEL TRABAJO

- 105.01 Jerarquía de autoridad.
- 105.02 Relaciones entre supervisora y el contratista.
- 105.03 Controversia.
- 105.04 Conciliación y arbitraje.
- 105.05 Planos, especificaciones y dibujos de trabajo.
- 105.06 Planos finales de la obra construida.
- 105.07 Coordinación de las Especificaciones Generales, planos y disposiciones especiales.
- 105.08 Cooperación del contratista.
- 105.09 Inspección.
- 105.10 Inspecciones para las estimaciones del trabajo efectuado.
- 105.11 Apertura al tránsito de secciones de la obra.
- 105.12 Limpieza final del derecho de vía.
- 105.13 Inspección y recepción finales.
- 105.14 Liquidación.
- 105.15 Aprobación de la liquidación

105.01 Jerarquía de autoridad. En las relaciones entre el Contratista y la DGC, regirá la siguiente escala de autoridad:

- (a) **Director.** El Director, suscribirá los contratos por delegación del Ministerio. También decidirá todos los asuntos técnicos y administrativos que sean sometidos a su consideración por el Ingeniero, de conformidad con los documentos contractuales, así como los inherentes a su cargo. Resolverá las solicitudes de extensiones de tiempo de los contratos, previo dictamen del Ingeniero y recomendación del Delegado Residente. También autorizará las variaciones del valor del contrato, así como prórrogas al plazo contractual.
- (b) **Ingeniero.** El Ingeniero decidirá todos los asuntos relativos al cambio en los planos y Especificaciones, con aprobación del Director. Tiene autoridad sobre los Supervisores Regionales y Delegados Residentes. El Ingeniero debe resolver todos los asuntos relacionados con las obras en ejecución de la división a su cargo, que sean de su competencia.
- (c) **Supervisor Regional.** Ingeniero Civil responsable de vigilar y propiciar el cumplimiento del trabajo en campo, en representación de “El Ingeniero”, dentro de los tiempos pre establecidos además de llevar a cabo un control efectivo de la calidad y la cobertura de los trabajos ejecutados por el “Contratista”.
- (d) **Delegado Residente.** El Delegado Residente decidirá los cambios que sean necesarios en la obra, tales como cambios de línea, rasante, diseños de tubería y los asuntos relacionados con la construcción de la obra, de acuerdo con los Planos y Especificaciones. Debe observar especialmente el cumplimiento de lo indicado en las Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales, Especificaciones

Técnicas Especiales y Ambientales durante todas las fases de construcción del proyecto.

El Delegado Residente, emitirá los documentos que sean de su competencia, durante la ejecución de la obra; y dictaminará sobre solicitudes de prórrogas al plazo contractual y sobre todos aquellos asuntos que, por jerarquía, deben ser resueltos por el Ingeniero o por el Director.

El Delegado Residente decidirá, dentro de los límites indicados anteriormente, todas las cuestiones que surjan respecto a calidad, cantidad, aceptación de los materiales suministrados, trabajo ejecutado, prosecución del avance de la obra, interpretación de los planos y Especificaciones, y emitirá opinión sobre la forma de ejecución y del correcto y satisfactorio cumplimiento de los términos del contrato. En caso de discrepancia respecto a la interpretación de las Especificaciones, ésta se someterá a la decisión del Ingeniero.

El Contratista cumplirá todas las instrucciones escritas del Delegado Residente, las que pueden emitirse por medio de Órdenes de Campo, las cuales deben estar fundamentadas en lo estipulado en el contrato, las Especificaciones y planos.

Cuando estas instrucciones sean para ejecutar trabajos no previstos en el contrato, deben indicar la forma en que se le pagará al Contratista, debiendo para el efecto celebrarse por escrito el acuerdo respectivo.

Toda consulta, solicitud u orden requerida por el Contratista, tiene que hacerla por escrito al Delegado Residente, quien decidirá o las someterá a la consideración del Ingeniero, según el caso.

- (e) **Ingeniero Auxiliar.** El Ingeniero Auxiliar desempeñará las funciones que el Delegado Residente le indique, con la autoridad y

responsabilidad que le delegue. Estas funciones, autoridad y responsabilidad, serán comunicadas previamente y por escrito al Contratista. Sustituye al Delegado Residente, en su ausencia.

(f) **Inspectores.** Los Inspectores, deberán contar con amplia experiencia, en la materia que intervengan, dependen del Delegado Residente o del Ingeniero Auxiliar, según el caso, y están autorizados para inspeccionar la ejecución de las fases específicas de la obra que le sean asignadas, incluyendo los materiales que el Contratista utilice.

Deben hacer por escrito, del inmediato conocimiento del Contratista, cualquier falla en el trabajo o de los materiales que no se ajusten a los planos o Especificaciones, en cuyo caso podrá rechazarlos, y suspender temporalmente el trabajo previa consulta con su superior, siendo entonces esta acción responsabilidad del Delegado Residente. No están autorizados para modificar o dejar sin efecto cualquier requisito de los planos o de las Especificaciones. El Delegado Residente notificará al Contratista de los Inspectores asignados a cada fase de la obra y sus funciones.

Si se da la orden de paralizar un trabajo aduciendo que los materiales no cumplen Especificaciones y después se evidencia lo contrario, la Supervisora compensará económicaamente al Contratista por tal decisión.

105.02 Relaciones entre supervisora y el contratista. Las relaciones de trabajo entre la Supervisora y el Contratista deben llevarse a cabo en forma ordenada y respetuosa.

Las instrucciones o indicaciones las da por escrito el Delegado Residente o el Ingeniero Auxiliar al Superintendente del Contratista, el Inspector al Jefe de Grupo del Contratista y así sucesivamente. No obstante, como excepción, cuando las circunstancias del trabajo así lo exijan, el Delegado Residente, Ingeniero Auxiliar o sus Inspectores pueden dirigirse directamente a un Jefe de Grupo, Caporal o Encargado del Contratista, y canalizar

sus instrucciones a través de ellos y no hacerlo directamente a los trabajadores del Contratista. Igualmente, el Ingeniero Auxiliar e Inspectores podrán dirigirse directamente al Superintendente.

105.03 Controversia. Cuando un asunto no pueda ser resuelto directamente por el Delegado Residente y el Contratista, el asunto será elevado a la consideración del Ingeniero. Éste, para resolver en forma ecuánime, debe conocer los argumentos que por escrito le presente el Delegado Residente y el Contratista. Cuando a este nivel, el asunto aún no pueda resolverse por la vía conciliatoria, a solicitud de cualquiera de las partes y previamente a que resuelva el Director, y como alternativa, se podrá someter el asunto a una opinión externa, o se seguirá la escala de autoridad correspondiente, hasta llegar al Ministerio.

Únicamente cuando un asunto no pueda ser resuelto conciliatoriamente a nivel Ministerial, la controversia se resolverá de acuerdo con los procedimientos establecidos en el Contrato o los que estipula la Ley.

105.04 Conciliación y arbitraje. Como alternativa en caso de controversias y después de que hayan fracasado el Ministerio y el Contratista en ponerse de acuerdo directamente, a solicitud del Estado y del Contratista, se podrá recurrir a un procedimiento de Conciliación o Arbitraje, de acuerdo con la Ley de Arbitraje vigente.

105.05 Planos, especificaciones y dibujos de trabajo.

(a) **Planos y especificaciones.** El Contratista recibirá de la DGC, libre de costo, un juego de copias reproducibles de los planos y de las Disposiciones Especiales, pero podrá solicitar a su costo, juegos o ejemplares adicionales, incluyendo estas Especificaciones Generales. El Contratista debe mantener en el lugar de la obra, las copias necesarias de los planos, Disposiciones Especiales y Especificaciones Generales, así como suministrar por su cuenta, copias de los mismos a su propio personal, a sus Subcontratistas y a sus proveedores. Los planos proporcionados por el

Estado mostrarán alineación de la línea central, rasante, detalles de la ubicación y construcción de todas las estructuras.

Cuando el Delegado Residente considere necesario modificar los planos o las Especificaciones que hayan sido aprobados por la DGC, someterá los cambios mayores recomendados al Ingeniero, acompañando el o los planos correspondientes debidamente firmados, indicando claramente por escrito en qué forma afectan el costo, tiempo y las operaciones del Contratista, y el Ingeniero a su vez lo remitirá al Departamento Técnico de Ingeniería de la DGC que corresponda para que emita opinión técnica. El Ingeniero resolverá dando o no, su aprobación por escrito al cambio propuesto.

Cada cambio aprobado será numerado y descrito brevemente en una Orden de Cambio que emitirá el Delegado Residente. El Contratista reflejará dicho cambio en los planos finales de la obra construida.

Sin embargo, el Delegado Residente está facultado para hacer cambios a los planos en el campo, para mejorar las características del diseño o para solventar problemas que no se definen en planos originales, por ejemplo, taludes en relleno que se prolongan hasta fondos de barrancos, taludes en corte de terrenos inestables, diseños de prevención de derrumbes, definición de subdrenajes, cambios para evitar cortes en roca o rellenos en terrenos inundables, mejoras de pendientes, etc., que no necesariamente tiene que autorizar el Ingeniero para no atrasar la terminación de la obra.

(b) Requisitos generales para dibujos de trabajo.

Cuando la envergadura o importancia de la obra así lo requiera, el Delegado Residente exigirá al Contratista la presentación de dibujos de trabajo que muestren los detalles, antes de principiar cualquier obra a que éstos se refieran, debiendo presentarse con tiempo suficiente que permita su revisión y discusión, sin demorar por ello la ejecución de la obra.

Cuando en los dibujos de trabajo entregados al Delegado Residente, éste aprecie que notoriamente existe riesgo para la vida humana, la seguridad pública, o el resto de la obra, el Delegado Residente se lo hará saber por escrito al Contratista, pero esto no releva al Contratista de su responsabilidad legal que en la ejecución y administración de la obra le corresponde.

Los planos del contrato serán complementados con los dibujos de trabajo preparados por el Contratista que fuesen necesarios para controlar el trabajo adecuadamente.

Los dibujos de trabajo para cualquier parte del trabajo permanente deberán incluir, sin limitarse a éstos, dibujos de construcción en fábrica o taller, planos de información específicamente requerida en las especificaciones que deba ser revisada por el Delegado Residente antes de que lleve a cabo cualquier trabajo contemplado en estos planos. Deberán ser entregados al Delegado Residente cinco juegos de dibujos, uno de los cuales será devuelto al Contratista con las anotaciones de las revisiones, si son necesarias. El mismo procedimiento deberá ser aplicado para cualquier acción subsiguiente.

De existir requisitos mínimos de diseño especificados, los dibujos de trabajo serán revisados para que cumplan con dichos requisitos.

No habrá compensación adicional por la entrega de todos los dibujos de trabajo y su costo deberá estar incluido dentro de los renglones de trabajo del contrato.

(c) Requisitos específicos para planos de obra provisional.

El Contratista está obligado a presentar al Delegado Residente planos de obra falsa y construcción temporal tales como, apuntalamiento, formaletas, y obra falsa que el contratista se proponga utilizar. La Estructura Provisional Propuesta debe ser calculada y refrendada por un Ingeniero, y de ser necesario, dependiendo de la complejidad de ésta, por un Ingeniero Estructural. Si se produjera

falla en la obra falsa o en la formaleta u otras estructuras temporales, el Contratista bajo su responsabilidad y a su costa, debe corregir la estructura dañada.

- (d) Requisitos específicos para estructuras de acero y de concreto prefabricado.** Los dibujos de trabajo de fábrica o taller deben contener detalles de montaje y las dimensiones detalladas de todos los elementos, así como la contra flecha y cualquier otra información necesaria para completar la fabricación y montaje de las estructuras prefabricadas.

Cualquier sustitución de secciones contempladas en los planos de licitación, debe hacerse cuando el Delegado Residente lo apruebe y en este caso no habrá pago adicional por dicha sustitución. No se deberá de iniciar la fabricación, mientras la aprobación no sea otorgada.

El Contratista deberá entregar al Estado, dos copias de los planos de taller libres de costo.

- (e) Conformidad con los planos y especificaciones.** Todo trabajo efectuado y todos los materiales proporcionados deben estar dentro de las tolerancias permitidas en las líneas, pendientes, secciones transversales, dimensiones y requisitos de materiales mostrados en los planos o indicados en las Especificaciones.

Las dimensiones según los planos y los valores especificados en el contrato serán consideradas como el objetivo a cumplir según valores de diseño. Los materiales deberán ser de carácter uniforme y estar preferentemente dentro de la media de los límites de tolerancia. El propósito del límite de tolerancia es permitir pequeñas variaciones ocasionales, inevitables por razones prácticas, que no mermen la calidad del producto. Cuando se especifica un rango o un máximo o mínimo, la producción, elaboración del material y el desempeño del trabajo, deberán ser controlados en tal forma que el material o el trabajo no resulten predominantemente de calidad o dimensión marginal inferior.

En el caso de que los materiales proporcionados, trabajo realizado, o el producto acabado no estén de conformidad con los Planos y Especificaciones y que den por resultado un producto inferior o insatisfactorio, dicho trabajo o materiales deben ser removidos y reemplazados o de otra forma corregidos por el Contratista a su costo.

105.06 Planos finales de la obra construida. En toda obra que se construya por contrato, debe existir obligatoriamente el Renglón 105.06, que cubra la elaboración y actualización por parte del Contratista, de los planos finales de la obra construida. El trabajo cubierto por este Renglón debe estar terminado cuando se inicie la liquidación final de la obra. Conforme se vayan terminando tramos de la obra o fases de ésta, el Contratista elaborará y entregará al Delegado Residente para su revisión y aprobación, los planos finales en original y que tenga terminados, mensualmente, junto con la estimación. Estos planos mostrarán la obra, como fue realmente construida e incluirán los cambios efectuados. Dentro de los 20 días siguientes a su recepción, el Delegado Residente señalará al Contratista las correcciones pertinentes, y si no las hubiere, los firmará, dando su aprobación.

De acuerdo con el tipo de obra, en los planos finales debe indicarse lo siguiente:

- (a) Cuando se trate de obras de Terracería y Drenajes:** un juego de planos de hojas finales con la información similar a la de los planos originales, con planta y perfil, indicando la rasante o subsasante final; la localización exacta de todas las tuberías, indicando diámetro, estación, esvaje y tipo de cabezal; subdrenajes con sus ramificaciones, mostrando claramente el lugar de salida; entronques; canalizaciones, contracunetas y otros detalles estipulados en las Disposiciones Especiales. En los planos deberán estar localizados los monumentos construidos de conformidad con la Especificación 152.04 (k), georreferenciados de acuerdo con la normativa vigente, éstos se indicarán en los planos para uso de replanteos futuros; se incluirán también la Sección Típica Final y los planos estándares

de cabezales, detalles de drenajes y otros que se estipulen en las Disposiciones Especiales.

- (b) Cuando se trate de obras de Estructuras: las cotas reales de cimentación; localización, inclinación y longitud de los pilotes hincados; ubicación final de obras de protección, tales como muros y gaviones; los cambios o sustituciones al acero estructural o de refuerzo y otros datos que se estipulen en las Disposiciones Especiales.
- (c) **En obras de pavimentación:** Los bancos de materiales que realmente se usaron y en qué tramos; la Sección Típica Final; perfil con la rasante definitiva; un diagrama que muestre los diferentes espesores finales de las capas de pavimento; subdrenajes; las tuberías que se hayan colocado; muros de retención; señales viales y otros detalles que se estipulen en las Disposiciones Especiales.

Por el trabajo de actualización y elaboración total de los planos finales, se reconocerá pago al Contratista, pudiendo ser por medio de un Renglón de contrato basado en suma global o costo unitario. En todo caso debe tomarse en cuenta que el trabajo consiste únicamente en la recolección de datos y dibujo de ingeniería, sin incluir ningún diseño.

El Contratista, para la elaboración de estos planos finales tendrá la colaboración del Delegado Residente en lo que se refiere a información y datos técnicos. La entrega de los planos finales podrá hacerse parcialmente, conforme vayan finalizando los tramos o fases de la obra, y en este caso, el pago también será fraccionado, de conformidad con el sistema de medida que se haya adoptado.

El Ingeniero, luego de la aprobación correspondiente del Delegado Residente, entregará formalmente el juego completo de planos finales, impreso y copia digital escaneada de los planos firmados, al Departamento Técnico de Ingeniería de la DGC para su debido registro y archivo.

105.07 Coordinación de las Especificaciones Generales, planos y disposiciones especiales. Estas Especificaciones Generales, los planos, Disposiciones Especiales y demás documentos

que se emitan durante el proceso de la licitación o durante la construcción, forman parte del contrato y cualquier requisito indicado en cualesquiera de éstos, es tan obligatorio como si lo estuviera en todos los demás. Todos los documentos citados, se complementan y su objeto es describir y normar la ejecución de una obra completa.

En caso de discrepancia, las dimensiones acotadas en los planos rigen sobre las dimensiones a escala; los planos rigen sobre las Especificaciones Generales; y las Disposiciones Especiales rigen sobre los planos y sobre las Especificaciones Generales. El contrato rige sobre cualquier otro de los documentos aquí mencionados.

El Contratista no deberá aprovecharse de cualquier error u omisión aparente en los planos o especificaciones y debe dar aviso al Delegado Residente al notar cualquier error, omisión o discrepancia en los planos, Especificaciones Generales o Disposiciones Especiales, para que se resuelva lo procedente.

105.08 Cooperación del contratista. El Contratista dará toda su cooperación al Delegado Residente, Ingenieros Auxiliares, Inspectores y otros Contratistas; y programará la ejecución de la obra en un orden tal de actividades, que permita la continuidad de su trabajo e interfiera lo menos posible con construcciones a cargo de otros Contratistas o con servicios públicos en, o cerca de la obra.

105.09 Inspección. El Contratista proporcionará al Delegado Residente, a los Ingenieros Auxiliares y a sus Inspectores, las facilidades para que puedan verificar si el trabajo en ejecución y los materiales que se están utilizando, están de acuerdo con los planos y Especificaciones. Tal inspección puede abarcar la totalidad o cualesquiera de las partes del trabajo, incluyendo la preparación y fabricación de los materiales que se usarán.

Si el Delegado Residente lo ordena por escrito, en cualquier momento antes de la aceptación final de la obra, el Contratista descubrirá la parte del trabajo terminado que se le ordene. Si como resultado de la

inspección, el trabajo se encuentra de conformidad con las normas exigidas en las Especificaciones, el Contratista debe restaurar las partes descubiertas y dejarlas como mínimo, con su calidad original. En este caso, se compensará al Contratista por el trabajo de descubrimiento y restauración, emitiendo el documento de cambio correspondiente (OTS y ATE). Si el trabajo inspeccionado no se encuentra de conformidad con las Especificaciones, el descubrimiento y restauración, así como la corrección del trabajo defectuoso, se harán a costa del Contratista.

La supervisión por parte de la DGC es permanente y, por lo tanto, está obligada a dar dicho servicio a toda hora, día y lugar en que el Contratista lo solicite, y no debe ocasionar ningún retraso en el progreso de la obra. Todo trabajo debe efectuarse con la presencia de la supervisión de la DGC.

Cuando el Delegado Residente permita al Contratista, en algunas fases del trabajo, trabajar sin supervisión permanente, el Contratista está obligado a verificar su propia calidad de obra, a reserva de que la Supervisora haga las verificaciones de calidad posteriormente, en la forma que lo considere conveniente. La Supervisora debe de indicar por escrito al Contratista, cualquier contravención a los planos y Especificaciones, que éste cometa.

Si el Contratista no corrigiera el procedimiento y persistiera en su actitud, el Delegado Residente podrá ordenar la suspensión del trabajo, y el rechazo de aquel que se haya efectuado en contravención con los planos y Especificaciones. El hecho de que no se rechace durante su ejecución algún trabajo, no impide en manera alguna su rechazo posterior, si aparece algún defecto imputable al Contratista, ni obligará al Ministerio a su aceptación final.

Cuando una obra esté a cargo de más de un Contratista, y uno de ellos encuentre defectos en el trabajo de otro que pueda afectar el suyo, reportará por escrito tales defectos al Delegado Residente.

A criterio de la DGC, la inspección puede iniciarse en las fábricas o talleres que proveerán al Contratista. Se entiende que tal inspección no exime al Contratista de cualquier responsabilidad

por imperfecciones de los materiales que utilice, ni de la necesidad de reemplazarlos, si así lo requiere el Delegado Residente en una inspección posterior. Las muestras necesarias para los análisis de control de calidad serán proporcionadas por el Contratista, sin costo alguno para la Supervisora.

105.10 Inspecciones para las estimaciones del trabajo efectuado. Serán realizadas por el Delegado Residente en la fecha de cierre del periodo estipulado, y sirven de base para las estimaciones periódicas de los pagos parciales.

105.11 Apertura al tránsito de secciones de la obra. La apertura al tránsito de determinadas secciones de la obra antes de la terminación del plazo contractual, puede ser deseable desde el punto de vista del servicio o puede ser necesaria debido a condiciones inherentes a la obra o sucesos imprevistos. El Delegado Residente podrá recomendar a la DGC la apertura al tránsito público de secciones o partes de la obra ya terminadas. En tales casos, la sección terminada del trabajo será inspeccionada por el Delegado Residente, quien a su vez recomendará al Director, a través del Ingeniero, la apertura de esta para el tránsito público siguiendo el procedimiento de recepción parcial de la obra para ese tramo. Asimismo, a ese tramo, se le dará el tratamiento en lo relativo al mantenimiento de un tramo terminado.

El Contratista será responsable por los daños que pudieran ser ocasionados por trabajos defectuosos o por incumplimiento con los Planos, Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y Especificaciones Técnicas Especiales o el Contrato, salvo que, los daños hayan ocurrido por cambios de diseño ordenados por la Supervisora que no sean imputables al Contratista.

105.12 Limpieza final del derecho de vía. Al finalizar cada sección o parte de la obra y antes de que ésta sea aceptada por la Comisión Receptora, el Contratista limpiará y retirará del Derecho de Vía, en la porción total o parcial que corresponda y en las propiedades adyacentes, todas las obras provisionales, equipo, material sobrante o descartado, basura y armazones temporales; restaurará en una forma aceptable toda propiedad, ya sea pública o privada, que haya dañado durante la ejecución del trabajo;

dejará todas las vías fluviales sin obstrucciones causadas por la construcción, la carretera limpia y en condiciones presentables en toda la extensión de la sección o parte a recibirse. No será permitido colocar materiales de cualquier naturaleza, desechos o equipo en las propiedades colindantes, sin el consentimiento de los propietarios.

En caso de recibirse tramos parciales de la obra, sobre estos tramos se hará limpieza que se tomará como limpieza final. Se dejará constancia por escrito de este hecho. Si la Comisión Receptora y Liquidadora de la obra completa ordenara una nueva limpieza del tramo previamente recibido, estos trabajos le serán pagados al Contratista como trabajos por Administración.

105.13 Inspección y recepción finales. Cuando en las Disposiciones Especiales o en el Contrato, se indique o así convenga a los intereses del Estado, puede hacerse una recepción parcial de la obra, con la finalidad de definir qué tramos se puedan poner al servicio de los usuarios.

Cuando la obra esté terminada, el contratista deberá constituir la fianza de conservación de obra y de saldos deudores y dar aviso por escrito al Delegado Residente de la conclusión de los trabajos y con esta diligencia se interrumpirá el plazo de ejecución. El Delegado Residente hará la inspección final dentro de los siguientes quince (15) días hábiles, plazo dentro del cual si la obra no está conforme a planos y especificaciones, manifestará por escrito sus observaciones al contratista para que éste proceda a corregir las deficiencias, y si los trabajos estuvieran correctamente concluidos, rendirá informe pormenorizado al Ingeniero para que se tramite ante la autoridad administrativa superior, el nombramiento de la Comisión Receptora y Liquidadora de la Obra.

La DGC dentro de los cinco (5) días siguientes nombrará la Comisión Receptora y Liquidadora de la obra, integrada con tres miembros, con la que colaborarán el Delegado Residente y el representante del contratista.

Según la magnitud de la obra, la Comisión deberá elaborar el acta de recepción definitiva de la misma dentro de los treinta y cinco (35) días siguientes a

la fecha de notificación de su nombramiento. Si la comisión comprueba que los trabajos están ejecutados satisfactoriamente, suscribirá el acta de recepción final de los mismos, y en caso contrario hará constar en acta:

- (a) Las correcciones o trabajos extras que debe efectuar el contratista.
- (b) El tiempo a emplearse.
- (c) Si el tiempo para ejecutar los trabajos se incluye dentro del plazo contractual o si procede conceder tiempo adicional para ejecutarlo.

Al recibirse el aviso por escrito del Delegado Residente, de encontrarse satisfechos los requerimientos de la Comisión Receptora, ésta dentro del término de cinco (5) días procederá a efectuar nueva inspección, suscribiendo el acta correspondiente. La fecha de recepción definitiva de la obra será la del cierre de la última acta. A partir de la fecha de esta acta la entidad de que se trate deberá velar por la conservación de la obra.

105.14 Liquidación. Inmediatamente después que las obras, bienes o servicios hayan sido recibidos en su totalidad, la Comisión Receptora y Liquidadora, dentro del plazo que estipula la Ley, procederá a efectuar la Liquidación del Contrato y a establecer el importe de los pagos o cobros que deban hacerse al Contratista, igual procedimiento se observará en casos de revisión o resolución del Contrato.

105.15 Aprobación de la liquidación. La Comisión Receptora y Liquidadora deberá practicar la liquidación, dentro de los noventa (90) días siguientes a la fecha del acta de recepción definitiva de la obra. Si transcurrido dicho plazo la Comisión no ha suscrito el acta correspondiente, el contratista puede presentar a la DGC un proyecto de liquidación. La DGC deberá aprobar o improbar la liquidación o el proyecto presentado por el contratista dentro del mes siguiente de recibida la respectiva documentación. Si vencido este plazo no se produce ninguna resolución, con la petición de aprobación presentada por el contratista se tendrá por resuelta favorablemente.

SECCIÓN 106

CONTROL DE MATERIALES

- 106.01 Fuentes de abastecimiento, bancos de materiales y requisitos de calidad
- 106.02 Administración de fuentes de materiales.
- 106.03 Materiales importados.
- 106.04 Pruebas de materiales.
- 106.05 Almacenamiento de materiales.
- 106.06 Bancos de materiales.

106.01 Fuentes de abastecimiento, bancos de materiales y requisitos de calidad. El Contratista es responsable de la calidad de los materiales que se utilicen en la obra. Con ese propósito debe, a su costa, analizar las muestras representativas de los materiales, de acuerdo con los métodos y ensayos que se indican en estas Especificaciones, u obtener los certificados del productor del material de que se trate, para someterlos con la suficiente anticipación, al conocimiento y aprobación del Delegado Residente. En cualquier momento o cuando el Delegado Residente considere necesario verificar los análisis, tomará juntamente con el Contratista, quien las suministrará a su costa, las muestras representativas del tipo y cantidad prescritos en cada caso, para tal fin. El Delegado Residente puede, a su juicio, aceptar el o los certificados respectivos en vez de hacer los análisis.

A menos que se indique lo contrario, todos los materiales utilizados en la obra serán provistos por el Contratista de fuentes de su elección. El Contratista notificará al Delegado Residente sobre las fuentes de materiales propuestas, lo más pronto posible para así facilitar la inspección y prueba de los materiales. Cuando las fuentes de abastecimiento para materiales previamente aprobadas no suministren productos uniformes y satisfactorios, o si el producto de cualquier fuente resulta ser inaceptable en cualquier momento, el Contratista deberá proveer materiales de otras fuentes.

A excepción de las fuentes operadas comercialmente, no se realizará ningún trabajo en la fuente hasta que haya un plan de desarrollo de la misma, aprobado por escrito por el Delegado Residente.

Las fuentes de materiales locales pueden ser mostradas en los planos y descritas en las Disposiciones Especiales. La calidad del material en dichos depósitos será generalmente aceptable previa confirmación de la Supervisora, pero el Contratista

será responsable de la determinación de la cantidad y el tipo de equipo y trabajo requerido para producir un material que cumpla con las especificaciones dadas. Se debe entender que no es factible predecir el comportamiento de la totalidad de la fuente por un número limitado de muestras, por lo que las variaciones en los valores obtenidos serán normales y han de esperarse. El Delegado Residente podrá ordenar una selección especial de material de una porción dada de la fuente y podrá rechazar cualquier porción de la fuente por inaceptable.

A menos que se indique lo contrario, no se harán pagos directos para el desarrollo, preparación, control de erosión y restauración de fuentes de material o áreas y sitios de trabajo relacionados.

Las fuentes seleccionadas por el Contratista deberán estar de acuerdo con los siguientes requerimientos que apliquen:

- (a) Cuando el Contratista elige utilizar material de fuentes fuera de las marcadas por el Estado en los planos y descritas en las Disposiciones Especiales, el Contratista será responsable de determinar si los materiales de las fuentes seleccionadas están de acuerdo con los requerimientos de calidad del contrato.
- (b) El Contratista deberá adquirir los derechos necesarios para tomar materiales de la fuente y serán a su cargo todos los costos relacionados: el derecho de explotación, licencias y tasas municipales, exploración, control de erosión y restauración.
- (c) Cuando no haya fuentes designadas por El Estado, el Contratista será responsable de adquirir una fuente, determinar la calidad y cantidad de material y determinar la cantidad y tipo de equipo y trabajo necesario para producirlo.

La aprobación para el uso de material proveniente de fuentes seleccionadas por el Contratista dependerá de que éste provea al Delegado Residente evidencia satisfactoria tal como informes de pruebas de laboratorio y datos históricos sobre su comportamiento, si hay disponibles, que indiquen que la calidad del material es aceptable y será producida de la fuente. Sin embargo, el Delegado Residente podrá, durante la producción, obtener muestras para analizar y verificar la calidad del material y asegurar su conformidad con las especificaciones aplicables.

Si los resultados de las pruebas que ordene el Delegado Residente demuestran que los materiales no satisfacen los requerimientos de calidad, al Contratista no le será permitido incorporar ninguno de éstos materiales en el proyecto. El Contratista deberá cargar con todos los costos asociados con disponer de los materiales y proveer otras fuentes.

La inspección puede hacerse en los lugares de fabricación o producción de los materiales, para lo cual el Inspector tendrá libre acceso a aquellas partes de la planta dedicada a la fabricación o producción de los materiales con destino a la obra, y el Contratista debe proporcionarle los medios necesarios para la obtención de las muestras, a efecto de verificar si los materiales se ajustan a los requisitos de estas Especificaciones.

Las muestras de cada fuente de abastecimiento deben llevar una etiqueta con la siguiente información: nombre de la obra, uso que se le dará al material, nombre del productor, cantidad de la cual la muestra es representativa, fecha en que se obtuvo la misma y cualquier otra información pertinente al material o producto.

106.02 Administración de fuentes de materiales. Excepto de fuentes comerciales, las operaciones en una fuente de material deberán ser conducidas por el Contratista de acuerdo a los siguientes requerimientos:

(a) El Contratista tiene que controlar las operaciones antes, durante y después de la explotación en las áreas de trabajo, canteras, taludes y bancos de préstamo a efecto de que la erosión

sea minimizada y el sedimento no entre a los arroyos u otros cuerpos de agua. Las fuentes de materiales deben ser explotadas, de preferencia, en terrazas.

Se puede requerir la separación de áreas con diques u otras barreras, el tratamiento de contaminantes mediante filtración, la construcción de depósitos de sedimentación, u otros medios aprobados.

- (b) Para la explotación de lechos de ríos se deberá cumplir con lo indicado en las Disposiciones Especiales al respecto, incluyendo la normativa de la Dirección de Minería en la cual indica la forma de intervención y restauración del lecho, así como los posibles efectos y medidas de mitigación aguas arriba y aguas abajo.
- (c) El agua del lavado de agregados u otras operaciones que produzcan sedimentos, tiene que ser tratada para evitar que los mismos se derramen en vertientes mediante filtración, charcas de sedimentación u otros medios que reduzcan el contenido de sedimento a no más de aquél que tenga el arroyo o lago en el cual se descargue.
- (d) Todas las áreas de fuentes de material, de desperdicios o de disposición, tienen que ser localizadas de manera que no derramen sobre la carretera ni se deposite el agua ni permanezca estancada, proveyendo un drenaje adecuado. Deben ser explotadas, de manera que, en lo posible, no sean visibles desde ninguna carretera pública.
- (e) Se requiere que, para la restauración de las fuentes de materiales, la capa superior del suelo se quite y se almacene para utilizarse luego en la formación y restauración del lugar. Después que la fuente ha servido su propósito, todo el material de desecho almacenado fuera de la misma, en lo posible, será devuelto a ésta. La fuente tiene que ser formada en declives y recortada con la pendiente natural del terreno a manera de favorecer el drenaje natural. El material de capa superior del suelo almacenado tiene que ser,

entonces, esparcido uniformemente sobre los costados y fondo de la fuente. La restauración final tiene que incluir el establecimiento de una cubierta vegetal u otros tratamientos necesarios que adecuarán el sitio de la fuente con el área circundante.

106.03 Materiales importados. Los materiales importados que deban ser incorporados a la obra, deben de venir amparados por un Certificado de Calidad del Fabricante. Adicionalmente el Fabricante deberá proporcionar al Contratista los resultados de los ensayos hechos en fábrica, identificando claramente el lote del material de que se trate.

El Certificado de Calidad debe venir firmado y autenticado por el fabricante del material o de las piezas ensambladas y debe estipular que todos los materiales incorporados cumplen con todos los requisitos de calidad especificados.

El Delegado Residente podrá muestrear y hacer los ensayos del material aun cuando éste venga amparado de un certificado de calidad. El hecho de que un material o equipo o ensamble de piezas venga amparado por un certificado de calidad, no releva al Contratista de su responsabilidad de la calidad del material que propone incorporar a la obra.

La Dirección General de Caminos se reserva el derecho de rechazar el uso de un material sobre la base de un certificado de calidad. Si éste fuera el caso, el Contratista deberá proveer las facilidades y efectuar los arreglos para los ensayos a efectuarse en un laboratorio independiente en Guatemala, o fuera de Guatemala, aprobado por el Ingeniero.

Todos los documentos relativos a la importación de materiales; incluyendo, pero no limitándose a la correspondencia, documentos de oferta, planos de trabajo y datos deberán estar escritos en idioma español y todos los datos numéricos deberán utilizar el sistema métrico.

106.04 Pruebas de materiales. Todos los materiales están sujetos a inspección, muestreo, pruebas, repetición de pruebas, y rechazo salvo que en las

especificaciones se establezcan las condiciones de que los proveedores presenten resultados certificados por laboratorios reconocidos por instituciones especializadas debidamente acreditadas. Cuando en el proyecto se hayan realizado las pruebas técnicas pertinentes, éstas podrán ser repetidas para asegurar su aceptación o rechazo, en cualquier momento antes de la aceptación del trabajo.

Cuando el Contratista use materiales que no han sido aprobados, lo hará bajo su responsabilidad; pero si se encuentra que éstos son inaceptables, no serán pagados y tienen que ser removidos a expensas del Contratista.

Cuando se haga referencia en las Bases o en el contrato a una Especificación o método de ensayo, la referencia tiene que indicar la Especificación o método de ensayo que esté en vigencia al momento de la presentación de la oferta.

Las muestras para aprobar los materiales tienen que ser tomadas por el Contratista, utilizando un instrumento de ensayo aprobado bajo la supervisión del Delegado Residente, y en el momento o intervalo que se le indique. En todo momento durante el transcurso del trabajo, el Contratista tiene que mantener personal adecuado para tomar las muestras ordenadas por el Delegado Residente.

106.05 Almacenamiento de materiales. Los materiales tienen que ser almacenados de manera que se asegure la conservación de sus cualidades y aptitudes para la obra. Aún cuando hayan sido aprobados antes de ser almacenados, pueden ser nuevamente inspeccionados. Tienen que ser almacenados de modo que se facilite su rápida inspección.

Partes aprobadas de la servidumbre de paso o el derecho de vía pueden ser utilizadas para propósitos de almacenaje y para la instalación de planta y equipo del Contratista, pero cualquier espacio adicional que se necesite para tales fines tiene que ser provisto por el Contratista sin costo alguno al Estado.

El Contratista deberá obtener un permiso escrito del propietario o arrendatario para poder

usar la propiedad privada para almacenamiento de materiales o para instalaciones de las plantas. Cuando se requiera, se tiene que entregar una copia al Delegado Residente.

Todas las áreas de almacenamiento temporal e instalaciones de la planta tienen que ser restauradas a su estado original por el Contratista de una manera aceptable para obtener la aprobación del Delegado Residente y sin costo alguno para el Estado, cuando éstas se hayan encontrado instaladas en servidumbres de paso o derechos de vía a favor del Estado. Cuando se trate del uso de predios privados se estará a lo sujeto a lo que establezcan los contratos respectivos.

106.06 Bancos de materiales. El Estado no adquirirá ningún banco de material. A solicitud del Contratista, la DGC gestionará juntamente con él, la obtención de los bancos de materiales ya sea que estén o no designados en los Planos, Especificaciones Generales o Disposiciones Especiales, así como los derechos necesarios para su explotación y hacer uso de la propiedad para la instalación de las plantas, caminos de acarreo y otros fines.

Los bancos indicados en los Planos, Especificaciones Generales o Disposiciones Especiales son los que el Estado estima como posibles fuentes de materiales a usarse en los trabajos. La información, muestras y pruebas relacionadas con los análisis de los materiales, pueden ser consultados por los interesados en la Sección Técnica que corresponda de la DGC.

Ya sea que el Contratista decida usar los bancos indicados en los Planos, Especificaciones Generales o Disposiciones Especiales, u opte por usar bancos diferentes, debe previamente efectuar todas las pruebas de laboratorio necesarias a efecto de someterlas, con suficiente anticipación a su uso, a la consideración del Delegado Residente y que éste apruebe los bancos propuestos por el Contratista. Estos nuevos bancos deberán cumplir con las Disposiciones Ambientales.

El Contratista debe determinar por su cuenta, el equipo y trabajo necesarios para obtener un producto acabado y uniforme, que llene los

requisitos de los Planos, Especificaciones Generales o Disposiciones Especiales y si fuere necesario debe sin costo adicional, mezclarlo con otros materiales. Como no es factible obtener de las muestras, datos exactos del depósito completo, el Delegado Residente puede ordenar la obtención del material de sólo una parte del banco, rechazando el resto del mismo por inaceptable. El Estado no será responsable de la utilización real del material.

Al finalizarse la extracción de material de cualquier banco, el Contratista debe de presentar al Delegado Residente una certificación extendida por la DGA en la que haga constar que dejó el banco o cantera en condiciones ambientales satisfactorias, así como que cumplió debidamente con los requisitos del permiso para su utilización y que exime al Estado de todo reclamo, por este concepto.

SECCIÓN 106 - ANEXO 1
ACEPTACIÓN DEL TRABAJO POR MEDIO
DE EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

- 106.01-A Cumplimiento de los requerimientos contractuales.
- 106.02-A Inspección.
- 106.03-A Certificación.
- 106.04-A Conformidad con la medida, prueba o ensayo.
- 106.05-A Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo).
- 106.06-A Inspección en la planta.

106.01-A Cumplimiento de los requerimientos contractuales. Las referencias hechas a los métodos estándar para ensayos de la AASHTO, ASTM, GSA y otras autoridades estándares reconocidas se refieren a los métodos vigentes en la fecha en que se presentaron las ofertas.

El trabajo se debe ejecutar de acuerdo con los requerimientos contractuales y de conformidad con lo establecido en la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento. Se deben realizar todos los trabajos dentro del alineamiento, niveles, secciones transversales, dimensiones, resistencias y procesos o requerimientos de los materiales indicados en los Planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

Las dimensiones y resistencias indicadas en el Contrato, Disposiciones Especiales, los Planos y las Especificaciones Generales, son los valores a ser considerados y a ser alcanzados como valores de diseño a partir de los cuales se medirán las desviaciones permisibles. El trabajo se debe ejecutar proveyendo materiales que sean uniformes y que estén razonablemente cercanos a los valores prescritos o dentro del rango de tolerancias especificado. El propósito de establecer un rango de tolerancias es el de acomodar las pequeñas variaciones ocasionales de la zona correspondiente a la media y que no pueden ser evitadas por razones prácticas.

El Estado podrá inspeccionar, muestrear o ensayar todo el trabajo en cualquier momento antes de la aceptación final del proyecto. Cuando el Estado es el encargado de realizar los ensayos sobre el trabajo, se le deberá suministrar una copia de los resultados de los ensayos al Contratista, si éste la requiere. Los ensayos ejecutados por el Estado no necesariamente deberán ser ejecutados en el sitio del proyecto, pero sí en presencia de un Delegado del Contratista. Si el Contratista ejecuta los ensayos y éstos son verificados con los ensayos ejecutados por

el Estado, los resultados de los ensayos ejecutados por el Contratista podrán ser utilizados por el Estado para evaluar el trabajo y determinar su aceptación. No se deberá contar con la disponibilidad de los resultados ejecutados por el Estado para llevar un control de los procesos.

El trabajo aceptado conforme al contrato será pagado al precio unitario contractual. A continuación, en 106.02-A a 106.05-A inclusive, se indican cuatro métodos para determinar la conformidad y la aceptación del trabajo. Sin embargo, el trabajo podrá ser rechazado en cualquier momento en el que se determine, por cualquiera de los métodos, que éste no cumple con el contrato.

El trabajo se debe remover y reemplazar cuando no cumpla con el contrato o, cuando no existan requerimientos específicos en el contrato, con los estándares prevalecientes en la industria. El trabajo lo ejecutará el Contratista sin ningún costo adicional al Estado.

Como alternativa a la remoción y al reemplazo, el Contratista podrá presentar una solicitud escrita para que el trabajo sea aceptado a un precio reducido y al factor de pago correspondiente o se le otorgue permiso para ejecutar las medidas correctivas necesarias para que el trabajo esté en conformidad con lo estipulado.

La solicitud deberá contener una exposición razonada y se deberá adjuntar la documentación necesaria que justifique su propuesta. El Delegado Residente deberá emitir opinión e informar al Ingeniero para que se tome la decisión sobre lo solicitado por el Contratista.

Cuando se especifique el uso de elementos de fabricación estándar (tales como cercas, alambre, planchas, formaletas, tuberías, etc.) que estén identificadas por calibre, por unidad de masa, dimensiones de la unidad, etc., la identificación será

considerada como la unidad de masa o de dimensión. A menos que en el contrato se especifiquen las tolerancias permisibles, se podrán aceptar las tolerancias establecidas por el fabricante.

106.02-A Inspección. La aceptación se basará en la inspección del trabajo para establecer si cumple con las Especificaciones señaladas en el Contrato.

106.03-A Certificación. Para materiales fabricados fuera del sitio del proyecto, el fabricante debe estar certificado según el Estándar de Gestión de Calidad ISO 9,000. Se deberá requerir del fabricante que identifique claramente en el material o en el empaque del producto, la Especificación estándar aplicada para la fabricación.

El material que sea aceptado por certificación puede ser muestreado y ensayado en cualquier momento. Si se encontrase que no responde al especificado en el contrato, el material será rechazado aun cuando ya haya sido colocado en el sitio de la obra.

A continuación, se enumeran algunas de las certificaciones que pueden ser utilizadas:

(a) Certificación de producción. Materiales que requieran de una certificación de producción, ésta estará identificada en la Especificación de Aceptación de cada Sección. Se requerirá de cada fabricante la certificación de cada envío de material o producto. Con cada certificado de producción se incluirá lo siguiente:

- (1) Lugar y fecha de producción.
- (2) Resultados de los ensayos efectuados sobre material del mismo lote, y documentación que identifique el sistema de inspección y ensayo.
- (3) Número de lote o alguna otra referencia para efectuar una referencia cruzada a la inspección del fabricante y al sistema de ensayo.
- (4) Una declaración del fabricante en la que se consta que los materiales responden a los requerimientos contractuales.

(5) La firma del fabricante o algún medio alternativo que demuestre respaldo a la certificación.

(b) Certificación comercial. Cuando una certificación es requerida, pero no una certificación de producción, se requerirá una Certificación Comercial para todo material de un mismo tipo, de un mismo productor.

La Certificación Comercial se considera un acreditativo del Contratista o del Productor, que el material responde a los requerimientos contractuales, por medio de certificaciones del productor que indiquen que el material es producido para un nivel de calidad o especificaciones adecuadas.

106.04-A Conformidad con la medida, prueba o ensayo. Se deberá proveer toda la información sobre la producción, los procesos y los controles necesarios del trabajo para que todo el trabajo pueda ser aceptado dentro de los requerimientos contractuales.

Los resultados de inspecciones, ensayos o pruebas deberán incluir valores dentro de las tolerancias o de los límites especificados.

106.05-A Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo). La evaluación estadística del trabajo es un método para analizar la inspección o los resultados de los ensayos y determinar su conformidad con los requerimientos contractuales. El trabajo será aceptado como se describe a continuación.

(a) General. Para el trabajo evaluado con una base estadística ambos, el Estado y el Contratista, asumen un riesgo. El riesgo del Estado es la probabilidad de que un trabajo con un nivel de calidad de rechazo sea aceptado. El riesgo del Contratista es la probabilidad de que un trabajo producido con un Nivel de Calidad Aceptable (NCA) sea rechazado o aceptado a un precio contractual reducido.

El nivel de calidad aceptable es el porcentaje de trabajo más alto fuera de los límites especificados

que es considerado aceptable para pago al precio contractual. Existen dos categorías; la Categoría 1 se basa en un NCA de 5%. La Categoría 2 se basa en un NCA de 10%. En ambos casos el riesgo del Contratista es del 5%.

Las características de calidad a ser evaluadas, el tamaño del lote, la frecuencia de muestreo, los métodos de ensayo, los límites especificados y las categorías son las siguientes:

- (1) **Características de calidad.** Las características de calidad a ser evaluadas deben estar enumeradas, para cada Renglón, en las Disposiciones Especiales.
- (2) **Tamaño del lote.** El lote es una cantidad discreta parcial pero determinada de trabajo a la cual se le aplicarán los procedimientos de la evaluación estadística. Podrá seleccionarse más de un lote si ocurren cambios en los valores que se desean alcanzar, en las fuentes de materiales o en las fórmulas para la mezcla de materiales. Dichos cambios deben ser sometidos, por escrito, para su aprobación. Los ajustes requeridos deberán efectuarse según lo indicado en el inciso (b).
- (3) **Frecuencia de muestreo.** La frecuencia de muestreo será indicada en las Disposiciones Especiales. Normalmente el número mínimo requerido de muestras para ejecutar la evaluación estadística para efectuar un análisis es de un mínimo de 5. El factor de pago máximo que se puede obtener con 5 muestras es de 1.01. Se requiere de un mínimo de 8 muestras para obtener un factor de pago máximo de 1.05.

Si la frecuencia de muestreo y la cantidad de trabajo dan como resultado menos de 8 muestras, se requerirá una solicitud escrita para incrementar la frecuencia de muestreo para proveer un mínimo de 8 muestras. Se deberá suministrar dicha solicitud por lo menos 48 horas antes de iniciar la producción. Un incremento en la frecuencia

de muestreo puede dar como resultado un factor de pago reducido.

- (4) **Ubicación de los puntos de muestreo.** Los puntos de muestreo serán los descritos en las Disposiciones Especiales. La ubicación exacta de los puntos de muestreo será especificada por el Delegado Residente basado en números aleatorios.
 - (5) **Métodos de ensayo.** Los métodos de ensayo a ser utilizados para ensayar las muestras serán indicados en las Disposiciones Especiales.
 - (6) **Límites especificados.** Los límites especificados para las características de calidad serán los indicados en las Disposiciones Especiales para cada actividad y/o trabajo.
 - (7) **Categoría.** La categoría para las características de calidad a ser analizadas será la indicada en las Disposiciones Especiales.
- (b) **Aceptación.** El trabajo representado por el lote será pagado con un factor de pago final cuando se hayan completado y evaluado todos los resultados de los ensayos y efectuado la inspección.

Antes de determinar el factor de pago final, el trabajo podrá ser incorporado al proyecto siempre y cuando los factores de pago ya calculados no sean menores que 0.90. Si se concluye un lote con menos de 5 muestras, el material será evaluado de acuerdo con lo indicado en la Especificación 106.04-A.

Si el factor de pago actual de un lote es menor que 0.90, se deberá suspender la producción. La producción podrá reanudarse cuando el Contratista tome acciones efectivas y aceptables para mejorar la calidad de la producción. Si se determina que la reanudación de la producción implica un cambio significativo en el proceso de producción, el lote ya producido será eliminado y se seleccionará un nuevo lote.

Un lote que contenga un porcentaje insatisfactorio de material no especificado (un factor de pago menor que 1.00) será aceptado si el factor de pago más bajo no cae dentro del área de rechazo de la Tabla 106-2.

Un lote que contenga un porcentaje insatisfactorio de material no especificado con el factor de pago más bajo ubicado en el área de rechazo de la Tabla 106-2 será rechazado. En ese caso, se deberá remover del trabajo todo el material rechazado.

Cuando sea aprobado, se le permitirá al Contratista remover voluntariamente el material defectuoso y reemplazarlo con nuevo material para evitar o minimizar un factor de pago menor que 1.00. El nuevo material deberá ser muestreado, ensayado y evaluado de acuerdo con lo indicado en esta subsección.

Cualquier cantidad de material que se ha determinado defectuosa podrá ser rechazada basado en la inspección visual o en los resultados de los ensayos. No se deberá incorporar al trabajo el material rechazado. Los resultados de los ensayos efectuados sobre el material rechazado serán excluidos del lote.

(c) Evaluación estadística. El método Variable-Incognita/Desviación Estándar será utilizado para determinar el porcentaje estimado del lote que está fuera de los límites especificados.

El número de cifras significativas a utilizar en los cálculos estará de acuerdo con lo indicado en la norma AASHTO R 11, método absoluto.

El porcentaje estimado de trabajo que esté afuera de los límites especificados para cada característica de calidad será determinado como sigue:

(1) Calcular la media aritmética(\bar{X}) de los valores de los ensayos:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde: Σ = sumatoria de
 x = valor individual de cada ensayo
 n = número total de ensayos

(2) Calcular la desviación estándar (s):

$$s = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

Donde: $\sum(x^2)$ = sumatoria de los valores individuales, cada uno elevado al cuadrado
 $(\sum x)^2$ = sumatoria de los valores individuales elevada al cuadrado

(3) Calcular el índice de calidad superior (Q_U):

$$Q_U = \frac{USL - \bar{X}}{s}$$

Dónde: USL = límite superior especificado

Nota: El USL es igual al límite especificado en el contrato o al valor a ser alcanzado menos la desviación permisible.

(4) Calcular el índice de calidad inferior (Q_L):

$$Q_L = \frac{\bar{X} - LSL}{s}$$

Donde: LSL = límite inferior especificado

Nota: El LSL es igual al límite especificado en el contrato o al valor a ser alcanzado menos la desviación permisible.

(5) Determinar P_U (el porcentaje de trabajo que se estima estará afuera del USL) de la Tabla 106-1. El P_U corresponde a un Q_U dado. Si no se especificó un USL, P_U es igual a 0.

(6) Determinar P_L (el porcentaje de trabajo dentro del lote que se estima estará afuera del LSL) de la Tabla 106-1. El P_L corresponde a un Q_L dado. Si no se especificó un LSL, P_L es igual a 0.

- (7) Calcular el porcentaje total estimado de trabajo fuera del USL y del LSL (porcentaje defectuoso)

$$P_U + P_L$$

- (8) Repetir los pasos 1 a 7 para cada característica de calidad que requiera de evaluación estadística.

- (d) Determinación del factor de pago (valor del trabajo):

- (1) Determinar el factor de pago para cada característica de calidad de la Tabla 106-2, utilizando el número total de ensayos y el porcentaje total estimado fuera de los límites especificados obtenido en el paso (c)(7).

- (2) Cuando todas las características de calidad para un lote pertenezcan a la Categoría 1, el factor de pago por el lote estará basado en el factor de pago individual más bajo para cualquier característica de calidad con Categoría 1. El factor de pago máximo que puede obtenerse es de 1.05 (con un mínimo de 8 valores de ensayo).

- (3) Cuando las características de calidad pertenecen a ambas Categorías 1 y 2, el factor de pago se basará en lo siguiente:

- a) Cuando todas las características de calidad con Categoría 2 sean iguales a 1.00, el pago por el lote se basará en el factor de pago individual mínimo para todas las características con Categoría 1. El factor de pago máximo que puede obtenerse es de 1.05 (con un mínimo de 8 valores de ensayo).

- b) Cuando cualquier característica de calidad con Categoría 2 sea menor que 1.00, el pago por el lote se basará en el factor de pago individual mínimo para cualquier característica de calidad.

Cuando todas las características de calidad del lote pertenezcan a la Categoría 2, el pago por el lote se basará en el factor de pago individual mínimo para

cualquier característica de calidad con Categoría 2. El factor de pago máximo que puede obtenerse es de 1.00.

El pago ajustado por el material que compone un lote se hará a un precio determinado al multiplicar el precio unitario contractual por el factor de pago para el lote determinado como antes se indicó.

106.06-A Inspección en la planta. El trabajo podrá ser inspeccionado en la planta de producción o fabricación. Las plantas manufactureras serán revisadas para comprobar que responden a los métodos de producción especificados. Las muestras de materiales pueden obtenerse para ser ensayados en el laboratorio para su verificación en cuanto a su respuesta a los requerimientos de calidad. Por lo tanto, el Contratista permitirá un libre acceso a todas las secciones de la planta de producción.

Tabla 106-1
Porcentaje de trabajo estimado fuera de los límites especificados

Porcentaje estimado fuera de los límites especificados (P _U y/o P _L)	Índice Superior de Calidad o Índice Inferior de Calidad						
	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10 a n=11	n=12 a n=14
0	1.72	1.88	1.99	2.07	2.13	2.20	2.28
1	1.64	1.75	1.82	1.88	1.91	1.96	2.01
2	1.58	1.66	1.72	1.75	1.78	1.81	1.84
3	1.52	1.59	1.63	1.66	1.68	1.72	1.73
4	1.47	1.52	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64
5	1.42	1.47	1.49	1.51	1.52	1.54	1.55
6	1.38	1.41	1.43	1.45	1.46	1.47	1.48
7	1.33	1.36	1.38	1.39	1.40	1.41	1.41
8	1.29	1.31	1.33	1.33	1.34	1.35	1.35
9	1.25	1.27	1.28	1.28	1.29	1.29	1.30
10	1.21	1.23	1.23	1.24	1.24	1.24	1.25
11	1.18	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20
12	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
13	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11
14	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.06	1.06
15	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02
16	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
17	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94
18	0.93	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91
19	0.90	0.89	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87
20	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
21	0.84	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.80
22	0.81	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77
23	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74
24	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.71	0.70
25	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.68	0.67
26	0.68	0.67	0.67	0.65	0.65	0.65	0.64
27	0.65	0.64	0.63	0.62	0.62	0.62	0.61
28	0.62	0.61	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58
29	0.59	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55
30	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53	0.52
31	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50
32	0.50	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47
33	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44
34	0.45	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.41
35	0.42	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38
36	0.39	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36
37	0.36	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33
38	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.30
39	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28
40	0.28	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
41	0.25	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
42	0.23	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
43	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
44	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
45	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
46	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
47	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
48	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
49	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: Si el Valor de QU o QL no corresponde a un valor en la tabla, utilizar el valor de Q más bajo que le sigue. Si QU o QL son valores negativos, PU o PL es igual a 100 menos el valor de la tabla para PU o PL.

Tabla 106-1 (continuación)

Porcentaje de trabajo estimado fuera de los límites especificados

Porcentaje estimado fuera de los límites especificados (P_u y/o P_L)	Índice superior de calidad o índice inferior de calidad					
	n=15 a n=17	n=18 a n=22	n=23 a n=29	n=30 a n=42	n=43 a n=66	n=67 a n=∞
0	2.34	2.39	2.44	2.48	2.51	2.56
1	2.04	2.07	2.09	2.12	2.14	2.16
2	1.87	1.89	1.91	1.93	1.94	1.95
3	1.75	1.76	1.78	1.79	1.80	1.81
4	1.65	1.66	1.67	1.68	1.68	1.70
5	1.56	1.57	1.58	1.59	1.59	1.60
6	1.49	1.50	1.50	1.51	1.51	1.52
7	1.42	1.43	1.43	1.44	1.44	1.44
8	1.36	1.36	1.37	1.37	1.37	1.38
9	1.30	1.30	1.31	1.31	1.31	1.31
10	1.25	1.25	1.25	1.25	1.26	1.26
11	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
12	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
13	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
14	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
15	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
16	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
17	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
18	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
19	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
20	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
21	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.79
22	0.77	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
23	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
24	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
25	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66
26	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63
27	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60
28	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.57
29	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.54
30	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
31	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
32	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
33	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43
34	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40
35	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
37	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32
38	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
39	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
40	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

41	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
42	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
43	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
44	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
45	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
46	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
47	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
48	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
49	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: Si el Valor de Q_U o Q_L no corresponde a un valor en la tabla, utilizar el valor de Q más bajo que le sigue. Si Q_U o Q_L son valores negativos, P_U o P_L es igual a 100 menos el valor de la tabla para P_U o P_L .

Tabla 106-2 Factor de pago

Factor de pago		Porcentaje máximo de trabajo permisible fuera de los límites especificados para un factor de pago dado ($P_U + P_L$)												
Categoría		n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10 a n=11	n=12 a n=14	n=15 a n=17	n=18 a n=22	n=23 a n=29	n=30 a n=42	n=43 a n=66	n=67 a n=∞
I	II	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.05														
1.04														
1.03														
1.02														
1.01														
1.00														
0.99														
0.98														
0.97														
0.96														
0.95														
0.94														
0.93														
0.92														
0.91														
0.90														
0.89														
0.88														
0.87														
0.86														
0.85														
0.84														
0.83														
0.82														
0.81														
0.80														
0.79														
0.78														
0.77														
0.76														
0.75														
RECHAZAR		0.79	60	57	55	53	52	51	50	48	47	45	43	41
		0.78	61	58	56	54	53	52	51	50	49	47	45	43
		0.77	62	59	57	55	54	53	52	51	50	48	46	44
		0.76	63	61	58	56	55	54	53	52	51	50	48	46
		0.75	64											
RECHAZAR														

Valores mayores que los mostrados arriba

Nota: Para obtener un factor de pago cuando el valor de (PU y/o PL) de la tabla 106-1 no corresponde a un valor ($PU + PL$) de esta tabla, utilizar el valor ($PU + PL$) mayor siguiente.

SECCIÓN 107
EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN

- 107.01 Generalidades.
- 107.02 Mantenimiento.
- 107.03 Registro del equipo.
- 107.04 Aspectos ambientales.
- 107.05 Remoción de la planta del contratista.

107.01 Generalidades. El Contratista debe proporcionar el equipo necesario para ejecutar el trabajo de acuerdo con su oferta, los Planos, Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales, Programa de Trabajo aprobado y en el tiempo estipulado para la ejecución y entrega de la obra.

En caso de que, en cualquier tiempo, el progreso de la obra se retrase con respecto al Programa de Trabajo aprobado, o claramente se note que el Contratista está incapacitado para terminar la obra en el tiempo y forma especificados, el Delegado Residente puede requerir el uso de equipo adicional, dando las razones para ello.

El equipo que use el Contratista, en todas y cada una de las etapas de la obra, no debe dañar el camino, propiedades adyacentes u otras carreteras.

Son por cuenta del Contratista todos los costos de embarque, seguros de su equipo y movilización del mismo a la obra y a los lugares de trabajo de ésta. El equipo del Contratista podrá estar exonerado de derechos de importación tal como se estipula en la Especificación 108.06.

Los requisitos que debe llenar el equipo, según el caso, se estipulan en cada una de las Secciones respectivas.

107.02 Mantenimiento. El Contratista mantendrá disponible suficiente existencia de repuestos para el equipo que esté usando en la obra y mantendrá todos los medios necesarios para su reparación y mantenimiento, desde el principio hasta la terminación de ésta. Las bodegas de repuestos, lubricantes, combustibles y talleres de reparación del Contratista estarán sujetas a inspección, a discreción del Delegado Residente.

107.03 Registro del equipo. El Contratista deberá mantener controles adecuados y apropiados para el

registro de toda la maquinaria, equipo, herramientas, materiales y repuestos que tenga en cada obra.

107.04 Aspectos ambientales.

(a) Las trituradoras y las plantas de asfalto deberán ubicarse en sitios aprobados previamente por la Dirección de Gestión Ambiental -DGA- del MARN y, de preferencia, situarse de manera que el viento arrastre el polvo lejos de áreas pobladas. Al seleccionar la ubicación de las trituradoras y de las plantas de asfalto, se debe tomar en cuenta lo siguiente: 1) Evitar cortar árboles; 2) se deben evitar los movimientos de tierras (buscar un área plana); 3) que no se ubiquen cerca de una fuente de agua a la cual pueda afectar; 4) que no se ubiquen cerca de una zona boscosa de manera que perturbe la fauna; 5) que se tome en cuenta el entorno donde se ubicará para no afectar el paisaje y 6) que no afecten las viviendas y comunidades vecinas. Las plantas de asfalto deberán estar dotadas de colectores de polvo y filtros que eliminen las emanaciones que contaminen el ambiente. Las trituradoras deben contar con cubiertas o dispositivos para evitar que el polvo se disperse. El nivel máximo recomendado para evitar los efectos de la intensidad del sonido es de 85 decibeles. En los límites del área de la trituradora, se recomienda que el valor de la intensidad del sonido sea menor de 55 decibeles. Si el Contratista lleva a cabo la instalación de dichas plantas, cualquier cambio de localización será por cuenta propia y no se reconoce ningún gasto adicional.

(b) El almacenamiento de combustibles debe hacerse en tanques o cisternas, aéreos o subterráneos debidamente protegidos y para su despacho deberá contar con equipo de bombeo, rampa de acceso para la descarga y equipo de seguridad

industrial (extintores, arena y toma de agua). La instalación y uso de los combustibles debe regirse por la normativa de la Dirección General de Hidrocarburos.

El despacho en el sitio de la obra deberá hacerse con unidad móvil de despacho de combustible y lubricante. En cuanto a los lubricantes, deben de almacenarse en lugares ventilados, techados y con equipo contra incendio. Para cambio de aceite y grasas, debe construirse una rampa específica que permita la recuperación de aceites para su reciclaje. Estos deben ser almacenados en depósitos adecuados para su posterior disposición fuera del proyecto, a través de empresas especializadas en su reutilización como combustible. El manejo y almacenamiento de combustibles y lubricantes debe hacerlo el Contratista lejos de lechos de ríos, vertientes y áreas donde existan cultivos, especialmente de tubérculos, para evitar que cualquier derramamiento accidental contamine los mantos acuíferos o los sembradíos.

107.05 Remoción de la planta del contratista. Al finalizar su Contrato, el Contratista debe remover su planta y equipo. El sitio debe quedar libre de cualquier derrame. Asimismo, una vez finalizada la construcción del proyecto, el Contratista debe dejar el sitio de la planta en condiciones similares o mejores ambientalmente a las del inicio, incluyendo el retiro y disposición adecuada de los tanques de almacenamiento, las fosas de los cambios de aceite, repuestos, chatarra y demás estructuras o construcciones. No se permitirá la eliminación de desechos a través de incineración. El Contratista debe dejar el área reforestada con árboles de especies nativas de la región, conforme a lo estipulado en la Sección 806.

SECCIÓN 108

RESPONSABILIDAD LEGAL Y PÚBLICA

- 108.01 Leyes que deben ser aplicadas.
- 108.02 Permisos y licencias.
- 108.03 Personal, salarios y disposiciones.
- 108.04 Seguridad social.
- 108.05 Cargas tributarias.
- 108.06 Derechos de importación, cargos y recargos.
- 108.07 Impuesto Sobre la Renta (ISR) e Impuesto al Valor Agregado (IVA).
- 108.08 Disposiciones sanitarias.
- 108.09 Suministros del derecho de vía.
- 108.10 Seguridad del personal.
- 108.11 Conveniencia y seguridad del público.
- 108.12 Protección del medio ambiente.
- 108.13 Aspectos de la protección ambiental.
- 108.14 Protección de la propiedad privada.
- 108.15 Uso de explosivos.
- 108.16 Responsabilidad por daños y reclamos.
- 108.17 Seguros.
- 108.18 Reporte de accidentes y daños.
- 108.19 Responsabilidad del contratista por el trabajo.

108.01 Leyes que deben ser aplicadas. Leyes que deben ser aplicadas. El contratista debe conocer, cumplir y actuar de conformidad con todas y cada una de las leyes, de acuerdo reglamentos vigentes en la República de Guatemala relacionados con el trabajo a realizar. El Contratista será responsable directamente por todos los daños y perjuicios causados durante la ejecución de la obra, ya sea por él o por sus empleados, agentes o Subcontratistas.

Será responsabilidad del Contratista estar completamente informado de todas las leyes, ordenanzas, códigos de seguridad, reglamentos y todas las órdenes y decretos que tengan cualquier jurisdicción o autoridad, que en alguna forma afecten a los contratos o trabajos que se realicen en la obra, o que en cualquier forma afecten el manejo de la obra.

El contratista observará y cumplirá, en todo momento, con todas las disposiciones legales vigentes en la República de Guatemala y deberá proteger e indemnizar al Estado y a sus representantes contra cualquier reclamación o responsabilidad originada por o basada en la violación de cualquiera de tales leyes, ordenanzas, reglamentos de seguridad, disposiciones, órdenes o decretos.

108.02 Permisos y licencias. El Contratista debe de obtener todos los permisos y licencias que le correspondan, y pagar todos los impuestos y derechos arancelarios. A solicitud del Contratista, el Estado colaborará con éste, en todas aquellas gestiones que, siendo responsabilidad del Contratista, su intervención contribuya a expeditarlas.

(a) Artefactos patentados, materiales y procesos.
Si el Contratista es requerido o desea utilizar cualquier diseño, artefacto, material o proceso cubierto por cartas, patente o derecho de autor, el Contratista hará los arreglos y proveerá para dicho uso mediante un acuerdo apropiado con

el que tiene el uso exclusivo o el dueño, y una copia del acuerdo puede ser requerida para entregarse al Delegado Residente. El Contratista indemnizará y protegerá de daños al Estado contra demandas, reclamaciones o daños originados de la violación de o uso de cualquier diseño, artefacto, material o proceso que sea patentado o tenga derechos de autor.

108.03 Personal, salarios y disposiciones. El Contratista debe de cumplir con el requisito legal de emplear por lo menos un 90 por ciento de trabajadores guatemaltecos.

Los salarios que el Contratista pague a sus trabajadores no deben ser inferiores al salario mínimo establecido en la legislación interna de la República de Guatemala.

El Contrato que suscribe El Contratista y El Estado, es de naturaleza administrativa, en consecuencia, el personal contratado por El Contratista o Subcontratistas, no tendrán relación alguna con El Estado.

El Contratista debe cumplir con las Disposiciones del Código de Trabajo y cualesquiera otras leyes y reglamentos relacionados con prestaciones sociales y laborales.

108.04 Seguridad Social. El Contratista debe inscribirse como patrono en el IGSS, IRTRA, INTECAP, etc. para la obra objeto del contrato, pagar las cuotas tanto de índole patronal, como laboral que haya deducido a sus trabajadores, de acuerdo con lo establecido por el IGSS, IRTRA, INTECAP, etc.

108.05 Cargas tributarias. El Contratista será responsable de los impuestos ordinarios y extraordinarios, tasas y arbitrios y contribuciones especiales, que le corresponda pagar en el desarrollo de la Obra.

108.06 Derechos de importación, cargos y recargos. Los equipos que se importen al país, deben de cancelar los impuestos de importación a cargo de El Contratista. Sin embargo, éste puede ampararse en un régimen de importación temporal, conforme las Leyes del país.

Lo anterior se hará extensivo a los Subcontratistas, cuyos subcontratos hayan sido aprobados por el Estado, debiendo hacer sus gestiones a través del Contratista.

108.07 Impuesto Sobre la Renta (ISR) e Impuesto al Valor Agregado (IVA). De conformidad con la ley, el Contratista no está exonerado del Impuesto sobre la Renta, ni del Impuesto al Valor Agregado.

108.08 Disposiciones sanitarias. El Contratista debe de proporcionar y mantener en condiciones sanitarias y de limpieza, los servicios para el uso de sus empleados, cumpliendo con los requisitos del Código de Salud, incluyendo los servicios de agua potable, sistemas de eliminación sanitaria de excretas, disposición adecuada de desechos sólidos, y la adecuación de lugares destinados al descanso y a la alimentación de sus trabajadores. También debe de mantener los campamentos presentables y en perfectas condiciones de sanidad y limpieza.

El Contratista no obligará a ningún trabajador a laborar en sitios o bajo condiciones que sean poco sanitarias, arriesgadas o peligrosas a la salud o seguridad. El Contratista está obligado a cumplir con las disposiciones de la Constitución Política de la República de Guatemala, El Código de Trabajo y el Código de Salud en lo referente a la conservación y restablecimiento de la salud de los trabajadores. Para lo cual deberá desarrollar acciones tendientes a proveer las condiciones saludables y seguras en el trabajo, tendientes a la prevención de enfermedades ocupacionales, atención de las necesidades específicas de los trabajadores y accidentes en el trabajo.

108.09 Suministros del derecho de vía. El Estado proporcionará al Contratista libre de costo, el Derecho de Vía necesario para la construcción de la carretera, sus estructuras, obras de protección necesarias y anexos; antes de que el Contratista

principie sus operaciones en la obra, salvo que, por la naturaleza de la construcción de la carretera y puentes, este proceso pueda realizarse durante el período de construcción, al definirse con exactitud las áreas a afectar.

El Estado, antes de iniciarse los trabajos, debe de obtener tales derechos de vía. Si por cualquier circunstancia no los tuviere, en la medida que esto afecte el trabajo de El Contratista, indemnizará a éste por los perjuicios que se le causen.

Las afectaciones dentro del derecho de vía y que estén incluidas en las Disposiciones Especiales deberán ser de estricto cumplimiento por parte del Contratista.

El Estado podrá optar en las licitaciones en proveer un Renglón para el Establecimiento del Derecho de Vía, si es adquirido por Trabajos por Administración, a cargo del Contratista.

El Estado podrá optar en las licitaciones en proveer un Renglón para la gestión o adquisición del Derecho de Vía, si es gestionado o adquirido deberá ser en el Renglón de Trabajos por Administración, a cargo del Contratista.

108.10 Seguridad del personal. El Contratista está obligado a cumplir con las Disposiciones del Código de Trabajo de la República de Guatemala, en el que se hace referencia a la obligatoriedad de adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la salud y la moralidad de los trabajadores; además de la prevención y acaecimiento de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

El Contratista como parte de su programa de seguridad industrial deberá dotar a todo su personal de campo con los siguientes implementos mínimos de protección personal: chalecos de identificación, cascos de protección, guantes de cuero, botas de cuero con puntera de metal y suela antideslizante, mascarillas contra el polvo, arneses de seguridad en suspensión, o todas aquellas que se requieran, según la naturaleza y requerimientos de cada trabajo.

Al personal que labore en las plantas de trituración y mezcla de asfalto, se le deberá dotar del

equipo de protección personal siguiente: cascos de protección, protectores auditivos, botas con puntera de metal y suela antideslizante, guantes de cuero, gafas antipolvo, mascarillas o respiradores antipolvo y arneses o cinturones de protección.

El Contratista deberá contar con un Programa de Seguridad e Higiene Industrial que deberá contener como mínimo: objetivos, políticas o lineamientos a seguir, procedimientos de ejecución y evaluación o medición de resultados del programa.

108.11 Cumplimiento en materia de Seguridad. El contratista es responsable durante la ejecución de la obra, de cumplir con todas las leyes y demás disposiciones en materia de Seguridad Vial, Salud y Seguridad Ocupacional.

Si durante la ejecución de una obra, el Delegado Residente considera peligrosa cualquier actividad, trabajo o condición derivada de los mismos, la notificará al Contratista para que éste haga las correcciones necesarias, inmediatamente.

Los materiales acumulados sobre la carretera deben colocarse sin causar obstrucciones al tránsito y proveyendo la señalización necesaria para seguridad de los usuarios de la ruta y señales reflectivas para evitar accidentes en la noche.

En los sectores de la obra donde el Contratista estuviera trabajando, y cuando haya tránsito público, se requerirá al Contratista el control del polvo por medio de riego de agua. A solicitud del Contratista, la DGC colaborará en gestionar la participación de la Policía o de las autoridades respectivas, a efecto de lograr un control de trabajo efectivo y evitar accidentes.

108.12 Protección del medio ambiente. La DGC deberá contar con el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental -EIA- ya aprobado, que contenga las medidas de mitigación, para todas aquellas actividades que por sus características, puedan causar deterioro del ambiente y a los recursos naturales y culturales, antes de la ejecución de la obra. El estudio debe contener un plan de manejo y

adecuación ambiental que incluya especificaciones técnicas generales basadas en estas Especificaciones Generales y de donde se obtengan las Disposiciones Ambientales Especiales para el tramo y/o proyecto en particular, las cuales serán de estricto cumplimiento por parte del Contratista, ya que formarán parte del contrato de obra.

El Contratista es responsable durante la construcción, rehabilitación y mantenimiento de la red vial, de cumplir con todas las leyes y demás disposiciones referentes al Medio Ambiente como lo establece la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

108.13 Aspectos de la protección ambiental. Cuando se efectúen trabajos de construcción de carreteras y puentes, el Contratista tiene la obligación de cumplir las Leyes y Decretos vigentes dentro de la Normativa Legal Guatimalteca como los son la Ley Forestal, la Ley de Áreas Protegidas y la Ley del Patrimonio Histórico y Sitios Arqueológicos y cualesquiera otras que regulen la materia.

El Instituto Nacional de Bosques INAB, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP y el Instituto de Antropología e Historia IDAEH, poseen facultades legales en materia de manejo de recursos naturales y del patrimonio histórico nacional y podrán sancionar al Contratista que infrinjan disposiciones específicas, plasmadas en los diferentes instrumentos legales vigentes. En cada Licitación debe haber una provisión relativa a la protección del Medio Ambiente.

(a) Protección de bosques: La tala de árboles no podrá realizarse sin la obtención previa del respectivo permiso a las autoridades competentes (INAB y/o Municipalidad de la localidad). Para dar cumplimiento a la legislación existente, el Contratista está obligado a reponer los árboles talados para llevar a cabo el proyecto. La madera deberá ser devuelta a su propietario si la tuviese o bien, a la Municipalidad de la jurisdicción correspondiente. La siembra de árboles se deberá efectuar en terrenos que posean vocación forestal con árboles que sean nativos de la región.

El Contratista deberá adoptar medidas preventivas contra incendios, y para ésto deberá acatar los renglones sobre la prevención y el control de incendios. Durante los períodos de cada una de las operaciones del contrato, el Contratista mantendrá satisfactorias medidas de seguridad en todas las máquinas de combustión interna y en todos los fuegos para señales que se utilicen en sus maniobras, fogatas y cocinas de los campamentos, así como mantener vigilancia en las cercanías de las operaciones que representen peligro para los bosques.

- (b) Protección de fuentes de agua.** La utilización de las fuentes de agua deberá tomar en cuenta los usos y consumos actuales a manera de evitar afectar a los usuarios, así como deteriorar su calidad. En fuentes de agua no contaminada se deberá dejar previsto un caudal ecológico equivalente al 20% del caudal de estiaje.

Los contaminantes como: lubricantes, combustibles, aguas negras no tratadas, pinturas, aguas de lavado o enjuague, desperdicios de las operaciones de mezclado del hormigón y otros materiales perjudiciales, no deberán ser depositados dentro o cerca de ríos, embalses ni dentro de canales naturales o construidos, que desfoguen en aquellos.

- (c) Protección contra la erosión.** El Contratista deberá programar las operaciones de manera que disminuya la erosión del suelo para evitar la obstrucción con sedimentos y la contaminación de sistemas de riego, represas (lagos y embalses), arroyos, riachuelos y ríos.

La construcción de sistemas de canalización de aguas y otros trabajos que tienen como propósito controlar la erosión y sedimentación, se deberán ejecutar conjuntamente con las operaciones de terracerías o tan pronto como sea factible.

Después de cada lluvia y por lo menos diariamente, cuando llueva en forma prolongada, el Contratista inspeccionará los dispositivos de control de erosión y sedimentación, para verificar

posibles deficiencias. Cuando los dispositivos de control de erosión y sedimentación se encuentren en condición no funcional, el Delegado Residente notificará al Contratista para la corrección inmediata.

- (d) Protección de zonas de amortiguamiento en áreas protegidas.** Las operaciones dentro de las zonas de amortiguamiento en áreas protegidas no podrán realizarse sin la obtención previa del respectivo permiso del CONAP. El Contratista está obligado a no dañar las áreas que sean zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales que tengan alto valor genético, histórico, escénico, recreativo y arqueológico, los que se clasifican en: parques nacionales, biotopos, reservas de la biosfera, reservas de uso múltiple, reservas forestales, reservas biológicas, manantiales, reservas de recursos, monumentos naturales, monumentos culturales y religiosos, rutas y vías escénicas, parques marinos, parques regionales, parques históricos, refugios de vida silvestre y áreas naturales recreativas.

- (e) Protección de sitios y vestigios arqueológicos e históricos.** En el caso del descubrimiento de sitios arqueológicos, monumentos antiguos, cementerios, reliquias y fósiles durante la realización de las obras, el Contratista suspenderá temporalmente los trabajos en el sitio del descubrimiento y notificará al Delegado Residente, quien dará el aviso al IDAEH. Los trabajos serán reiniciados una vez que el IDAEH realice las investigaciones y estudios pertinentes. Esta causa es motivo de fuerza mayor, para efectos de ampliación al plazo contractual.

Cuando la protección, relevamiento o traslado de hallazgos arqueológicos, y paleontológicos afecte el avance de la obra, el Delegado Residente considerará los ajustes apropiados en el Programa de Trabajo.

(f) Protección y restauración del paisaje: El Contratista deberá cumplir con las Disposiciones Especiales relacionadas con la protección y conservación del paisaje indicadas en el Estudio de Impacto Ambiental.

Además de estas medidas temporales que contribuyen a proteger y restaurar el paisaje, los trabajos de control permanente deberán contribuir a devolver al área de influencia del camino, la condición natural. Como consecuencia, para lograr este objetivo, en la selección de la cubierta vegetal es necesario tomar en consideración las condiciones existentes en el sitio, que puedan afectar la plantación o siembra, razón por la cual se variarán las especies y métodos a emplear.

108.14 Protección de la propiedad privada. El Contratista debe proteger la propiedad expuesta a sufrir daños derivados de la construcción, excepto aquella cuyo retiro o demolición sea requerido en los Planos, Especificaciones Generales o Disposiciones Especiales o por el Delegado Residente. Cualquier parte de la propiedad que resulte dañada debido a las actividades del Contratista, debe ser restaurada inmediatamente a su costa y dejada en las mismas condiciones en que estaba antes del daño; o indemnizar al propietario por el daño causado, en una forma aceptable y que exonere al Estado totalmente de cualquier reclamación futura. Si el siniestro está cubierto por el seguro, a solicitud del Contratista, el Delegado Residente deberá levantar un acta dentro de los 8 días calendario siguientes al de la solicitud, en la que consten los hechos.

En los lugares donde las operaciones del Contratista estén cerca de propiedades de empresas ferroviarias, de telecomunicaciones o eléctricas, o estén adyacentes a propiedades incluyendo edificios y pozos, cuyo daño pueda resultar en gastos considerables o inconvenientes, el trabajo no debe ser iniciado hasta que el Contratista haya tomado todas las precauciones necesarias para la protección de éstos. El Contratista será el único y directamente responsable ante los dueños o arrendantes de tales propiedades, por cualquier

reclamo o daño que pudiera ser causado durante la ejecución del trabajo contratado.

El Estado hará los arreglos necesarios con las empresas de servicio público afectadas por el nuevo trabajo, para la remoción o reacondicionamiento de tales servicios.

108.15 Uso de explosivos. Cuando el uso de explosivos sea necesario para la prosecución del trabajo, el Contratista debe ejercer el mayor cuidado para no poner en peligro la vida de personas o propiedades; y cuando fuere ordenado por el Delegado Residente, el número y tamaño de las cargas deben reducirse. El Contratista debe cumplir con todas las leyes, reglamentos y disposiciones sobre la materia y pagar todos los gastos que se deriven de la adquisición y uso de explosivos.

108.16 Responsabilidad por daños y reclamos. El Contratista en su condición de patrono único, debe cumplir con todas las disposiciones del Código de Trabajo, demás leyes de la República de Guatemala y de los documentos contractuales e indemnizar y dejar a salvo al Estado, sus funcionarios y empleados, de cualesquiera juicios, demandas o reclamos por cualquier daño o perjuicio que ocasione a cualquier persona o propiedad durante la ejecución de la obra contratada.

108.17 Seguros. El Contratista deberá indemnizar y eximir al Estado, sus oficiales y sus empleados, de todos los juicios, demandas o reclamaciones presentadas por lesiones o daños recibidos o sufridos por cualquier persona, personas o propiedad a causa de las operaciones del Contratista o debido a la negligencia en la ejecución del contrato. Hasta que el Ingeniero determine, de manera satisfactoria que el Contratista y subcontratistas, cuando se aplique, están cubiertos por los seguros que se especifican a continuación, el Estado podrá retener del Contratista aquellas sumas que crea necesarias para proteger el interés público. La cobertura del seguro en las cantidades que se establecen no releva al Contratista de responsabilidad en exceso a dicha cobertura.

- (a) **Seguro por lesiones y muerte accidental de sus trabajadores.** Las bases de cada licitación deben fijar el monto total del Seguro de Indemnización por Lesiones y Muerte Accidental para los trabajadores del Contratista que se deberá adquirir, y para el efecto se establecerá un Renglón para su pago.
- (b) **Seguro responsabilidad civil ante terceros, que incluye lesiones corporales y muerte accidental y daños a la propiedad.** El Contratista deberá obtener y mantener a su costo, hasta la aceptación final del trabajo, un seguro de este tipo.
- (c) **Seguro del subcontratista.** Si cualquier parte del trabajo es subcontratada, se tienen que prever seguros similares por o en nombre de los subcontratistas, para cubrir sus operaciones.

Si los seguros del Contratista no cubren los trabajos subcontratados, en caso de que estos sean autorizados, debe presentar seguros adicionales con ese fin, en iguales condiciones a los ya requeridos al Contratista. Todos los seguros deben mantenerse en vigencia hasta la fecha límite que estipula la ley de la materia salvo los que cubren las operaciones de subcontratistas, que deben estar en vigor mientras duren los trabajos de éstos.

Todas las pólizas deben restituirse inmediatamente a la cantidad inicial completa, en caso de que la Aseguradora pague cualquier suma por ellos cubierta.

108.18 Reporte de accidentes y daños. El Contratista deberá mantener un archivo exacto de todos los accidentes que surjan durante la ejecución del Contrato, que resulte en muerte, enfermedad ocupacional, lesión incapacitante permanente o daño a la propiedad privada. El Contratista debe notificar por escrito al Delegado Residente, de cualquier accidente que involucre pérdida de vida humana, lesiones graves, daños a la propiedad u obstrucción al tránsito público, quién lo comunicará al Ingeniero.

108.19 Responsabilidad del contratista por el trabajo. Hasta la recepción del tramo o del Proyecto, según sea el caso, el Contratista será responsable del trabajo a su cargo, y deberá tomar todas las precauciones contra daños de cualquier parte del mismo, debido a la acción de los elementos o por cualquier otra causa; bien sea originada por la ejecución o la falta de ejecución del trabajo.

El Contratista deberá reconstruir, reparar, reponer y responder por todos los daños que sufra cualquier parte de la obra, antes de la recepción del tramo o de la totalidad de la obra, según sea el caso, y correrá por su cuenta el costo de éstos, con excepción de daños a la obra que se deban a actos naturales, específicamente: terremoto, marejada, tornado, huracán, u otros fenómenos causados por cataclismos de la naturaleza.

El Contratista deberá conservar en una condición aceptable de desarrollo, los plantíos recién establecidos, semilleros y zonas cubiertas de césped, que estén incluidas bajo el contrato, y deberá tomar las precauciones adecuadas para proteger el crecimiento de nuevos árboles y otros desarrollos de vegetación, contra cualquier daño, a sus expensas.

En caso de suspensión del trabajo, el Contratista deberá proveer el drenaje adecuado, construir cualquiera estructura provisional que fuese necesaria y colocar avisos u otras facilidades, a su costo.

El Contratista será responsable de mantener aquellas partes de la carretera necesarias para acomodar el tránsito público, de acuerdo con lo indicado en la Sección 155.

SECCIÓN 109

PROSECUCIÓN Y PROGRESO

- 109.01 Subcontratos.
- 109.02 Progreso del trabajo.
- 109.03 Limitación de las operaciones.
- 109.04 Aptitud de los trabajadores.
- 109.05 Registro de planillas.
- 109.06 Suspensión de la ejecución de la obra.
- 109.07 Cómputo del plazo contractual para la terminación de la obra.
- 109.08 Sanciones por retraso.
- 109.09 Rescisión del contrato por incumplimiento del contratista.
- 109.10 Ejecución de la fianza
- 109.11 Terminación del contrato por causas de fuerza mayor o derecho a suspensión de trabajos por el contratista.

109.01 Subcontratos. El Contratista solamente podrá subcontratar partes determinadas de la obra, cuando esté estipulado en el contrato y obtenga autorización por escrito de la autoridad superior de la DGC. Los subcontratistas deberán estar inscritos en el RGAE y no estar comprendidos en ninguna de las prohibiciones establecidas en la Ley de Contrataciones del Estado. Para ese efecto, el Contratista debe someter, con la solicitud respectiva, un proyecto del subcontrato, el cual, al ser aprobado, debe celebrarse en escritura pública. El Contratista debe presentar las copias, que le sean requeridas, del subcontrato. En los Contratos que celebre El Estado, por medio de sus entidades centralizadas o descentralizadas, que no provengan de procedimientos que determina la Ley de Contrataciones del Estado, o en las que el ente administrativo actúe como sujeto de derecho privado, se aplicarán las normas del derecho común.

Ningún subcontrato crea una relación contractual entre los subcontratistas y el Estado. El Contratista tendrá la responsabilidad y obligaciones por cualquier acción o falta de acción de un subcontratista.

109.02 Progreso del trabajo. El Contratista iniciará la obra, dentro del tiempo establecido en el contrato y proveerá suficiente personal y equipo para llevar a cabo el trabajo y asegurar la terminación de la obra dentro del plazo contractual.

El tiempo contractual comenzará a contarse a partir del día siguiente en que el Contratista reciba la notificación y transcripción del Acuerdo de aprobación del Contrato, o de acuerdo con lo que establezca el contrato correspondiente.

El Contratista debe presentar con su oferta un Programa de Trabajo, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 102.12, el que se utilizará para el control de progreso de los dos primeros meses, tiempo que debe aprovechar para organizarse; establecer sus campamentos, talleres y demás instalaciones; hacer

todas las exploraciones de los bancos de materiales que se proponga usar y ejecutar todos los trabajos que sean posibles de los renglones contratados. El Contratista debe elaborar basado en el Programa presentado con su oferta, un Programa de Trabajo detallado, tal como se indica en la Sección 154, el que deberá ser aprobado y entrará en vigor a partir del tercer mes de haber iniciado los trabajos. Este Programa debe comprender detalles sobre cantidades programadas, montos en quetzales, monto correspondiente a la estimación periódica, montos acumulados y porcentajes de estos dos últimos montos con relación al monto contratado de la obra. Si en el contrato, en las Disposiciones Especiales o en los planos, se estipula el orden en que el Contratista debe ejecutar las diferentes etapas de la obra, éste elaborará dicho Programa de conformidad con esas indicaciones.

Cuando en el Contrato, los planos o Disposiciones Especiales, se estipule determinada secuencia para la ejecución de los trabajos, el Contratista debe respetar dicha secuencia al elaborar su programa de trabajo. En caso contrario, se respetará la secuencia de operaciones propuesta por el Contratista en su programa de trabajo.

El programa de trabajo deberá estar en forma de una gráfica de progreso con una escala conveniente para indicar, apropiadamente, el por ciento de trabajo programado para completarse para una fecha dada durante el período.

El incumplimiento del Contratista en mantener los programas de trabajo y gráficas de progreso, será considerado justificación para retener los pagos de las estimaciones de trabajo.

En caso de que se detenga el desarrollo de la obra, por cualquier razón, el Contratista deberá notificar al Delegado Residente por lo menos 24 horas antes de reanudar las operaciones.

Si el Contratista no cumple con presentar para su aprobación el Programa de Trabajo detallado, dentro de los dos meses citados y en la forma descrita, el Delegado Residente recomendará al Ingeniero que no se autorice ningún documento de pago, sino hasta que dicho Programa esté presentado por el Contratista, para su aprobación.

Si las operaciones del Contratista fueren materialmente afectadas por cambios en los planos, Especificaciones o en las cantidades de trabajo, o si éste ha dejado de cumplir con el Programa de Trabajo aprobado, debe presentar al Delegado Residente un Programa de Trabajo revisado, en el que indique cómo se propone llevar a cabo el resto del trabajo. El Delegado Residente requerirá al Contratista este Programa revisado, cuando sea necesario, quien debe presentarlo dentro de los 10 días calendario siguientes a la fecha del requerimiento.

El Contratista empleará todos los medios a su alcance para llevar a cabo el progreso de la obra, de conformidad con lo indicado en el Programa de Trabajo en vigor. Si el Contratista se atrasa en dicho progreso, hará todo lo necesario para mejorarlo y en caso de dejar de hacerlo así, el Delegado Residente puede requerir el incremento de cualquiera o de todos sus trabajos, turnos, días de trabajo, equipo y plantas de construcción, con el fin de mejorar el adelanto de la obra en la forma exigida en el Programa, todo sin costo adicional para el Ministerio. Si el Contratista deja de suministrar equipo suficiente y apropiado, maquinaria, materiales o personal para la prosecución adecuada de los trabajos, el Delegado Residente recomendará al Ingeniero las medidas que a su juicio deban tomarse.

El Contratista notificará por escrito al Delegado Residente, con 5 días de anticipación, la fecha en la cual se propone comenzar cualquier parte importante de la obra.

Si el retraso por causas imputables al contratista persiste durante 3 meses consecutivos y a juicio del Delegado Residente existe una evidente tendencia a no poder cumplir con la entrega de la obra, podrá recomendar al Ingeniero que se tomen medidas

más drásticas, tales como las que se estipulan en la Especificación 109.09.

Cuando el cambio de Planos, Especificaciones o cantidades de trabajo afecten la fecha de terminación de la obra, el Contratista, presentará un nuevo programa de trabajo y se le otorgará una prórroga al plazo contractual.

109.03 Limitación de las operaciones. El Contratista debe ordenar sus operaciones en una forma tal que, al trabajar en una sección de la obra, no implique abandono de otra ya comenzada y mantener la obra en tales condiciones, que permita el paso del tráfico vehicular adecuadamente en cualquier momento.

El Contratista será responsable de cualquier daño ocasionado por él o por sus empleados, a la obra que esté ejecutando otro Contratista.

No se operará equipo pesado tan cerca de las estructuras, que pueda ocasionarles desplazamientos o daños.

En general, todos los trabajos se llevarán a cabo durante las horas diurnas hábiles. En operaciones especiales, el trabajo nocturno puede hacerse si éste es autorizado por el Delegado Residente.

Las limitaciones en las operaciones del Contratista deberán ser específicas para los renglones de trabajo. El Contratista podrá ser requerido para que complete una sección en la cual el trabajo esté en progreso, antes de que comience cualquier otra sección, cuando la apertura de una nueva sección sea esencial para la conveniencia del público.

La Supervisora y el Contratista deben llegar a un acuerdo cuando las limitaciones se originen en condiciones del tiempo, problemas del derecho de vía, derrumbes o problemas con materiales.

109.04 Aptitud de los trabajadores. Siendo el Contratista el directamente responsable de las relaciones laborales con sus trabajadores, corresponde a él calificar la aptitud de los mismos y no permitir que se comporten en forma irrespetuosa en el trabajo o contraviniendo cualquier disposición del Código de Trabajo.

El Contratista deberá emplear, en todo momento, personal competente y deberá proveer mano de obra y equipo adecuado para llevar a cabo el trabajo hasta su término total en la forma y tiempo requerido por las especificaciones.

Todos los trabajadores deberán tener suficiente habilidad y experiencia para desempeñar su trabajo. Los trabajadores responsables de tareas especiales tienen que tener suficiente experiencia en el manejo del equipo para desempeñar su trabajo satisfactoriamente.

En caso de que el Contratista no acate la orden de remover a cualquier empleado del trabajo cuando sea requerido o en proveer personal apto y suficiente, y equipo para proseguir debidamente con la obra, el Delegado Residente, bajo su entera responsabilidad, podrá suspender el trabajo, mediante aviso escrito, hasta que se acaten tales órdenes.

109.05 Registro de planillas. Los registros de planillas del Contratista deben estar a disposición del Delegado Residente y de cualesquiera otros representantes autorizados del Ministerio y demás autoridades facultadas para ello, de conformidad con la ley.

109.06 Suspensión de la ejecución de la obra. El Delegado Residente podrá, mediante orden escrita, suspender la ejecución del trabajo, en forma total o parcial, por períodos que considere necesarios en los siguientes casos:

(a) Debido a condiciones del tiempo o del suelo que se consideren inapropiados para continuar el trabajo o,

(b) Por fallos del Contratista en:

(1) No corregir condiciones inseguras para los trabajadores y el público en general, que hayan sido debidamente notificadas por escrito y se le haya estipulado un plazo perentorio para su corrección.

(2) No llevar a cabo órdenes dadas por el Delegado Residente; o

(3) No cumplir con cualquiera de las disposiciones del contrato.

En cualquier caso, la suspensión será acordada por medio de acta, indicando las razones que la motivaron y la duración del período de suspensión.

Así mismo, cuando hayan desaparecido las causas de la suspensión y el Ingeniero lo autorice, el Delegado Residente levantará nueva acta para la reiniciación de los trabajos, haciendo constar la desaparición de las causas que la motivaron y el cómputo del tiempo contractual, incluyendo el adicional, cuando proceda.

En caso de suspensión, el Contratista debe almacenar debidamente los materiales y tomar las precauciones necesarias a fin de evitar cualquier daño o deterioro al trabajo efectuado, proporcionar el drenaje adecuado de la carretera, construir las estructuras temporales donde se le indique y mantener la carretera como se indica en la Especificación 155.07.

No se hará ningún ajuste de costo ni extensión de tiempo por suspensiones de trabajo hechas bajo el literal (b) arriba indicado. Sin embargo, si la suspensión proviene de un error de La Supervisora, deberán compensarse al Contratista los costos por la suspensión del trabajo, extendiéndose el plazo contractual por el tiempo afectado.

La suspensión del trabajo en algunos, pero no en todos los puntos, será considerado Suspensión Parcial. Trabajos de naturaleza de emergencia ordenados para la conveniencia del tránsito público y operaciones menores que no sean afectadas por, o conectadas con la causa de la suspensión, podrán ser llevadas a cabo durante un período de suspensión, si lo permite el Delegado Residente.

109.07 Cómputo del plazo contractual para la terminación de la obra. Para el cómputo del plazo contractual debe tomarse en cuenta lo siguiente:

(a) **Principio y terminación del plazo del contrato.**

El plazo contractual principia al día siguiente en que el Ministerio le entregue al Contratista, por medio de acta, la notificación y la transcripción

del acuerdo de aprobación del contrato. El Contratista debe comenzar los trabajos dentro de los 15 días calendario siguientes a la fecha en que se le entregue la notificación y la transcripción mencionada; siendo el propósito de esos días el de establecer la fecha límite en la que el Contratista debe comenzar los trabajos y no para fijar el comienzo del plazo del contrato.

En algunas obras complejas, puede en el contrato estipularse otra fecha en que comenzará el plazo contractual.

El Contratista debe entregar total y satisfactoriamente terminada la obra contratada, de conformidad con los términos del contrato y dentro del período de tiempo estipulado en el mismo.

(b) Extensión de tiempo. La DGC, a solicitud del Contratista y por el conducto que se indica en el siguiente párrafo, puede otorgar extensión de tiempo o prórroga al plazo contractual, por causas fortuitas o de fuerza mayor, por aumento de las cantidades de trabajo originalmente contratada, por cambios en los planos o Especificaciones, o por suspensiones de trabajo debidas a otras causas no imputables a El Contratista.

La solicitud de extensión de tiempo debe hacerla el Contratista al Delegado Residente, exponiendo detalladamente las razones que tenga para ello y si fuere pertinente acompañará las pruebas que justifiquen la solicitud. El Delegado Residente la elevará a la consideración del Ingeniero, exponiendo sus recomendaciones y justificándolas con documentos y actas que se hayan suscrito, quien a su vez la enviará al Director para su resolución, quien lo notificará al Ministerio, dentro de los 8 días hábiles siguientes, en todo caso para cualquier prórroga al plazo contractual, el contratista deberá actualizar y someter para su aprobación, un nuevo programa de trabajo del proyecto.

El tiempo real de ejecución de la obra estará conformado por el plazo contractual de ejecución

más las ampliaciones o prórrogas autorizadas, si las hubiere.

El Director no otorgará ninguna extensión de tiempo del plazo de ejecución de las obras, cuando la demora o suspensión de trabajo, se deban a causas imputables al Contratista.

(c) Constancia mensual de días calendario pendientes. El Delegado Residente debe hacer constar en el acta de cada estimación mensual, el número de días calendario trabajados y los que quedan pendientes para la terminación del contrato, incluyendo cualquier extensión de tiempo autorizada por el Director. Si el Contratista tuviera alguna objeción al respecto, lo hará del conocimiento del Delegado Residente para su consideración y así se hará constar en el acta citada. En caso de estar en trámite una prórroga del plazo justificada, es factible el cobro y no se hará deducción alguna en el Acta de Estimación.

109.08 Sanciones por retraso. Si el Contratista, por causas imputables a él, no entrega los trabajos total y satisfactoriamente terminados dentro del plazo de ejecución estipulado en el contrato, y sus ampliaciones debe pagar al Estado en concepto de sanción pecuniaria por cada día calendario de retraso en la entrega de la obra, la cantidad o porcentaje con respecto al monto total del contrato, que se estipule en las Bases de Licitación o el Contrato, de conformidad con la Ley.

Si el Estado considera necesario establecer otras sanciones pecuniarias en alguna obra especial, deben estipularse explícitamente en las Bases de Licitación.

En los contratos que requieran una sanción mensual por subejecución, se aplicará cuando la ejecución real acumulada, sea menor que la programación acumulada a ese período.

109.09 Rescisión del contrato por incumplimiento del contratista. El Estado puede sin responsabilidad alguna, dar por terminado el derecho del Contratista para proseguir la ejecución de la obra contratada, por las causas señaladas en las leyes de la República y específicamente, por las siguientes:

- (a) Si el Contratista no principia los trabajos dentro del término estipulado en la Especificación 109.07(a).
- (b) Si el Contratista reiteradamente no cumple con la obligación de mantener en el lugar de los trabajos el suficiente personal, maquinaria, equipo, materiales y fondos necesarios para cumplir con el Programa de Trabajo aprobado en vigor, y que por ello no se garantice la terminación de la obra en el plazo contractual o sus prórrogas autorizadas. Si como resultado de ello no ejecuta los trabajos en forma adecuada, interrumpe la construcción de la obra o por éstas u otras causas no ejecuta el trabajo en forma aceptable y diligente, o se vuelve insolvente, y ello afecte en cualquier forma la satisfactoria prosecución de la obra.
- (c) Si el Contratista es declarado en quiebra.
- (d) Si se le embargare la maquinaria, equipo, fondos, implementos y materiales que usa en la obra o cualquier suma que deba pagársele por trabajo ejecutado, siempre que el monto del embargo le impida cumplir con sus obligaciones.
- (e) Si no presentare los seguros o fianzas a que está obligado conforme el contrato.
- (f) Si cometiere serios actos dolosos o culposos en perjuicio del Estado, o en perjuicio de la ejecución de los trabajos contratados, a juicio y calificación del Ministerio.
- (g) Si dejare de cumplir con cualesquiera de las obligaciones que contrae en el contrato.
- (h) Si el Contratista rehusare proseguir o dejare de ejecutar el trabajo, parcial o totalmente, con la diligencia necesaria para cumplir con el Programa de Trabajo aprobado y asegurar su terminación dentro del plazo contractual o cualquier extensión de tiempo que le haya sido autorizada por la DGC.

109.10 Ejecución de la fianza. Ejecución de la fianza, seguro de caución o garantía que corresponda. En caso de incumplimiento de las obligaciones del

Contratista se procederá de la siguiente forma:

- (a) Agotar la fase conciliatoria:
 - (1) En caso de incumplimiento de las obligaciones contractuales por parte del Contratista y previo a ejecutar la garantía de cumplimiento, la DGC notificará al Contratista y a la Entidad Aseguradora los incumplimientos contractuales, fijando un plazo para que se pronuncie y resuelvan los incumplimientos.
 - (2) El Contratista en respuesta al aviso enviado por la DGC derivado de los incumplimientos contractuales, puede presentar las justificaciones y documentos correspondientes.
 - (3) El Director de la DGC nombrará una comisión técnica integrada por un mínimo de tres (3) personas idóneas, según la clase de incumplimientos, con quienes debe colaborar la Supervisora. La Comisión analizará las justificaciones y documentos emitidos por el Contratista y establecerá si los incumplimientos contractuales son o no responsabilidad del Contratista, emitiendo el informe correspondiente.
 - (4) Con base en el informe emitido por la Comisión, El Director notificará al Contratista y a la Entidad Aseguradora para tratar de solucionar el o los incumplimientos de común acuerdo y se suscribirá el Acta correspondiente.
- De no llegar a un acuerdo conciliatorio, se hará constar en el Acta Administrativa que se suscriba y se procederá de la forma siguiente:
- (b) La DGC acompañará certificación del Acta Administrativa donde da por agotada la fase conciliatoria y emitirá el informe circunstanciado a el Ministerio, con la recomendación de las acciones a tomar, adjuntando los documentos que demuestren los incumplimientos y lo actuado. El Ministerio dará audiencia a la Entidad Aseguradora, al

Contratista y a quienes corresponda por un plazo común de diez (10) días hábiles, para que se pronuncien acerca del informe de incumplimiento y documentos presentados por la DGC y aporten elementos que sirvan de apoyo a sus argumentos. El Ministerio, dentro de diez (10) días hábiles siguientes de vencido el plazo otorgado hayan o no evacuado la respectiva audiencia, El Ministerio emitirá resolución teniendo por desvanecidas las indicaciones de incumplimiento o declarando la existencia de incumplimientos y procederá a la ejecución de la Garantía de Cumplimiento.

- (c) En este último caso, fijará a la Entidad Aseguradora, el improrrogable plazo de diez (10) días hábiles para que se haga efectiva la fianza, seguro de caución o la garantía que corresponda y se dará por terminado el contrato. La totalidad de los fondos garantizados podrán ser utilizados por El Ministerio en la forma que estime conveniente para completar la obra.

109.11 Terminación del contrato por causas de fuerza mayor o derecho a suspensión de trabajos por el contratista. Pueden presentarse los tres casos siguientes:

- (a) El contrato podrá ser cancelado por el Estado, por causas de fuerza mayor que a su juicio así lo justifiquen. En tal caso el Estado pagará al Contratista una compensación justa y equitativa, convenida de mutuo acuerdo. Si no llegaren a un acuerdo sobre el monto de dicha compensación, el Estado pagará al Contratista una cantidad igual a:

- (1) El valor del trabajo terminado o en proceso de terminación, según lo certifique el Delegado Residente, menos los pagos efectuados previamente y menos el valor de cualquier reclamo que el Estado pudiera tener contra el Contratista, con base en el contrato; y
- (2) Un pago equitativo por los gastos incurridos por el Contratista, que no hayan sido pagados a causa de la terminación del contrato, pero

sin tomar en cuenta ningún margen por concepto de ganancias precalculadas sobre el trabajo no ejecutado.

En ningún caso la suma de los pagos indicados en (1) y (2), debe exceder del monto total expresado en el contrato y las ampliaciones autorizadas.

- (b) El Contratista puede solicitar: la cancelación del contrato, o la suspensión temporal de los trabajos correspondientes, sin responsabilidad alguna de su parte, en ambos casos, si el Estado retrasare los pagos a que se refiere el contrato, por el término de 30 días hábiles o más, a contar de la fecha de presentación al Ingeniero de toda la documentación necesaria para el pago. Se exceptúan los casos en que la falta de pago se deba a la circunstancia de que el Contratista no haya hecho efectivas las sanciones por demora que tenga pendientes; o porque no esté solvente con los pagos que como patrono le corresponda hacer. Vencido el término de 30 días hábiles, el Contratista comunicará por escrito al Director, su intención de dar por terminado el contrato o de suspender los trabajos; y si dentro de un plazo de 15 días hábiles después de haber entregado dicho aviso, el Estado no ha pagado al Contratista o lo que se establezca en las bases de licitación, éste puede solicitar la cancelación del contrato y que se le compense conforme lo indicado en (1) y (2) del inciso (a) anterior o suspender los trabajos y que se le compense conforme al inciso (c) siguiente.
- (c) En caso de que el Contratista hubiere optado por la suspensión temporal de los trabajos y el motivo de dicha suspensión sea subsanado, el término fijado para la terminación de la obra se prorrogará automáticamente, por igual número de días que haya durado la suspensión temporal de la misma; y se pagará al Contratista, por: todos los gastos de mantenimiento de la obra y de la vigilancia de sus instalaciones, renta del equipo que estaba trabajando al momento de la suspensión y que permanezca en la obra; primas adicionales por la prórroga de la fianza de cumplimiento y seguros, que por esta causa

tuviera que pagar; así como aquellos gastos adicionales debidamente comprobados, que origine la suspensión temporal de la obra. Este pago se hará al Contratista, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

- (d) El Contratista también puede solicitar la terminación prematura del Contrato en caso de incumplimiento del Estado a sus obligaciones, tales como proporcionar el Derecho de Vía, decisiones tardías, tardanza en corregir subdiseños, etc., que impidan al Contratista el cumplimiento continuo de sus obligaciones por Mora del Estado.

SECCIÓN 110 MEDIDA Y PAGO

- 110.01 Medida de cantidades.
- 110.02 Alcance de los pagos.
- 110.03 Pagos por fluctuación de cantidades de trabajo.
- 110.04 Aumentos en más del 25% en las cantidades de los renglones.
- 110.05 Disminuciones mayores del 25% en las cantidades de los renglones.
- 110.06 Compensación por renglones eliminados.
- 110.07 Compensación por cambios en los planos o especificaciones.
- 110.08 Compensación por causas de fuerza mayor.
- 110.09 Compensación por fluctuación de costos en los materiales.
- 110.10 Compensación por aumentos en el costo de la mano de obra.
- 110.11 Trabajo por administración.
- 110.12 Control de costos para trabajo por administración.
- 110.13 Estimaciones periódicas y pagos parciales.
- 110.14 Liquidación y pago finales.

110.01 Medida de cantidades. Esta Sección contiene normas generales para la medida y pago. En cada Sección de estas Especificaciones, que rige a los diferentes trabajos a ejecutarse, se establecen normas especiales de medida y pago para cada trabajo específico y éstas prevalecen sobre las normas generales que aquí se describen.

En las Secciones de estas Especificaciones que rigen la ejecución de los diferentes trabajos, las unidades de medida y otros datos técnicos, aparecen indicados en el sistema internacional de unidades (SI). Mientras el uso de este sistema se generalice en la práctica de la construcción de carreteras, algunas dimensionales se indicaron, entre paréntesis, en el sistema inglés.

En todo Renglón de trabajo, para cada Estimación, se deben medir las cantidades realmente ejecutadas, excepto cuando se trate de un Renglón cuyo pago sea basado en suma global, en cuyo caso se estimará lo ejecutado basado en porcentaje. En la liquidación final se hace una revisión de los cálculos y de las medidas parciales de todos los renglones de trabajo.

En general, los métodos de medida y cálculo para determinar las cantidades de materiales suministrados y las del trabajo ejecutado de conformidad con los documentos contractuales, deben ser los normalmente reconocidos conforme a la buena práctica de Ingeniería.

Cuando la unidad de medida de un trabajo sea por metro cuadrado, las medidas longitudinales se harán paralelamente ajustadas a la superficie terminada de dicho trabajo; sin embargo, cuando este procedimiento de medida fuera excesivamente laborioso, las medidas podrán hacerse horizontalmente, de común acuerdo entre el Delegado Residente y el Contratista. Las medidas transversales serán las dimensiones exactas

mostradas en los planos o las medidas reales hechas conjuntamente, paralelas a la superficie terminada del trabajo, las que sean menores, salvo cuando el Delegado Residente ordene por escrito otras dimensiones. Cuando la unidad de medida sea por hectárea, todas las medidas para el cálculo se tomarán horizontalmente.

Para la medida de estructuras, las dimensiones serán las líneas exactas mostradas en los planos o en las modificaciones aprobadas a los mismos.

Cuando los materiales sean medidos en metros cúbicos “volumen suelto” en el vehículo, éste último debe ser cubicado previamente por el Delegado Residente y el volumen será controlado en el punto de entrega en la carretera, salvo que se estipule de otra manera en la Sección respectiva de estas Especificaciones o en las Disposiciones Especiales.

Los camiones utilizados para el acarreo de material que se pague por su peso serán pesados vacíos periódicamente, a menos que se especifique de otra forma, y en los momentos que el Delegado Residente lo ordene. Cada camión deberá mostrar una señal de identificación claramente visible.

Para el cálculo de volúmenes de excavación, debe usarse el método de promedio de áreas extremas u otro que sea aceptable para ambas partes y sea aprobado por el Delegado Residente.

Cuando se use el sistema internacional de medidas (SI), la tonelada será de 1,000 kilogramos. Cuando se use el sistema inglés la tonelada será de 2,000 libras (907.18 kilogramos), y el galón será del tipo Estados Unidos de América (3.785 litros). Todos los materiales que son medidos o proporcionados por peso deberán ser pesados en básculas u otros equipos aprobados para pesaje.

110.02 Alcance de los pagos. En los renglones de contrato basados en costo unitario, se pagará

al Contratista la cantidad de trabajo realmente ejecutada de acuerdo con los Planos, Especificaciones, Contrato y demás documentos que forman parte del mismo, con base en las medidas hechas conjuntamente, entre el Delegado Residente y el Contratista. En renglones basados en suma global, el pago se hará por la unidad completa, pudiendo hacerse pagos parciales, a medida que la obra se vaya completando, basándose en porcentajes estimados, de común acuerdo entre ambas partes. Tanto en los renglones de costo unitario como en los de suma global, dichos costos incluirán la compensación total por todo el trabajo especificado en la Sección de estas Especificaciones a que corresponda cada Renglón, incluyendo toda la mano de obra, materiales, herramientas, maquinaria, equipo e imprevistos necesarios, para la correcta terminación del trabajo, tal como está especificado en los demás documentos contractuales.

Se prohíbe terminantemente al Delegado Residente autorizar pagos anticipados de trabajos futuros.

Cualquier trabajo cuya ejecución pueda estar comprendida dentro del alcance de más de un Renglón de contrato, para efectos de pago, debe definirse con cargo a uno de ellos, de común acuerdo entre el Delegado Residente y el Contratista, salvo que esté indicado en otra forma en las Disposiciones Especiales, en los planos o en otra Sección de estas Especificaciones.

Pagos parciales podrán hacerse por materiales disponibles a ser incorporados en la obra, siempre que los materiales cumplan con los requisitos del contrato y estén entregados o almacenados en el proyecto.

Los pagos parciales no podrán exceder del 40 por ciento del costo del Renglón contratado.

La aprobación de pago parcial por materiales almacenados no constituye una aceptación final de dichos materiales.

Se efectuará pago por plantas vivientes o perecederas hasta que hayan sido sembradas.

Adelante se describen los casos, en que, por razones especiales, se consideran compensaciones o ajustes a los pagos estipulados en estas Especificaciones para cada Renglón de contrato.

110.03 Pagos por fluctuación de cantidades de trabajo. La fluctuación en más o en menos, de las cantidades de trabajo de un Renglón de contrato, se determina al comparar las cantidades totales de trabajo revisadas o actualizadas de dicho Renglón, con las originalmente contratadas.

Cuando se trate de fluctuaciones que estén comprendidas dentro de un límite no mayor del 40% del valor del contrato, el pago se hará al Contratista por la cantidad de trabajo realmente ejecutada, al costo unitario de contrato. Cuando se trate de aumentos, debe emitirse una Orden de Trabajo Suplementario y para disminuciones, una Orden de Cambio.

110.04 Aumentos en más del 25% en las cantidades de los renglones. Si en un Renglón de contrato, por fluctuaciones sucesivas, la cantidad de trabajo aumenta en más del 25% de la cantidad originalmente contratada, el Contratista o la DGC tienen derecho a negociar un ajuste en el costo unitario original. Este ajuste podrá ser en menos, si el aumento produce una reducción en los costos de producción; o en más, si por circunstancias especiales, por el tiempo de ejecución u otros, dichos costos aumentan. El ajuste del costo unitario se aplicará únicamente a la cantidad que sobrepase del 125% de la originalmente contratada.

Cuando en un Renglón, el aumento en más del 25% de las cantidades de trabajo, no obligue al Contratista a utilizar más recursos de los que tienen asignados en la obra para completarla en el tiempo contractual, la DGC puede requerir del Contratista una disminución en el costo unitario original, tomando en cuenta que: los costos de producción sean menores y que la parte del total de los gastos indirectos, que inicialmente fue cargada a dicho Renglón, ya ha sido recuperada por el Contratista al llegar al 125% de la cantidad originalmente contratada. El ajuste del costo unitario se aplicará

únicamente a la cantidad que sobrepase del 125% de la originalmente contratada.

Cuando el Contratista considere que el aumento del 25% le perjudica económicamente, debe solicitar al Delegado Residente que se negocie un ajuste del costo unitario correspondiente. Para ello debe presentar, junto con su solicitud, el cálculo de los costos que la justifique. Simultáneamente el Delegado Residente debe hacer el cálculo detallado del nuevo costo de dicho Renglón, tomando en cuenta lo indicado en el párrafo anterior, respecto a gastos indirectos.

Tanto los cálculos de costo del Delegado Residente, como los del Contratista, deben ser comparados por el Ingeniero. Si el Contratista tiene costos excesivos, el Ingeniero debe intentar una negociación directamente con el Contratista, para establecer de mutuo acuerdo un costo. Al llegar a un acuerdo, el Ingeniero debe darle trámite al expediente con el nuevo costo unitario para aprobación del Director. En caso contrario debe hacerse otro intento de arreglo, al nivel del Director.

Para hacer efectivo el ajuste de costo que se aplicará a la cantidad que exceda del 125%, debe emitirse un Acuerdo de Renegociación de Costos, debiendo asignarse un número al Renglón modificado que será el mismo número inicial, agregándole una letra distintiva; y el nombre del Renglón se modificará con el adjetivo calificativo “Especial”.

Si no se llegara a un acuerdo respecto al nuevo costo unitario, el trabajo debe completarse por el Contratista como Trabajo por Administración, como se indica en la Especificación 110.11, con carácter de obligatoriedad, con el objeto de completar la obra.

110.05 Disminuciones mayores del 25% en las cantidades de los renglones. Si en un Renglón de contrato, por fluctuaciones sucesivas, la cantidad de trabajo disminuye de tal manera que la cantidad revisada sea menor del 75% de la originalmente contratada, y si el Contratista considera que esta disminución de cantidades le perjudica

económicamente, tiene derecho a negociar una compensación en tal Renglón. Para ello debe presentar al Delegado Residente una solicitud de compensación. Junto con una copia de la misma debe presentar al Ingeniero, el cálculo de los costos que la justifiquen. Simultáneamente el Delegado Residente debe hacer un cálculo detallado de costos de dicho Renglón, relacionado con dicha compensación.

Tanto los cálculos de costos del Delegado Residente, como los del Contratista, deben ser comparados por el Ingeniero, quien determinará la compensación que corresponda. En caso de que el Contratista no esté de acuerdo, se le pagará como compensación única, por este concepto una cantidad igual a: un 25% de la diferencia entre el monto que corresponda al 75% del Renglón originalmente contratado y el monto de lo ejecutado en ese Renglón. Para hacer efectiva esta compensación, debe emitirse un Acuerdo de Cambio por suma global, y no se hará ningún ajuste al costo unitario, por este concepto, para completar el trabajo en este Renglón hasta llegar a la cantidad revisada.

110.06 Compensación por renglones eliminados. Cuando uno o más renglones del contrato, sean totalmente eliminados o cuando uno o más renglones sean total o parcialmente eliminados, en todo caso se emitirá una Orden de Cambio, y el Contratista tendrá derecho a que se le compense, por medio de un Acuerdo de Cambio pagándosele los gastos directos e indirectos en que haya incurrido con respecto al o a los renglones eliminados.

En el caso de los gastos directos, el Contratista debe comprobar fehacientemente y el Delegado Residente certificar que dichos gastos son reales y fueron efectuados antes de la fecha de notificación de la citada eliminación.

Por eliminación parcial, debe entenderse cuando un Renglón es eliminado, habiéndose ejecutado menos del 50% de la cantidad originalmente contratada.

En el caso de que el Contratista hubiera adquirido materiales previamente a la fecha de notificación de la eliminación total o parcial de un Renglón, o

si los pedidos de esos materiales ya no los puede cancelar, el Contratista puede optar entre disponer libremente de ellos o bien requerir que la DGC le haga la compensación tal como se ha indicado anteriormente. En este último caso, los materiales pagados pasan a ser propiedad de la DGC, en el lugar donde se encuentren. Si esta dependencia desea que se le entreguen en sus bodegas, se pagará al Contratista por el flete adicional que esto ocasione.

Si los materiales se hubieran fabricado por el propio Contratista, tendrá derecho a que se le paguen los gastos directos, como si su fabricación se hubiera efectuado como trabajo por Administración. En este caso, los materiales también pasan a ser propiedad de la DGC, pudiéndose proceder en lo que a lugar de entrega y flete se refiere, como se indica en el párrafo anterior.

Si los materiales ya adquiridos se devolvieran al proveedor, el Contratista tendrá derecho a que el Estado le pague lo que el proveedor le cobre por retornarle dichos materiales, así como los costos de flete y otros gastos en que se incurra, previa comprobación y certificación del Delegado Residente.

En el caso de los gastos indirectos correspondientes a un Renglón total o parcialmente eliminado, el Contratista tendrá derecho a que se le pague, como compensación, por suma global, en el mismo Acuerdo de Cambio, según el caso, de la manera siguiente:

- (a) **Eliminación total.** Con una cantidad igual al 20% del monto total originalmente contratado, de un Renglón.
- (b) **Eliminación parcial.** Con una cantidad igual al 25% de la diferencia entre el 50% del monto total originalmente contratado de un Renglón y el monto de lo ejecutado en dicho Renglón.

Cuando renglones de trabajo individuales sean eliminados, el Contratista será compensado por todos los costos directos incurridos antes de la fecha de cancelación de dicho trabajo. La ganancia y los gastos generales de los costos directos serán incluidos en la compensación. El pago no incluirá

ninguna asignación por ganancia y gastos generales anticipados. No se harán ajustes en la duración del contrato cuando partidas individuales sean eliminadas.

110.07 Compensación por cambios en los planos o Especificaciones. Si durante la ejecución de una obra, se emite una Orden de Cambio por ser necesario efectuar uno o más cambios a las Especificaciones o a los planos originales que sirvieron de base al Contratista para calcular sus costos de oferta; y si el o los cambios modifican radicalmente las condiciones topográficas, geológicas, estructurales o técnicas existentes antes del cambio; y si el o los cambios obligan al Contratista a usar maquinaria, equipo o materiales, distintos a los previstos originalmente; y si el Contratista considera que el o los cambios le perjudican económicamente, tendrá derecho a solicitar al Delegado Residente, que se negocie un ajuste de costo unitario en el o los renglones involucrados en el, o los, cambios. Si tal ajuste se llevara a efecto, debe entenderse que es exclusivamente por la cantidad de unidades de pago de cada Renglón, afectadas por el o los cambios.

Para determinar si procede o no un ajuste, el Contratista debe adjuntar a su solicitud, el cálculo de costos que lo justifique. Simultáneamente, el Delegado Residente debe hacer un cálculo detallado de costos, según las condiciones del cambio y elevar ambos estudios a la consideración del Ingeniero, emitiendo opinión.

Tanto los cálculos de costos del Delegado Residente como los del Contratista, deben ser comparados y estudiados por el Ingeniero, quien decidirá si procede o no el ajuste solicitado. En caso afirmativo y si el Contratista tiene costos excesivos, el Ingeniero debe intentar una negociación con el Contratista para llegar mutuamente a un acuerdo de costos. Al llegar a un acuerdo, el Ingeniero debe tramitarlo para la aprobación del Director; en caso contrario, debe hacerse otro intento de negociación al nivel del Director.

Para hacer efectivo el convenio a que se haya llegado, debe emitirse un Acuerdo de Renegociación de Costos, aplicando los nuevos

costos exclusivamente a las cantidades de trabajo involucradas en el cambio en cada Renglón; debiendo darse a estos renglones una nomenclatura similar a la indicada en el penúltimo párrafo de la Especificación 110.04.

Cuando como consecuencia del o los cambios, haya necesidad de efectuar trabajos para los cuales no exista Renglón ni costo establecido en el contrato, debe emitirse un Acuerdo de Trabajo Extra.

En todo caso, si no se llegara a un acuerdo, el trabajo debe efectuarse por el Contratista como Trabajo por Administración, como se indica en la Especificación 110.11.

Si se ajusta uno o más renglones de trabajo por las causas contempladas en esta Especificación serán excluidos de cualquier otro ajuste, de los establecidos en las Especificaciones 110.04, 110.05 o 110.06, si la eliminación fuera como consecuencia del o los cambios.

110.08 Compensación por causas de fuerza mayor. Cuando el Contrato sea cancelado total o parcialmente por causas de fuerza mayor, se procederá de conformidad con la Especificación 109.10.

110.09 Compensación por fluctuación de costos en los materiales. De conformidad con la ley, el Ministerio o la DGC compensarán al Contratista con los ajustes procedentes en cada caso.

110.10 Compensación por aumentos en el costo de la mano de obra. Si después de la fecha de recepción de ofertas, el Estado hiciere cambios en las leyes de trabajo y como consecuencia de ello aumentare los costos de mano de obra del Contratista, se le hará el ajuste correspondiente para compensarle por ello de conformidad con la Ley.

110.11 Trabajo por administración. El trabajo que efectúe el Contratista bajo la base de Trabajo por Administración, lo hará con su personal, maquinaria, equipo, herramientas y materiales. Este trabajo lo ejecutará dentro del tiempo máximo que previamente se fije de mutuo acuerdo con el Delegado Residente,

para su terminación. Para el efecto, debe emitirse un Acuerdo de Trabajo Extra que describa dicho trabajo. El pago se hará en la forma siguiente:

(a) Mano de obra. El Contratista propondrá la lista de los trabajadores y jefes de grupo que vayan a efectuar específicamente los trabajos, así como los salarios que, al momento de autorizarse el Trabajo por Administración, el Contratista tenga en vigor para dicho personal. Los salarios nominales y la lista de trabajadores deben ser aprobados por el Delegado Residente, por escrito, antes de principiar los trabajos. El pago se hará multiplicando el salario nominal de cada trabajador, por un factor que cubre las prestaciones y contribuciones sociales y laborales en vigor. Dicho factor será de 1.82 para trabajos que se ejecuten fuera del Departamento de Guatemala y de 1.87 para los que se efectúen dentro del mismo Departamento. Estos factores deben ser modificados cuando las prestaciones y contribuciones sociales o laborales vigentes, sufran algún cambio.

Al monto que arroje el párrafo anterior se le sumarán los viáticos y gastos de subsistencias de los trabajadores.

El monto total ya afectado por el factor que corresponda, de los indicados en el párrafo anterior, se multiplicará por 1.35, como compensación total por la supervisión general por parte del Contratista y el suministro y reparación de herramienta pequeña usada en el trabajo. El Contratista no recibirá ningún pago para su personal de Administración ni de Supervisión.

(b) Materiales. Por todos los materiales usados en el trabajo, el Contratista recibirá el costo de estos entregados en la obra y aceptados por el Delegado Residente, incluyendo los gastos de transporte y acarreo. Para efectos de pago, el Contratista debe presentar los comprobantes que correspondan. El monto total debe multiplicarse por el factor de 1.25, que cubre los gastos de Administración y Supervisión del Contratista.

(c) **Maquinaria y equipo.** Por cualquier maquinaria y/o equipo, incluyendo camiones, cuyo uso sea autorizado por el Delegado Residente, el Contratista recibirá pago por el valor de la renta, por el tiempo que se necesite para la ejecución del trabajo en forma satisfactoria, hasta su terminación. Esta renta debe ser convenida por escrito, de mutuo acuerdo entre el Delegado Residente y el Contratista, antes de que los trabajos principien, con base en el listado de Costos por Hora de la Maquinaria señalado por la ley, vigente al momento de efectuarse el Trabajo por Administración. La renta de la maquinaria y equipo que sea convenida debe ser aprobada por el Ingeniero y no se multiplicará por ningún factor.

Las tarifas de renta, deben incluir el operador, transporte, aceites, lubricantes, suministros, herramientas pequeñas, piezas necesarias, reparaciones y mantenimiento de cualquier tipo, depreciación, almacenaje y seguros.

El pago de la renta se hará al Contratista, única y exclusivamente por las horas realmente trabajadas, comprobadas y autorizadas por el Delegado Residente.

(d) **Misceláneos.** No se hará ninguna asignación adicional por concepto de superintendencia general, el uso de herramientas pequeñas u otros gastos para los cuales no se hubiese provisto en el presente ninguna asignación específica.

(e) **Subcontratación.** Por gastos administrativos relacionados con trabajos subcontratados aprobados, el Contratista recibirá una cantidad igual al 15 por ciento, del costo total de dicho trabajo, calculando como se establece arriba.

El pago, basado en el porcentaje establecido en los literales anteriores, constituirá la compensación total para todas las partidas de gastos. Si el Trabajo por Administración tiene una duración mayor de un período de pago, en cada estimación periódica se hará un cómputo de la mano de obra, materiales, maquinaria

y equipo, para incluirlo en el pago parcial correspondiente.

110.12 Control de costos para trabajo por administración. El Contratista y el Delegado Residente deben llevar controles diarios de todos los Trabajos por Administración, en formularios especiales aprobados, los cuales deben cotejarse diariamente y serán firmados por ambos, quedándose cada uno con su correspondiente copia.

El Contratista debe proveer al Delegado Residente, de toda la documentación necesaria para que pueda verificar continuamente el costo verdadero del Trabajo por Administración. Para tal efecto, el Contratista mantendrá un detalle completo de costos, especial para el trabajo hecho bajo este sistema.

110.13 Estimaciones periódicas y pagos parciales. Éstos se harán como sigue:

(a) **Estimaciones periódicas.** El Delegado Residente y el Contratista deben preparar de común acuerdo, estimaciones de trabajo, por períodos de un mes como máximo, cuyas fechas serán previamente establecidas en el contrato. Éstas deben prepararse en los formularios correspondientes, levantándose un acta para cada estimación. Las estimaciones se harán dentro de los 5 días hábiles siguientes al final de cada período establecido e indicarán el total de las cantidades de trabajo ejecutado en cada Renglón, el costo unitario contractual o suma global, el monto por Renglón, los trabajos extras efectuados y el monto total acumulado a la fecha de la estimación.

(b) **Pagos parciales.** El Estado hará pagos parciales al Contratista, contra estimaciones periódicas de trabajo realmente ejecutado y que haya sido aceptado de acuerdo con las estipulaciones contractuales.

Previo al pago de cualquier estimación periódica, el Contratista debe comprobar que está al día en el pago del personal de su empresa, por medio de certificación extendida por su contador, y de sus

cuotas laborales y patronales con el IGSS, en el periodo anterior al de la estimación de que se trate.

Los pagos se harán dentro de un plazo de 30 días, contados desde la fecha en que el Ingeniero reciba la documentación de cobro respectiva.

De cada pago parcial se deducirá también, como se establece en la Especificación 103.08, la amortización de anticipo, y otras deducciones por anticipo de materiales si éstos se han otorgado, según se establezca en las Disposiciones Especiales de cada obra.

Los pagos los hará el Estado en quetzales, excepto cuando éste decida hacer pagos en quetzales y en moneda extranjera. Cuando así lo decida, el Estado estipulará en las Disposiciones Especiales, el porcentaje del pago que se hará en quetzales y en moneda extranjera.

110.14 Liquidación y pagos finales. Todas las estimaciones y pagos parciales están sujetos a corrección en la liquidación final.

La liquidación final mencionada en la Especificación 105.14, es la revisión, confrontación y verificación de la obra completa, que lleva a cabo la Comisión Receptora y Liquidadora respecto a cantidades de trabajo realmente ejecutadas y pagos realizados en cada Renglón de contrato, incluyendo las cantidades retenidas y demás documentos de pago que se emitan durante la construcción, haciendo todas las correcciones necesarias con el objeto de preparar un informe pormenorizado, que es el que sirve de base para efectuar el ajuste de pago final al Contratista.

En la liquidación final se deducirán las sanciones por retraso, si las hubiere, ya sea las indicadas en la Especificación 109.08 o las que se hayan establecido en las Disposiciones Especiales.

Al completar la Comisión Receptora y Liquidadora dentro del plazo indicado en la Especificación 105.15, se presentará el Acta de la Liquidación a la Dirección y se proporcionará una copia al Contratista.

Si transcurrido el plazo indicado la Comisión no ha suscrito el acta correspondiente, el contratista puede presentar a la DGC un proyecto de liquidación. La DGC deberá aprobar o improbar la liquidación o el proyecto presentado por el contratista dentro del mes siguiente de recibida la respectiva documentación. Si vencido este plazo no se produce ninguna resolución, con la petición de aprobación presentada por el contratista se tendrá por resuelta favorablemente.

El Contratista firmará la liquidación final cuando le sea presentada por la Comisión Liquidadora, o en caso de inconformidad, presentará por escrito sus objeciones y razones para que la Comisión las analice y resuelva. Si las discrepancias aún subsistieran y ambas partes no llegaran a ponerse de acuerdo, será el Ministerio el que resuelva, sin limitaciones al Contratista de hacer uso de los Recursos Administrativos pertinentes.

El Contratista debe adjuntar a la liquidación, una declaración jurada haciendo constar de que todas sus deudas han sido pagadas y que no tiene juicios pendientes relacionados con el trabajo ejecutado, de conformidad con los términos del contrato.

El pago final, incluyendo las cantidades de ajustes de liquidación, sanciones por retraso o por cualquier otro concepto, establecido por la Comisión Receptora y Liquidadora, se hará al Contratista, al estar aprobado por la DGC el informe de liquidación final.

DIVISIÓN 150
REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO

SECCIÓN 151
MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN

151.01 Descripción.

151.02 Medida

151.03 Pago.

151.01 Descripción. La movilización consistirá en todos los trabajos y operaciones preparatorias que incluirán todo lo necesario para el traslado del equipo al lugar de la obra y todos los trabajos y operaciones que se deban realizar antes de comenzar las actividades en los diferentes renglones establecidos en el Contrato.

La desmovilización es la actividad de retiro del Contratista y de sus recursos del sitio de la obra una vez finalizada y aprobada la misma.

151.02 Medida. La movilización y desmovilización se medirá por Suma Global.

151.03 Pago. El pago de la movilización se hará en forma porcentual a medida que el Delegado Residente certifique el ingreso de las diferentes unidades de equipo en condiciones de trabajo eficiente al proyecto, de acuerdo al listado propuesto en su oferta. No obstante, ello, una condición de pago será la certificación de que el Contratista cuenta con un campamento en el sitio del proyecto, el personal propuesto se encuentre en la obra y los permisos y seguros correspondientes que garanticen el comienzo normal de la obra se encuentren regularizados.

La suma total de los pagos no deberá exceder el 80% de la cantidad contratada bajo el Renglón de Movilización y Desmovilización, mientras que el remanente se cancelará con la finalización y aprobación de la obra.

Cuando este Renglón sea considerado, no se pagará anticipo de obra al proyecto.

Cuando el Contrato no contenga un Renglón para Movilización y Desmovilización, el costo de la misma debe estar incluido dentro de los renglones específicos de trabajo.

SECCIÓN 152
REPLANTEO Y LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO PARA CONSTRUCCIÓN

- 152.01 Descripción.
- 152.02 Replanteo de la línea central.
- 152.03 Levantamientos topográficos para construcción.
- 152.04 Requerimientos del replanteo y levantamiento topográfico.
- 152.05 Medida y pago.

152.01 Descripción. Este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, del equipo necesario y del material para efectuar el levantamiento y replanteo topográfico, así como los cálculos y el registro de datos, para el control del trabajo, lo cual será complementado con enlaces georreferenciados de acuerdo a la normativa vigente.

El personal, equipo y material deberá cumplir con lo siguiente:

- (a) **Personal.** El Contratista debe suministrar cuadrillas de topografía técnicamente calificadas, capaces de ejecutar el trabajo en tiempo y con la exactitud requerida. Siempre que se estén realizando trabajos topográficos de replanteo, deberá estar presente en el proyecto un supervisor calificado para la cuadrilla.
- (b) **Equipo.** El Contratista debe suministrar instrumentos de topografía y equipo de soporte capaces de alcanzar las tolerancias especificadas.
- (c) **Material.** El Contratista debe suministrar herramientas e insumos aceptables del tipo y de la calidad utilizada normalmente en los trabajos de levantamientos topográficos efectuados en carreteras y adecuados para el uso indicado. Debe suministrar estacas y mojones de una longitud tal que provean un empotramiento sólido en el terreno y con un área superficial afuera del terreno suficiente para colocar las marcas legibles necesarias.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

152.02 Replanteo de la línea central. El Personal de la Supervisora colocará las referencias de los puntos de control horizontal y vertical georreferenciados, establecidos en los planos, consistentes en monumentos de concreto y corresponderá al Contratista hacer el replanteo de la línea central en

detalle a cada 20 metros. El Personal de la Supervisora también suministrará los datos a utilizarse en el establecimiento de controles de los principales elementos del proyecto. Para el trazo de curvas horizontales se debe realizar el replanteo a cada 10 metros.

En el lugar de construcción de cada puente o bóveda, el Personal de la Supervisora deberá colocar como mínimo dos monumentos de concreto debidamente georreferenciados y ubicados convenientemente, los que indicarán la exacta localización de la estructura y su elevación (BM).

En adición a la información dada en los planos, el Personal de la Supervisora entregará los datos de rasante, pendientes, etc. El Contratista debe realizar los cálculos adicionales para el uso conveniente de los datos suministrados por el Personal de la Supervisora. El Contratista debe dar aviso al Personal de la Supervisora inmediatamente al notar discrepancias o errores encontrados, así como error o discrepancia en los planos y Disposiciones Especiales para que se resuelva lo procedente.

152.03 Levantamientos topográficos para construcción. El Contratista, con las referencias entregadas por la Supervisora y la información indicada en los planos y programas o archivos computarizados del diseño geométrico, colocará las estacas de construcción. Antes de efectuar un levantamiento topográfico para construcción, el Contratista deberá discutir y coordinar con el Delegado Residente lo siguiente:

- (a) Métodos a utilizar para el levantamiento topográfico.
- (b) Referencias para el replanteo.
- (c) Control de niveles para capas de materiales.
- (d) Control de estructuras.

- (e) Cualquier otro procedimiento y control necesarios para ejecutar el trabajo.

Antes de iniciar los trabajos de construcción, el Contratista deberá notificar al Delegado Residente la falta de puntos de control o referencias. El Delegado Residente restablecerá dichos puntos de control y referencias, antes de que inicie los trabajos de construcción.

El Contratista deberá conservar todas las referencias iniciales y los puntos de control.

Después de iniciar los trabajos de construcción, deberá reponer todas las referencias o puntos de control iniciales que hayan sido destruidas o perturbadas y que sean necesarias para la ejecución del trabajo.

Se deberá efectuar el levantamiento topográfico y establecer controles dentro de las tolerancias mostradas en el siguiente cuadro:

Cuadro 152.01
Tolerancias para los levantamientos y los replanteos topográficos

Descripción puntos de control	Horizontal	Vertical ± 5 mm
Puntos sobre la línea central ⁽¹⁾ (TS), (SC), (CS) y (ST), (PC), (PI), (PT), (POC), (POT) incluyendo referencias, así como (PB)	± 20 mm	± 10 mm
Otros puntos sobre la línea central	± 50 mm	± 100 mm
Puntos de las secciones transversales ⁽²⁾	± 50 mm	± 100 mm
Referencias para el replanteo de estacas de talud	± 50 mm	± 20 mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores de drenaje	± 50 mm	± 20 mm
Muros de retención	± 20 mm	± 10 mm
Subestructuras de puentes	± 10 mm	± 10 mm
Superestructuras de puentes	± 10 mm	± 10 mm
Límites de limpia, chapeo y destronque	± 300 mm	—
Estacas finales para la subrasante de la carretera	± 50 mm	± 10 mm
Estacas finales para la rasante de la carretera	± 50 mm	± 10 mm

(1) Puntos sobre la línea central: TS: Punto de cambio de tangente a espiral, SC: Punto de cambio de espiral a circular, CS: Punto de cambio de circular a espiral, ST: Punto de cambio de espiral a tangente, PC: Principio de curva, PI: Punto de intersección de tangentes cuando se requiere, PT: Principio de tangente, POC: Punto sobre curva, POT: Punto sobre tangente, PB: punto de balance

(2) Obtener las secciones transversales normales a la línea central $\pm 1^\circ$.

Las notas de campo deberán ser presentadas por el Delegado Residente en un formato aprobado. Se deberá suministrar todas las anotaciones topográficas. Se deberán suministrar los cálculos que respalden las cantidades de pago. Todas las anotaciones de campo y los documentos de soporte pasarán a ser propiedad del Estado.

Cuando el replanteo haya sido aceptado, se podrán iniciar las operaciones de construcción.

Los trabajos de levantamiento topográfico para la construcción podrán ser revisados para verificar su exactitud y se podrán rechazar partes inaceptables del trabajo. Se deberá corregir el trabajo que no esté dentro de las tolerancias especificadas en el Cuadro 152.01. La aceptación del levantamiento topográfico para la construcción no exime al Contratista de la responsabilidad de corregir errores descubiertos durante la ejecución del trabajo y de cubrir todos los costos adicionales causados por dicho error.

Todo levantamiento topográfico para medida y pago será hecho conjuntamente por la Supervisora y el Contratista, los cuales aprobarán con firma cada hoja de la libreta de campo, las secciones y los cálculos analíticos de cada área topográfica que pueda contabilizarse, cuando se usen equipos tradicionales.

152.04 Requerimientos del replanteo y levantamiento topográfico. Esta actividad la efectuará el Contratista con la supervisión del Delegado Residente, el cual avalará lo realizado.

(a) Puntos de control. El Contratista podrá trasladar las referencias iniciales de control horizontal y vertical que interfieran con la construcción a lugares que no serán perturbados por las operaciones de construcción. El Contratista deberá suministrar al Delegado Residente las coordenadas y las elevaciones de los puntos trasladados antes de perturbar los puntos iniciales.

(b) Secciones transversales de la carretera. Las Secciones Transversales se levantarán conjuntamente por el Contratista y la Supervisora y deberán obtenerse normales a la línea central.

Su espaciamiento no deberá exceder de 20 metros. Cuando haya cambios muy notorios en la conformación del terreno, se tomarán Secciones Transversales adicionales donde el terreno lo requiera. Las Secciones Transversales se deberán tomar en un ancho hasta la intersección del pie o la corona de talud proyectado con el terreno natural. Todas las distancias de las Secciones Transversales deberán ser proyecciones horizontales a partir de la línea central. Para cada sección se levantarán puntos de control en cada punto de ruptura, pero no menos de 5 metros entre ellos.

- (c) Estacas de talud y estacas auxiliares.** Se deberán colocar Estacas de Talud y Estacas Auxiliares a ambos lados de la línea central en las ubicaciones de cada sección transversal. Se deberán colocar Estacas de Talud en los puntos de intersección de la pendiente del talud con la línea del terreno natural. Se colocarán estacas auxiliares del pie de talud afuera de los límites establecidos para la limpia. Toda la información relacionada con las estacas de talud deberá ser incluida en las estacas auxiliares. Las estacas de talud en cualquier sección que no coincidan con el levantamiento topográfico de las tolerancias establecidas en el Cuadro 152.01 deberán ser trasladadas. También se deben colocar estacas indicando los Puntos de Balance del Movimiento de Tierras.
- (d) Límites de limpia, chapeo y destronque.** El Contratista deberá colocar estacas para delimitar los límites de limpia, chapeo y destronque a ambos lados de la línea central en las estaciones de las secciones transversales.
- (e) Restablecimiento de la línea central.** El Contratista deberá colocar estacas de Línea Central, cada 20 metros como mínimo, a partir de las referencias entregadas por la Supervisora y deberá restablecer estas estacas cuantas veces sea necesario para la construcción de la obra.
- (f) Estacas finales para la rasante.** El Contratista deberá colocar estacas finales al nivel de subrasante, a lo largo de la línea central y a ambos

lados de la misma. Deberá colocar estacas en la parte superior de la subrasante y en la parte superior de cada capa del pavimento.

En la intersección de la carretera con otro camino, el Contratista deberá colocar estacas a lo largo de la línea central, de ambos ejes centrales, así como sus correspondientes estacas de los hombros. Cuando existan carriles de aceleración o desaceleración, en igual forma el Contratista deberá colocar estacas de Línea Central de ambos ejes, así como estacas en los límites de los hombros y de acuerdo con sus elevaciones correspondientes. El Contratista deberá colocar estacas en todas las cunetas a ser revestidas.

- (g) **Estructuras de drenaje.** El Delegado Residente ordenará al Contratista hacer el levantamiento topográfico del cauce de la quebrada, así como el de la línea central de la carretera en su intersección con el eje de ésta. Basándose en este levantamiento, la Supervisora autorizará la ubicación y ejecución de la estructura correspondiente.
- (h) **Puentes.** Con base en las referencias entregadas por la Supervisora, el Contratista debe establecer en el campo la localización y ejes de todos los elementos de la subestructura, de acuerdo con lo mostrado en los planos y lo indicado en la Especificación 152.03.
- (i) **Muros de retención.** El Delegado Residente ordenará al Contratista hacer un levantamiento especial para registrar el perfil longitudinal del muro y las secciones transversales con el espaciamiento requerido en toda la longitud que se estime necesario para la localización y cimentación del muro.
- (j) **Bancos de préstamo.** El Contratista deberá efectuar los trabajos especiales para el replanteo inicial y las medidas de los Bancos de Préstamo. Deberá establecer una línea de base referenciada, límites del sitio y límites de limpieza. Asimismo, se deberá efectuar un levantamiento topográfico y se deberá registrar las secciones transversales iniciales y finales.

(k) **Monumentos y marcadores permanentes.** El Contratista deberá efectuar todos los levantamientos topográficos necesarios de los monumentos y los marcadores permanentes, georeferenciados con su postproceso, en la zona geográfica que corresponda, usando los procedimientos de enlace satelital, equipos de georeferenciación y programas específicos, aprobados por el Delegado Residente con la aprobación del Ingeniero.

152.05 Medida y pago. Las mediciones topográficas las efectuará el Contratista bajo la supervisión continua del Delegado Residente, el que aprobará los registros del Levantamiento. No habrá pago alguno por esta actividad.

SECCIÓN 153
SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD
DEL CONTRATISTA

- 153.01 Descripción.
- 153.02 Control de calidad.
- 153.03 Control y aseguramiento de calidad.
- 153.04 Autoridad del delegado residente.
- 153.05 Control del trabajo.
- 153.06 Composición del equipo de control de calidad.
- 153.07 Ejecución del control de calidad.
- 153.08 Procedimientos de control/inspección.
- 153.09 Calificación de personal.
- 153.10 Subcontratos.
- 153.11 Muestreo.
- 153.12 Pruebas de laboratorio.
- 153.13 Registros.
- 153.14 Aceptación del sistema de control de calidad.
- 153.15 Medida y pago.

153.01 Descripción. El Contratista tiene que proveer y mantener un Sistema de Control de Calidad adecuado junto con el personal, equipo, suministros y facilidades necesarias para obtener muestras, realizar pruebas y controlar la calidad del trabajo.

El Contratista proporcionará al Delegado Residente, a los Ingenieros Auxiliares y sus Inspectores, las facilidades para que puedan verificar si el trabajo en ejecución y los materiales que se están utilizando, concuerdan con los planos y las especificaciones. Tal inspección puede abarcar la totalidad o cualesquiera de las partes del trabajo, incluyendo la preparación y fabricación de los materiales que se utilizarán.

El personal de la Supervisora participará en la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo que se efectúen para el Control de Calidad.

Durante la construcción, el Contratista deberá cuidar de no dañar las estructuras que se ubiquen a lo largo del alineamiento, como los estribos de los puentes, estructuras de drenaje, etc., y los daños ocasionados a las mismas, serán entera responsabilidad del Contratista.

153.02 Control de calidad. El Control de Calidad será similar al de tipo industrial, o sea que el propio Contratista con su laboratorio debe controlar y asegurar la calidad de su propia producción y corregirla cuando haya desviaciones de los límites de aceptación, de conformidad con las Especificaciones Generales y Especiales que correspondan.

Tanto el Contratista como la Supervisión llevarán un control ordenado de los ensayos efectuados en laboratorio y en campo, ya sea que los resultados de los mismos sean positivos o negativos.

El Delegado Residente incluirá en los informes mensuales el listado de los resultados de los diferentes

ensayos efectuados con sus respectivas observaciones y comentarios.

Sin embargo, aun cuando el personal de la Supervisora participe en la ejecución de los ensayos y mantenga presencia en la ejecución de los trabajos, la responsabilidad de la calidad de la obra será exclusiva del Contratista, por lo que, cuando se presente la existencia de trabajo defectuoso no autorizado o que no cumpla con los planos y/o especificaciones, se procederá de conformidad con lo indicado en la Sección 105.

153.03 Control y aseguramiento de calidad. El control de calidad durante el transcurso de la obra será llevado a cabo como se describe a continuación:

(a) **Generalidades.** El Contratista proveerá y operará por su cuenta un Sistema de Control de Calidad eficiente. Al mismo tiempo, la Supervisora hará funcionar un Sistema de Aseguramiento de Calidad, el cual servirá de supervisión sobre el Sistema de Control de Calidad del Contratista.

El Sistema de Control de Calidad será descrito en la oferta técnica que el Contratista deberá entregar junto con su Programa de Trabajo y el Cronograma de Ejecución. En el mismo, se detallará el equipo, personal, ensayos y su frecuencia, y la sistematización del proceso de Control de Calidad con el fin de obtener los requerimientos solicitados. El Sistema de Control de Calidad abarcará y controlará todos los renglones de trabajo, excepto aquellos que, según instrucciones del contrato, dicha responsabilidad sea de otros. El Sistema de Control de Calidad contendrá 4 divisiones:

- Movimiento de Tierras y Pavimentos.
- Trabajos de Puentes y Estructuras.
- Trabajos Eléctricos y Sistemas de Servicios.
- Trabajos varios.

Cada una de las divisiones mencionadas hará su propio control por medio de los siguientes elementos:

- (1) **Laboratorio autorizado.** Este constará de todo el equipo necesario para la ejecución de los ensayos. Además, se deberá contar con la literatura de soporte para consulta y que respalde la correcta ejecución de los trabajos.
- (2) **Equipos de Topografía.** El jefe de éstos demostrará una experiencia profesional de al menos 10 años en trabajos de construcción.
- (3) **Equipo de ingenieros y técnicos de laboratorio.** Mínimo deberá contar con la presencia de dos Ingenieros Jefes de Control de Calidad con experiencia en Supervisión de obras en puentes, movimiento de tierras y pavimentos. Los ingenieros del control de calidad no serán los mismos ingenieros que dirigen la ejecución del proyecto, si no que se agregarán a ellos.

Cada componente del Sistema de Control de Calidad deberá recibir la correspondiente autorización del Delegado Residente. Sus detalles y experiencias deberán pasar por previa autorización del Delegado Residente a través de los alcances de la propuesta técnica y de los resúmenes de vida de los profesionales propuestos.

El laboratorio donde se efectúen los ensayos deberá contar con la previa autorización del Delegado Residente. No se podrá comenzar la realización de ninguna parte del proyecto antes de que el Delegado Residente haya aprobado la composición del Sistema de Control de Calidad por completo.

(b) **Funciones del sistema de control de calidad.** El Sistema de Control de Calidad del Contratista cumplirá y realizará todos los ensayos y las mediciones necesarias según las especificaciones del contrato y de acuerdo a los distintos documentos que constituyen parte inseparable del Contrato.

Todo lo anteriormente mencionado, será ejecutado por el Contratista en el marco del Cronograma del Proyecto, de tal forma que el recibimiento de las muestras, la ejecución de los ensayos, el registro y reporte, no retrasarán las etapas siguientes del trabajo (aquellas cuya realización depende de los resultados de los ensayos y mediciones) y no ocasionarán ninguna tardanza en el Cronograma del Proyecto.

La cantidad de ensayos a realizar será la determinada por las normas ratificadas en el Contrato y estas Especificaciones, a menos que se haya establecido diferente en las Disposiciones Especiales o haya sido indicada por el Delegado Residente otra cantidad diferente de ensayos.

El Sistema de Control de Calidad incluirá el registro y reporte de todo el proceso de control de calidad, en forma de reportes diarios especiales para el control de calidad, para cada una de las siguientes actividades por separado:

- Movimiento de tierras.
- Trabajos de pavimentación.
- Trabajos de cimientos.
- Trabajos de concreto fundido en sitio.
- Trabajos eléctricos y sistemas de servicios varios.
- Resto de los trabajos del proyecto.

Además de lo dicho anteriormente, manejará el Sistema de Control de Calidad una documentación corriente de las diferentes etapas de trabajo, por medio de la fotografía (incluidas fechas impresas en las fotos) que describirá la situación de los distintos hechos y también eventos especiales, si hubiera, durante la etapa de la ejecución.

(c) **Reporte al Delegado Residente.** El Sistema de Control de Calidad del Contratista trabajará en coordinación completa y en estrecho contacto con el Sistema de Aseguramiento de Calidad, representada por la Supervisora.

El reporte al Delegado Residente del Sistema de Control de Calidad, se hará según los reportes diarios especiales. Después de cada actividad de control o medición, será entregado el reporte relevante para el control del Delegado Residente. Sólo después de que el Delegado Residente autorizó con su firma el registro en los reportes y su correspondencia con los requisitos y las especificaciones relevantes y que los resultados de los ensayos o mediciones autoricen la continuación de los trabajos, podrá el Contratista continuar con las fases subsiguientes de la ejecución de la obra de acuerdo con el orden establecido en el Programa de Trabajo aprobado para el proyecto.

El Delegado Residente podrá, a su solo juicio, exigir del Sistema de Control de Calidad del Contratista, realizar otros ensayos por encima de la cantidad mínima de los requeridos en las especificaciones. El Contratista realizará de inmediato las órdenes del Delegado Residente en este asunto, sin apelaciones, y no le corresponderá ningún pago extra o tiempo extra de ejecución, originados por dicha exigencia.

El Sistema de Aseguramiento de Calidad que llevará la Supervisión, servirá de control de los ensayos que realizará el Contratista. Este sistema, servirá a la Supervisora para asesorar al Contratista sobre el mejoramiento de los procedimientos que se están ejecutando. El Sistema de Aseguramiento de Calidad no será respaldo de la calidad final de la obra, la que será entera responsabilidad del Contratista.

153.04 Autoridad del Delegado Residente.
El Delegado Residente decidirá sobre todos los problemas que puedan presentarse respecto a la calidad y aceptabilidad de los materiales entregados, el trabajo ejecutado, los procedimientos constructivos empleados y el ritmo de ejecución de la obra. El Delegado Residente también decidirá todas las dudas que puedan surgir respecto a la interpretación de los planos y especificaciones y todas las interrogantes que se presenten sobre el cumplimiento aceptable del contrato por parte del Contratista.

Solamente en el caso que el Contratista considere que las decisiones del Delegado Residente le afecten o le impidan cumplir satisfactoriamente con sus obligaciones contractuales, o que las mismas provoquen detrimento en la calidad de la obra, o que obliguen al Contratista a cumplir con requerimientos adicionales a los del alcance del contrato, el Contratista podrá recurrir a lo dispuesto en la Especificación 105.03 Controversia.

153.05 Control del trabajo. Deberá haber dos etapas de control para la Calidad:

- (a) **Controles previos.** Este control será realizado previo al comienzo de los trabajos de cada etapa como fue señalado en el Programa de Trabajo aprobado. Este control incluirá el examen de los requisitos del contrato, control de cantidad, calidad y disponibilidad de materiales y equipamiento y sus autorizaciones; aseguramiento de los medios a contar para llevar a cabo el control de las áreas de trabajo y aseguramiento de los trámites previos al comienzo del trabajo. El transcurso del control previo será registrado en los reportes del control de calidad y deberá ser presentado a las autoridades con la aprobación del Delegado Residente.
- (b) **Controles corrientes de seguimiento.** Estos controles se realizarán en forma corriente de acuerdo a las exigencias del contrato y las Disposiciones Especiales y las mismas incluyen ensayos de laboratorio y otros, hasta completar cada etapa del trabajo. Los reportes corrientes del seguimiento serán parte del reporte de Control de Calidad.

El Contratista entregará reportes periódicos del control de calidad, al menos uno por semana, los cuales incluirán el registro de los ensayos generales y los ensayos de laboratorio de acuerdo a lo exigido en estas Especificaciones y a lo señalado en el programa de control de calidad y que fueran realizados durante el período que abarca el reporte de todos los trabajos realizados. Los reportes incluirán la siguiente información para toda actividad de trabajo:

- (1) Cronograma y diagrama de flujo que contendrá la identificación y descripción de la actividad, fecha de comienzo, fecha de finalización y actividades ya terminadas.
- (2) Las etapas de trabajo durante la época de la ejecución del reporte (movimientos de tierra, concretos, recapeo, etc.).
- (3) Etapas del control de calidad (control previo o control corriente de seguimiento), su ubicación y su tipo.
- (4) Actividades del control de calidad en plantas fuera del sitio.
- (5) Resultados del control incluyendo daños y medidas de reparación, que fueron o que serán tomados, o cuando los resultados de los ensayos no hayan sido aún recibidos, se señalizarán éstos en el reporte junto con la fecha estimada para su recibimiento. Los resultados que fueran recibidos después de la etapa del reporte serán incluidos en el primer reporte que será redactado después de su recibimiento.
- (6) Resultado del control de materiales y equipamiento con su arribo al sitio y antes de ser integrado al trabajo asegurando la correcta entrega, prevención de daños y buen almacenaje.
- (7) Instrucciones que fueran recibidas en el sitio por parte del Delgado Residente en todo lo relacionado al control de calidad.
- (8) Cumplimiento de las instrucciones de seguridad del trabajo.

El reporte será controlado y firmado por la persona autorizada por el Contratista (Ingeniero en Control de Calidad). En lo referente al control de calidad de los materiales se deberá cumplir con los requerimientos de la Sección 106.

153.06 Composición del equipo de control de calidad. El Contratista entregará una lista de los integrantes del equipo de Control de Calidad,

detallando sus habilidades, sus conocimientos, su autoridad y su área de responsabilidad, asignando como jefes del equipo a dos Directores de Control de Calidad de acuerdo con el siguiente detalle:

- (a) Un Ingeniero con experiencia profesional comprobada en supervisión y ejecución de trabajos de movimiento de tierras, capas estructurales, pavimentos, materiales y suelos.
- (b) Un laboratorista principal poseedor de conocimientos y experiencia comprobada que corresponda con la dirección y ejecución de todo tipo de ensayos en las diferentes etapas del trabajo, siendo el responsable de la correcta ejecución de dichos ensayos.
- (c) Un Especialista profesional ambiental, el cual tendrá a su cargo el control de calidad de las obras para que éstas no alteren el medio ambiente. La responsabilidad de este especialista es implantar las disposiciones ambientales generales y especiales incluidas dentro del plan de manejo y adecuación ambiental que forman parte del contrato de obra. La selección del especialista deberá contar con el visto bueno del departamento de gestión ambiental.
- (d) Empleados del laboratorio que trabajarán bajo las órdenes del laboratorista principal. El número de empleados del laboratorio será establecido de acuerdo al alcance del trabajo y su avance.

El personal del equipo de control de calidad deberá contar con experiencia previa comprobable y preferentemente deberá estar certificado por entidades reconocidas. Deberá contar con la literatura de apoyo que facilite la consulta y respalde la correcta ejecución de los ensayos.

El número de empleados en el laboratorio que trabajarán bajo las órdenes del laboratorista principal autorizado será establecido de acuerdo con el alcance del trabajo y a su avance.

Si en el transcurso del trabajo, el Delegado Residente decidiera que el equipo de control de calidad no cumple su trabajo como fue

previsto, llamará la atención del Contratista al respecto y podrá ordenarle cambiar o reforzar el equipo antes mencionado. Estos cambios serán realizados a cuenta del Contratista dentro de los 15 días de notificado. El incumplimiento del mismo retrasará la aceptación de la estimación de los períodos respectivos.

Durante ese período, el Delegado Residente podrá ordenar los ensayos necesarios de otro laboratorio y todos los ensayos se descontarán de la estimación respectiva del Contratista. El Contratista entregará el programa de control de calidad reajustado dentro de los 15 días de recibida la orden de comienzo del trabajo y recibirá la autorización del Delegado Residente respecto a todo lo relacionado con los detalles del método, formularios de uso, procesos de reporte, equipos de control de calidad, y todos los contactos corrientes relacionados con control de calidad. Los trabajos no se llevarán a cabo antes de recibir esta autorización.

153.07 Ejecución del control de calidad. Todos los ensayos necesarios y que sobre ellos se decida de acuerdo al Programa de Trabajo que el Contratista entregue, se harán por medio de laboratorios autorizados por el Delegado Residente. El laboratorio o los laboratorios serán equipados de tal forma que puedan realizar todos los ensayos requeridos. Los laboratorios en el sitio de la obra y los demás fuera de este sitio serán parte inseparable del sistema de control de calidad del Contratista. No se autorizará el comienzo del trabajo hasta que éstos no estén completamente instalados. La falta de instalación será vista como el incumplimiento del contrato, y el Delegado Residente podrá considerar ejecutar los ensayos en otros entes a cuenta del Contratista o la interrupción del trabajo.

El Delegado Residente podrá permitir la ejecución de partes del trabajo relacionadas con el control de calidad aceptado, los pagos al Contratista no se harán en ningún caso respecto a las partes del control de calidad que no fueran aprobadas.

El Delegado Residente podrá ordenar el uso de las instalaciones del laboratorio en el lugar de la obra

para la ejecución de ensayos, muestreo, control del proceso de la ejecución de los ensayos y recepción de los resultados, con el objetivo de examinar el sistema de control de calidad del sitio de producción, si éste se encuentra fuera del área del Proyecto. Este uso se hará sin pago extra al Contratista.

Si se encontraran defectos en el proceso del control de calidad que pone en funcionamiento, el Contratista tendrá que tomar medidas correctivas como lo ordene el Delegado Residente. En el caso de falta de respuesta rápida del Contratista a la reclamación del Delegado Residente, estará obligado a interrumpir todo el trabajo. La interrupción del trabajo como está determinada en este ítem no justificará recibir prórroga en la ejecución del trabajo y no recibirá ningún pago.

El Contratista dará aviso por escrito al Delegado Residente sobre cualquier cambio en el Sistema de Control de Calidad del proyecto. El cambio no se realizará sin previa autorización por escrito del Delegado Residente. Para que no queden dudas, cualquier cambio de este tipo, aún si recibiera la autorización del Delegado Residente, no le dará al Contratista derecho de recibir pago extra, ni prórroga en el tiempo de ejecución del trabajo.

(a) Reporte de las actividades del control de calidad en la ejecución del contratista (reportes del control de calidad) Al comienzo de cada mes, el Contratista deberá entregar un plan de trabajo del mismo mes contadas las actividades programadas. Acerca del control de calidad entregará reportes periódicos, uno diario y otro semanal, los cuales incluirán el registro de los ensayos generales y ensayos de laboratorio de acuerdo a lo exigido en estas especificaciones y las Disposiciones Especiales. Además, entregará un resumen de los resultados de los ensayos en formularios para ello.

“La entrega del Área” será acompañada por un reporte del Ingeniero de Control de Calidad en el cual demuestre por medio de la presentación de resultados de los ensayos requeridos que el área a entregar está de acuerdo

a las condiciones de las especificaciones del contrato. Si el Contratista no realizó todo lo exigido y el área destinada a la entrega no está de acuerdo a las condiciones de las especificaciones, lo corregirá el Contratista o separará y expulsará las partes que no cumplan con las exigencias. La corrección o la separación serán responsabilidad del Contratista y por su cuenta.

(b) Frecuencia de ensayos y pruebas de laboratorio.

Como mínimo, el Contratista deberá llevar en la obra los controles, pruebas y ensayos de los materiales y productos terminados, respetando su frecuencia como sus requerimientos, de acuerdo a lo estipulado en estas Especificaciones y en las Disposiciones Especiales.

153.08 Procedimientos de control / inspección. Se deberá efectuar cada una de las siguientes actividades en cada fase constructiva:

(a) Fase preparatoria.

- (1) Revisar todos los requerimientos contractuales.
- (2) Asegurar el cumplimiento del material a los requerimientos contractuales.
- (3) Coordinar la entrega de documentos incluyendo certificados y permisos.
- (4) Asegurar la capacidad del personal y del equipo para poder corresponder a los requerimientos contractuales.
- (5) Asegurar que los ensayos preliminares fueron ejecutados.
- (6) Coordinar los trabajos de replanteo y topografía.

(b) Fase de inicio.

- (1) Revisar los requerimientos contractuales con el personal que ejecutará el trabajo.
- (2) Inspeccionar el inicio de los trabajos.
- (3) Establecer estándares de mano de obra.

(4) Proveer capacitación adicional cuando sea requerido por el uso de nuevas técnicas o equipos.

(5) Establecer un cronograma detallado de ensayos con base en el cronograma de producción.

(c) Fase de producción.

- (1) Efectuar inspecciones continuas e intermitentes durante la obra para detectar y corregir deficiencias.
- (2) Inspeccionar fases completadas previo a la aceptación final de la obra.
- (3) Proveer respuestas y cambios al desarrollo del proyecto para prevenir deficiencias recurrentes.

(d) Descripción de registros. Se debe enumerar una lista de todos los registros que serán mantenidos durante la obra.

153.09 Calificación de personal. Se deberá documentar el nombre, autoridad, experiencia relevante y la calificación de la persona con la máxima autoridad en el Sistema de Control de Calidad. Se deberá también documentar los nombres, autoridad y experiencia relevante de todo el personal directamente responsable para la inspección y ensayos.

153.10 Subcontratos. Se deberá incluir el trabajo a efectuar por todos los subcontratistas. Si un subcontratista desarrollará algún trabajo bajo esta Sección, se detallará cómo será la relación de ese subcontratista con el Contratista y/o con otros subcontratistas.

153.11 Muestreo. A menos que se especifique lo contrario, el Sistema de Control de Calidad tiene que contener un procedimiento, con base estadística, para obtener muestras al azar que permita que todas las unidades producidas tengan la misma probabilidad de ser escogidas para muestras y pruebas. El personal de la Supervisora debe de presenciar todas las obtenciones de muestras.

Cuando el Delegado Residente así lo indique, el Contratista debe tomar muestras y ensayar cualquier material que aparentemente sea distinto del material que se está usando y que ya haya sido aprobado.

Toda la obtención de muestras tiene que estar de acuerdo con los procedimientos de la AASHTO o ASTM.

Las bolsas tienen que ser suministradas por el Contratista y adecuadas para el manejo y conservación del material de que se trate. Las muestras entregadas al Delegado Residente tienen que ser identificadas por una manera aceptable al Delegado Residente.

153.12 Pruebas de laboratorio. Todas las pruebas tienen que ser realizadas de acuerdo a los procedimientos de ensayo de la AASHTO o ASTM, y siguiendo con los lineamientos del Sistema de Control de Calidad. El Contratista tiene que suministrar los resultados de las pruebas al Delegado Residente dentro de los límites de tiempo que requiera la prueba y en formatos aprobados por el Delegado Residente. El Delegado Residente tendrá acceso irrestricto para inspeccionar y revisar los trabajos de control de calidad.

El Delegado Residente realizará inspecciones para determinar la aceptabilidad de los materiales y de los trabajos mediante un Sistema de Aseguramiento del Control de Calidad del Contratista y utilizará los resultados de las pruebas del Contratista para determinar el cumplimiento con las especificaciones.

Si durante las inspecciones, el Delegado Residente duda de la validez de los resultados del Sistema de Control de Calidad del Contratista, debe ordenar al Contratista realizar pruebas adicionales. No se hará ningún pago directo por tomar muestras y realizar pruebas adicionales o repetir pruebas ordenadas por el Delegado Residente porque dicho trabajo será considerado como una obligación subsidiaria del Contratista cubierta bajo el contrato.

De persistir la duda, el Delegado Residente tomará muestras y las enviará a un laboratorio para efectuar las pruebas del caso. De hacerse necesario

que el Delegado Residente ordene hacer pruebas de materiales de una parte del trabajo, ya que las pruebas del Contratista no ofrecen confiabilidad, el costo total de realizar dichas pruebas será cargado al Contratista deducido del pago de la estimación correspondiente.

153.13 Registros. El Contratista deberá llevar registros completos de las pruebas de laboratorio. El personal de la Supervisora deberá tener acceso libre a estos registros.

Para cada día de trabajo, se deberá preparar un “Registro Diario de la Inspección de las Operaciones de Construcción”. La información contenida en ese registro deberá ser avalada con la firma del jefe del Sistema de Control de Calidad del Contratista.

Todos los resultados de las pruebas deberán ser suministrados diariamente a medida que se lleva a cabo.

Cuando se efectúen pruebas sobre material que esté siendo incorporado al trabajo, los resultados deberán ser entregados dentro de 24 horas. La incorporación del material o el desarrollo del proceso constructivo podrán ser interrumpidos, mientras los resultados de laboratorio no cumplan con las especificaciones.

Cuando el registro sea incompleto, erróneo, o confuso, se devolverá al Contratista requiriendo las correcciones correspondientes. Cuando existan errores u omisiones crónicas, se deberán corregir los procedimientos.

Se llevarán formatos de control donde se identificará el nombre del proyecto y número de contrato, el número de muestra y ensayo, tipo de ensayo, los límites máximos y mínimos permisibles aplicados por las especificaciones a cada parámetro que se revisa y los resultados obtenidos. Se deberán utilizar esos formatos como parte del Sistema de Control de Calidad para documentar la variabilidad del proceso constructivo, identificar problemas de equipo y de producción e identificar ajustes potenciales a los factores de pago.

Los formatos de control deberán ubicarse en una localidad accesible y mantenerlos actualizados. Cuando se encuentren problemas evidentes, se deberá cesar los trabajos hasta la corrección de los mismos.

153.14 Aceptación del sistema de control de calidad. El Sistema de Control de Calidad del Contratista será evaluado de acuerdo a la Sección 106 basado en la habilidad demostrada del sistema en cumplir con los requerimientos contractuales.

Si el Sistema de Aseguramiento de la Calidad que llevará a cabo el Estado o la Supervisora indicara que el Sistema de Control de Calidad del Contratista es ineficiente, se deberán ejecutar las correcciones necesarias en forma inmediata para corregir las deficiencias. Las modificaciones efectuadas se entregarán por escrito al Delegado Residente.

(a) Manejo de los materiales. Aun cuando los materiales hayan sido probados en el lugar de fabricación o de almacenamiento, el Contratista cuidará porque éstos sean acarreados o manejados, en tal forma que sus propiedades para el trabajo sean las requeridas por las especificaciones. Deberán ser transportados en vehículos adecuados para los materiales de cada Renglón de trabajo y evitar la pérdida de temperatura, segregación, contaminación y cualquier situación que altere su calidad o propiedades de los mismos. El Delegado Residente podrá ordenar nuevas pruebas en el lugar de colocación de los materiales, para verificar el debido cumplimiento de las especificaciones.

(b) Materiales suministrados por el Estado. Cualquier material proporcionado por el Estado será entregado o puesto a la disposición del Contratista en los puntos especificados en las Disposiciones Especiales, en donde el Contratista deberá verificar la calidad de los mismos. El manejo y la colocación de los mismos será responsabilidad del Contratista desde que los haya recibido a su satisfacción. El Contratista deberá presentar una garantía al Estado por la

pérdida o deterioro de los mismos cuando éstos se encuentren bajo su responsabilidad.

153.15 Medida y pago. No se efectuará pago alguno por esta actividad.

SECCIÓN 154
PROGRAMA DE TRABAJO PARA
LA CONSTRUCCIÓN

- 154.01 Descripción.
- 154.02 Generalidades.
- 154.03 Método del gráfico de barras (Gantt).
- 154.04 Método de la ruta crítica (CPM).
- 154.05 Descripción escrita.
- 154.06 Actualizaciones del programa.
- 154.07 Medida y pago.

154.01 Descripción. Este trabajo consiste en la programación de la ejecución de todas las actividades de construcción.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

154.02 Generalidades. El Contratista deberá suministrar tres copias del programa indicado en la Especificación 109.02.

El Contratista deberá utilizar el Método del Gráfico de Barras (Gantt) y el Método de la Ruta Crítica (CPM) descrito más adelante para elaborar el Programa de Trabajo Definitivo para ser aprobado por la Autoridad Superior para todos los trabajos contractuales. En cada programa de trabajo se deberá anotar lo siguiente:

- (a) El nombre del proyecto.
- (b) El número de contrato.
- (c) El nombre del Contratista.
- (d) El plazo contractual original y la fecha de terminación de la obra.
- (e) El tipo de Programa de Construcción (initial o actualizado).
- (f) La fecha efectiva del programa.
- (g) El porcentaje de trabajo estimado a ejecutar mensualmente.
- (h) El porcentaje de tiempo estimado a utilizar.
- (i) Programa de Ejecución Financiera Mensual.

El Contratista deberá suministrar tres copias del Programa de Trabajo Definitivo para la Construcción dentro de los 30 días calendario después de suscrita el acta de iniciación de los trabajos, el cual entrará en vigor después de los primeros 90 días calendario de iniciado el plazo contractual. Dentro de los 14 días

siguientes de la entrega del Programa de Trabajo Definitivo, el Delegado Residente dará su aceptación o rechazo al mismo. Si es rechazado, el Contratista deberá entregar el programa con la incorporación de las observaciones hechas dentro de los 7 días calendario siguientes.

El Programa de Trabajo se deberá enmarcar dentro del plazo contractual.

154.03 Método del gráfico de barras (Gantt). El Programa de Trabajo para la Construcción utilizando el Método de Gantt, consistirá en un gráfico de barras que indique el progreso secuencial de las actividades y una descripción escrita de las mismas.

Para la elaboración de la Gráfica de Barras para el control del progreso de los trabajos, se deberá de tener en cuenta lo siguiente:

- (a) Utilizar una escala de tiempos para mostrar gráficamente el porcentaje de trabajo programado a ser completado dentro del plazo contractual.
- (b) Definir y relacionar las actividades con los renglones contractuales de pago.
- (c) Mostrar todas las actividades en el orden en que se ejecutará el trabajo, incluyendo las fechas de suministro, fabricación y entrega.
- (d) Mostrar todas las actividades principales que constituyan un factor de control en la terminación del trabajo.
- (e) Mostrar el tiempo necesario para ejecutar cada actividad y su relación con otras actividades.
- (f) Mostrar el tiempo total estimado para completar todo el trabajo.
- (g) Proveer suficiente espacio para que en cada actividad se permita el dibujo de 2 longitudes

de tiempo adicionales paralelas a la original, para la revisión del tiempo programado y la otra para mostrar el trabajo realmente ejecutado en ese tiempo.

154.04 Método de la ruta crítica (CPM). El Programa de Trabajo para la Construcción utilizando el Método de Ruta Crítica (CPM), consiste de un diagrama, un programa tabulado y de una descripción escrita.

(a) **Diagrama.** Se debe de utilizar el formato de “Actividad en cada Flecha” para el Diagrama de Flechas o el formato de “Actividad en cada Nodo” para el Diagrama de Precedencias. Se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- (1) Utilizar una escala de tiempos para mostrar gráficamente el porcentaje de trabajo programado para la terminación en cualquier fecha dada durante el tiempo contractual.
- (2) Definir y relacionar las actividades con los renglones contractuales de pago.
- (3) Mostrar la secuencia y la interdependencia de todas las actividades incluyendo los suministros, fabricación y entrega.
- (4) Mostrar todos los nodos de actividades, descripciones de las actividades y duraciones.
- (5) Mostrar todas las flechas simuladas en la red (únicamente para diagramas de flechas).
- (6) Identificar la ruta crítica.

(b) **Programa tabulado.** Los requerimientos siguientes se aplican para los programas tabulados:

- (1) Para diagramas de flechas, indicar los números de la actividad inicial y del nodo final. Para diagramas de precedencia, listar las actividades y mostrar los tiempos que rigen o los de retraso.
- (2) Mostrar las duraciones de las actividades.

- (3) Mostrar las descripciones de las actividades.
- (4) Mostrar las fechas de iniciación y de finalización tempranas.
- (5) Mostrar las fechas de iniciación y de finalización tardías.
- (6) Mostrar el estado (crítico o no).
- (7) Mostrar la fluctuación total.

154.05 Descripción escrita. Se deberá tomar en cuenta lo siguiente para aplicarlo en la descripción escrita:

- (a) Estimar los días de inicio y de terminación para cada actividad.
- (b) Describir el trabajo a efectuar en cada actividad incluyendo el tipo y la cantidad de equipo, mano de obra y material a ser utilizado.
- (c) Describir la ubicación, dentro del proyecto, donde se llevará a cabo cada actividad.
- (d) Describir los rendimientos de producción programados por cantidades de Renglón de pago (por ejemplo: metros cúbicos de excavación por hora/día/semana).
- (e) Describir los días de trabajo por semana, feriados, número de turnos por día y número de horas por turno.
- (f) Estimar cualquier período durante el cual una actividad esté ociosa o parcialmente ociosa. Mostrar las fechas de iniciación y de terminación para producción reducida o para el tiempo ocioso.
- (g) Describir las fechas esperadas y críticas para la entrega de material o equipo que puedan afectar el tiempo para la entrega del proyecto.
- (h) Describir las fechas críticas de terminación para mantener el Programa de Trabajo para la Construcción.
- (i) Identificar al vendedor, al proveedor o al subcontratista que ejecutará la actividad.

Indicar todas las condiciones asumidas para la programación del trabajo a ser efectuado.

154.06 Actualizaciones del programa. El Contratista, cuando sea necesario, pedirá revisar el Programa de Trabajo para la Construcción para verificar las fechas de terminación de las actividades completadas, duración restante de las actividades incompletas y cualquier revisión propuesta que sea lógica y/o relacionada con los tiempos. Todo cambio o actualización al Programa de Trabajo debe ser analizado por el Delegado Residente quien lo someterá a aprobación del Ingeniero, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 109.02.

El contratista debe suministrar 3 copias de cada Programa de Trabajo para la Construcción actualizado para su aceptación cuando haya un aumento, eliminación o revisión en las cantidades de trabajo en $\pm 5\%$ de las actividades causado por una modificación sustancial que amerite una revisión al Programa de Trabajo.

154.07 Medida y pago. La elaboración del Programa de Trabajo para la Construcción no será medida para efectos de pago.

**SECCIÓN 155
SEÑALIZACIÓN,
CONTROL DEL TRÁNSITO Y
MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA**

- 155.01 Descripción.
- 155.02 Mantenimiento del tránsito y de la carretera.
- 155.03 Plan de seguridad, control del tránsito y mantenimiento de la obra.
- 155.04 Barricadas, avisos de precaución, maquinaria y desvíos.
- 155.05 Limitaciones sobre las operaciones de construcción.
- 155.06 Restricciones de pesos y dimensiones.
- 155.07 Mantenimiento de la carretera durante la ejecución del trabajo.
- 155.08 Operaciones nocturnas.
- 155.09 Mantenimiento de la carretera durante los períodos de suspensión y descanso.
- 155.10 Aceptación.
- 155.11 Medida.
- 155.12 Pago.

155.01 Descripción. Este trabajo consiste en la colocación de dispositivos temporales, para control y mantenimiento de la seguridad del tránsito dentro del Proyecto y carreteras adyacentes y el mantenimiento de la sección abierta y destinada al tránsito durante el período constructivo. El trabajo deberá ser ejecutado de manera que se garantice la conveniencia y la seguridad del público y se proteja a los residentes y a la propiedad adyacente al proyecto. El tránsito público deberá ser acomodado en las calles o sitios adyacentes al Proyecto y dentro del mismo, hasta que este trabajo sea completado.

155.02 Mantenimiento del tránsito y de la carretera. Para el mantenimiento del tránsito, se prevén los siguientes casos:

(a) Tránsito dentro de la obra. Cuando la obra consista en efectuar mejoras a una carretera existente o haya construcción nueva en la misma y no existan caminos paralelos o desvíos para encauzar por ellos el tránsito público, la carretera existente debe conservarse abierta al mismo, debiendo el Contratista mantenerla en condiciones de transitabilidad cómoda, entendiéndose por ésta sin baches ni obstáculos cumpliendo con los requisitos de seguridad y con el mínimo de obstrucciones o retrasos para los usuarios.

La seguridad deberá garantizarse por medio de elementos de señalización que garanticen el tránsito seguro y fluido sobre la carretera.

Cuando el paso del tránsito público perjudique las operaciones del Contratista, éste podrá cerrarlo durante las horas y en los tramos que el Ingeniero le autorice por escrito.

En este caso y por lo menos con tres días de anticipación antes de cerrar determinado tramo, el Contratista debe publicar por lo

menos en dos diarios de mayor circulación o medios de comunicación radial o digital, avisos en que se informe al público sobre el tramo o tramos que estarán cerrados durante las horas autorizadas, indicando las horas en que serán abiertos al tránsito público y las precauciones que éste debe tomar. El Contratista debe poner barricadas claramente visibles con pintura reflectiva, y en los períodos en que se abra al tránsito y sea necesario, un carro piloto del Contratista debe guiarlo a lo largo del tramo en construcción, para asegurar que se mantenga una velocidad restringida, cumpliendo con lo mencionado anteriormente. Para lograr estos objetivos, el Contratista empleará todos los recursos necesarios que aseguren el tránsito ordenado dentro de la zona de construcción. Se recomienda el uso de radiodifusoras locales al lugar de la obra, para la difusión de las horas en que permanecerá cerrado el tramo

En las secciones en que exista algún peligro, el Contratista debe poner banderilleros previniendo tal situación.

(b) Desvío del tránsito. Cuando existan veredas o caminos en uso, el Contratista podrá desviar por ellos el tránsito público, debiendo en tal caso, habilitarlos y mantenerlos. Para el efecto, el Contratista debe tener la aprobación previa del Delegado Residente. El Contratista podrá aprovechar los tramos del Derecho de Vía para desviar el tránsito público, donde esto sea factible.

Al terminar de usarlos debe dejar todos estos desvíos por lo menos en un estado igual o mejor a como se encontraban originalmente.

En casos de fuerza mayor y cuando el Delegado Residente ordene trabajos especiales o imprevistos que sean indispensables para

el mantenimiento del tránsito público, el Contratista recibirá compensación adicional por estos trabajos con cargo a los renglones de contrato y si no los hubiera, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

Cuando se trate de una obra nueva, donde anteriormente no ha habido camino en servicio público, el Contratista no está obligado a mantener el tránsito, pero si se le ordenara efectuarlo será compensado económicoamente.

155.03 Plan de seguridad, control del tránsito y mantenimiento de la obra. Durante la conferencia de preconstrucción, y en un tiempo que no supere los 30 días de iniciada la obra, el Contratista deberá presentar el Plan de Seguridad, Control del Tránsito y Mantenimiento de la Obra, que se aplicará durante todo el tiempo contractual, incluyendo los períodos de descanso y de paros en el proyecto, a efecto de que no se causen molestias e inconvenientes a los usuarios, el cual deberá aprobarse por el Ingeniero. El Plan incluirá lo siguiente:

- (a) Detalle de las actividades de mantenimiento a efectuar, con la frecuencia respectiva, estableciendo el tiempo de inicio y de ejecución de éstas.
- (b) Enumerar y detallar los dispositivos de señalización a implementar especificando su localización. Estas actividades deberán estar en concordancia con el Programa de Trabajo Definitivo Aprobado de conformidad con la Sección 154.
- (c) Establecer y definir los desvíos, los caminos auxiliares y todo canal de tránsito previsto durante la obra.

Además, las acciones que se deben considerar para la ejecución del Plan serán las siguientes:

- (a) La implementación del programa.
- (b) Coordinar las operaciones de control de tránsito, incluyendo aquellas de los subcontratistas y los proveedores.

- (c) Corregir inmediatamente las deficiencias en el control del tránsito.
- (d) Coordinar las operaciones para el mantenimiento del control del tránsito con el personal de la Supervisora.
- (e) Se debe verificar que los dispositivos para el control del tránsito que no estén en uso sean manejados y almacenados adecuadamente.
- (f) Organizar reuniones periódicas para tratar aspectos relacionados con la seguridad del tránsito en la que participe el Delegado Residente.
- (g) Suministrar un reporte mensual en el que conste que las inspecciones y las revisiones fueron realizadas y que los dispositivos para el control del tránsito cumplen con los requerimientos contractuales. Incluir el número y tipo de dispositivos en uso. Informar en este reporte semanal todos los cambios o las acciones correctivas tomadas para garantizar el paso seguro del tráfico público dentro del proyecto.

155.04 Barricadas, avisos de precaución, maquinaria y desvíos. El Contratista debe proporcionar y mantener, a su costa, las barricadas, señales de precaución y dirección, banderas rojas y luces de prevención, que a juicio del Delegado Residente sean necesarias para la protección del trabajo y la seguridad y conveniencia del público. Las carreteras cerradas al tránsito serán protegidas por el Contratista, por medio de barricadas efectivas, en las que se colocarán señales de precaución y dirección; en todos los cierres, intersecciones y a lo largo de las rutas de desvío, señalando el tránsito alrededor de las partes cerradas de la carretera. Todas las barricadas y obstrucciones deben estar iluminadas durante la noche de conformidad como se indica en la Especificación 708.03 (g) o en la Especificación 708.03 (h), todas las luces deben permanecer encendidas desde la puesta del sol hasta el amanecer, con la autorización del Delegado Residente se pueden sustituir por señales reflectivas.

El Contratista deberá tener como mínimo las siguientes señales para la protección de la obra: señales reversibles de “DETENCIÓN/PASO”; señales

de velocidad máxima; señales de estrechamiento de calzada para ambos lados (derecho e izquierdo, según sea el caso); señales de fin de prohibiciones; vallas de cierre de carril; conos de balizamiento y señales luminosas.

(a) Colocación de la señalización en la carretera.

Todas las señales se colocarán desde el inicio y hasta el final de la zona de trabajo, de acuerdo a lo descrito en el capítulo 6 Dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajo en las vías, del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana -SIECA-, o las especificaciones vigentes.

(b) Señalización nocturna. Se deberá tener en cuenta las consideraciones siguientes: Antes de ser colocadas, las lámparas deberán tener baterías eléctricas debidamente cargadas y limpias; la señalización se deberá observar a lo largo de toda la sección en construcción y se deberán pintar con pintura reflectiva las secciones ya terminadas. Los tramos que no se encuentren dentro de los grupos mencionados anteriormente, deberán contar con la señalización especificada para uno o el otro caso expuesto, de acuerdo a los requerimientos para la correcta visualización del usuario.

(c) Banderilleros. Deberán utilizar el equipo de protección personal descrito en 108.10; el banderillero deberá estar de pie cerca de las vallas para moverlas de acuerdo con la orden de paso o de detención que corresponda; el banderillero entrante decidirá el momento de parar el flujo de tránsito y dar paso al tránsito de la otra dirección. Entre los banderilleros la comunicación se efectuará por medio de sistemas de radio u otros medios de comunicación portátiles.

(d) Zona de trabajo. El Contratista es responsable durante la ejecución de la obra, de cumplir con todas las leyes y demás disposiciones de seguridad. Si durante la ejecución de los trabajos, el Delegado Residente considera

peligrosa cualquier operación, trabajo o condición derivada de los mismos, lo notificará al Contratista para que éste haga las correcciones necesarias de forma inmediata.

Para conservar los trabajos que se efectúen en la carretera y la seguridad de los usuarios y trabajadores, se deberá observar las consideraciones siguientes: No se debe dejar cordón de material de arrastre al borde de la carretera durante la obra. Todo el material de trabajo se debe volcar en un lugar adyacente y a un lado de la carretera, comenzando su volcamiento desde el extremo alejado del tramo para que el material no impida la descarga del nuevo; no se debe limitar las zonas de trabajo con piedras, piezas con espinas de maleza o tablas con clavos; durante la noche la zona de trabajo debe quedar en condiciones de seguridad y deben desaparecer todos los obstáculos de la carretera.

El Contratista deberá llevar a cabo un control del polvo durante la fase constructiva de acuerdo a lo indicado en la Sección 313. Este trabajo deberá incluir el abastecimiento, acarreo y aplicación de agua para el control de polvo causado por las operaciones del Contratista y el tránsito de los usuarios de la carretera.

Las fuentes de agua deberán ser suministradas por el Contratista. El agua deberá estar libre de materiales dañinos y razonablemente limpia.

El agua deberá ser aplicada en los lugares, en las cantidades y durante las horas, incluyendo noches, que sean indicadas por el Delegado Residente. El agua deberá ser aplicada por medio de distribuidores a presión o tuberías equipadas con un sistema de rocío o mangueras con boquilla que aseguran una aplicación de agua en las cantidades ordenadas.

Este trabajo deberá considerarse en la integración de costos de esta Sección.

(e) Vehículos y maquinaria. Las medidas mínimas de seguridad que deben observarse en la obra,

referente a la maquinaria y los vehículos, son las siguientes: Todos los vehículos deben trabajar con faros encendidos, además de contar con luces de ráfagas amarillas; si no se dispone de éstas últimas, deberán llevar banderines de color rojo, en un lugar visible. Toda la maquinaria debe llevar delante y detrás, zonas ocupadas por franjas en color rojo y blanco de pintura o papel reflectante. La maquinaria debe trabajar en la misma dirección en que circula el tráfico y el conductor de la maquinaria no debe estacionarse en intersecciones ni en curvas. La maquinaria deberá ser operada de acuerdo con las velocidades máximas y mínimas permisibles, que no pongan en riesgo la seguridad de usuarios de la carretera y trabajadores de la obra. Se deberá contar con operarios de dirección, los cuales deberán atender a las máquinas dirigiendo el tráfico y los giros de las máquinas.

Cuando el Contratista no esté utilizando su equipo, debe estacionarlo fuera de la carretera hasta una distancia de tres metros de la vía de tránsito. Cuando ésto no sea posible, debe colocar señales reflectoras que indiquen claramente la presencia de este obstáculo, tanto en el frente y como en la parte posterior.

155.05 Limitaciones sobre las operaciones de construcción. Cuando la carretera esté abierta al paso del tránsito público, se deberán de tomar todas las medidas de protección del tránsito establecidas por el Delegado Residente de conformidad con lo que se establece en la Sección 708 de estas Especificaciones, y tomando en cuenta los aspectos que se indican a continuación:

- (a) Cuando se habilite el paso al tránsito en media sección de la carretera, deberán estar colocadas las defensas metálicas donde lo requiera el Delegado Residente, así mismo se emplearán banderilleros para guiar el tránsito y proceder a la señalización correspondiente para garantizar la seguridad del paso vehicular.
- (b) Cuando exista un desnivel entre la carretera abierta al tránsito y las obras laterales (hombros o cajuelas), deberán existir:

- (1) Defensas laterales, si lo permite el ancho de la vía.
- (2) Señales preventivas para evitar la caída lateral de un vehículo.
- (3) Cuando se tenga que trabajar simultáneamente a ambos lados de una vía con tránsito, se deberá circular en una sola dirección alternativamente en el tramo en que exista esta restricción debiendo aplicar lo establecido en la Especificación 708.03 (i) en lo referente al uso de banderilleros y autos piloto.
- (c) Se deberá proveer un ancho de carril mínimo de 3 metros. En las áreas en las cuales la orilla del pavimento o el paso de usuarios ha sido reducida por las operaciones de construcción, se utilizarán barreras, conos, trafitambos, vallas u otros dispositivos indicados en la Especificación 708.04 para delinear los carriles habilitados para el tránsito.
- (d) Cuando en la construcción de una estructura en una carretera abierta al tránsito se requiera colocar andamiaje provisional, el Contratista está obligado a colocar barreras de protección para seguridad de tránsito y la señalización correspondiente.
- (e) No se permitirá estacionar el equipo de construcción a menos de 3 metros de la vía de paso y se colocarán barreras de protección para el tránsito en el sitio de parqueo, con luces de advertencia Tipo A, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 708.03 (g), y tienen que ser puestas a una distancia mínima de 9 metros de los bordes de las vías abiertas al tránsito público, o en las zonas de estacionamiento de tránsito aprobadas.
- (f) Se deberán proveer áreas de estacionamiento, en áreas aprobadas, para los vehículos del personal asignado a la obra.
- (g) Se proveerá de un sistema de comunicación con radios y otro medio de comunicación portátil para los banderilleros.

- (h) Cuando se transfiera el tránsito de un carril a otro ya terminado, se deberá colocar o relocalizar los dispositivos para el control del tránsito.
- (i) Se limitará los retrasos en el paso del tránsito dentro del proyecto causados por la construcción, a un máximo de 30 minutos, el cual incluirá el tiempo de espera y el de paso vehicular por el sector cerrado, a menos que por la magnitud del trabajo a realizar se requiere un tiempo mayor.

155.06 Restricciones de pesos y dimensiones. El Contratista deberá cumplir con todas las restricciones legales sobre las cargas en relación con el acarreo de materiales en las carreteras fuera de los límites del proyecto.

El Contratista será responsable por todos los daños que cause por las actividades de construcción y deberá reparar o reponer aquellas obras dañadas de una manera aceptable al Delegado Residente y sin costo alguno para el Estado.

155.07 Mantenimiento de la carretera durante la ejecución de los trabajos. Estando la obra a cargo del Contratista, éste será responsable por el mantenimiento de la carretera autorizada para el tránsito público, en toda su longitud, incluyendo las intersecciones con senderos, carreteras, calles, negocios, parqueos, residencias, garajes, fincas u otros elementos, desde la fecha de inicio de los trabajos hasta la fecha de recepción de la obra, o hasta la fecha de recepción del tramo o tramos, en cada caso, si hubiere habido recepciones parciales.

Los trabajos incluirán el bacheo, perfilado, conformado, la limpieza del derecho de vía, tuberías y obras de arte y todas las tareas que sean necesarias para mantener la vía de tránsito libre de todo accidente u obstáculos que puedan perturbar un cómodo y seguro paso vehicular. El Contratista también será responsable de dar mantenimiento al tramo en que no esté laborando. Si en opinión del Delegado Residente, el mantenimiento de la carretera efectuado por el Contratista no es satisfactorio, aquel podrá emitir una Orden de Campo, solicitando el incremento de maquinaria, equipo y mano de obra y

darle las instrucciones necesarias para la adecuada ejecución del trabajo. En este caso el Contratista deberá ejecutarla de forma inmediata.

Si el Contratista tiene discrepancia, lo hará saber por escrito al Delegado Residente, el que lo someterá a la consideración del Ingeniero, quien tomando en consideración lo expuesto por ambas partes, resolverá dentro de la mayor brevedad posible sin interrumpir la referida orden.

(a) **Uso de caminos locales para acarreo.** En obras en que sea necesario el acarreo de material y la movilización de equipo por caminos y calles públicas, el Contratista debe mantener tales caminos y calles, dejándolos en igual o mejor estado al encontrado cuando se inició el acarreo, todo ello a su costa. Las molestias que ocasiona el polvo, debido a las operaciones de acarreo del Contratista por los caminos y calles públicas, debe reducirlas en la forma más satisfactoria posible, como se indica en la Sección 314.

(b) **Acceso a propiedades adyacentes.** El Contratista debe construir todos aquellos accesos a la propiedad adyacente a la carretera, siguiendo las indicaciones del Delegado Residente para cada caso. Cuando ya exista un acceso en uso, éste no podrá cerrarse sino hasta que se habilite el nuevo.

Cuando el Ministerio resuelva la intervención de la obra, el mantenimiento de la misma correrá a cargo de la entidad interventora o según se estipule en el documento de intervención.

En los cruces de corrientes de agua, donde no existan estructuras y cuando en el contrato no se considere la construcción de nuevas estructuras, no se requerirá que el Contratista provea pasos para el público a través de dichas corrientes, a menos que se establezca de otra manera en las Disposiciones Especiales.

155.08 Operaciones nocturnas. Las operaciones de construcción se deberán realizar durante las horas diurnas ($\frac{1}{2}$ hora después de la salida del sol a $\frac{1}{2}$ hora antes de la caída del mismo).

Cuando se permitan las operaciones nocturnas, se deberá suministrar un sistema de iluminación previamente aprobado por el Delegado Residente. Para obtener dicha aprobación, se deberá indicar los tipos de luces, intensidad, altura, localización y la manera en que se moverán las luces. Esta información se deberá presentar por lo menos 14 días antes de utilizar el sistema. Se deberá utilizar una fuente independiente distinta a los faros de los vehículos y del equipo de construcción. Se debe suministrar e instalar el sistema aprobado para iluminar toda el área de trabajo. Las luces deberán ser ubicadas de tal forma que no alumbren directamente a los conductores de vehículos que viajen en cualquier dirección. Si la operación del equipo de construcción es móvil, las luces se deberán mover junto con el equipo. Se deberá proveer iluminación en las localizaciones de los banderilleros. Todos los vehículos deberán ser equipados con una luz amarilla intermitente colocada en el techo. Todos los avisos de precaución serán obligatorios de acuerdo con la Sección 708 en lo que sea aplicable de conformidad con las indicaciones del Delegado Residente.

155.09 Mantenimiento de la carretera durante los períodos de suspensión y descanso. El Contratista dará mantenimiento al tránsito en aquellas partes del proyecto y caminos provisionales o partes de los mismos que sean necesarios para acomodar el tránsito durante períodos de suspensión parcial de trabajo o períodos de suspensión total.

Antes de las suspensiones de trabajo, el Contratista deberá dar el mantenimiento y abrir al tránsito a las partes del proyecto y caminos provisionales o partes de éstos, para acomodarlo en tal condición que el camino utilizado por el tránsito se pueda mantener con mantenimiento rutinario, de acuerdo a lo establecido en la Especificación 155.07

El Contratista debe planear su trabajo para que no cause inconveniencias al público, ni dañe la carretera.

155.10 Aceptación. Los trabajos relacionados con la Señalización, Control del Tránsito y Mantenimiento de la Carretera deben ser aceptados por el Delegado Residente de acuerdo con el Plan de Seguridad

Control de Tránsito y Mantenimiento de la Carretera presentado por el Contratista y aprobado por el Ingeniero

155.11 Medida. La medida de los trabajos de mantenimiento y control del tránsito del área del proyecto efectuados para garantizar el tránsito seguro y confortable del usuario durante la ejecución de la obra será por suma global dentro de la que estarán incluidos los dispositivos utilizados para el Control Temporal del Tránsito indicados en la Sección 708.

155.12 Pago. El pago de los trabajos de mantenimiento y control del tránsito del área del proyecto medidos y aprobados como se indica anteriormente se hará dividiendo el total de la suma global entre el número de meses del período contractual, siendo el pago mensual. El Delegado Residente aprobará el pago siempre y cuando las actividades de mantenimiento se hayan efectuado en su totalidad de acuerdo con el plan de Seguridad, Control del Tránsito y Mantenimiento de la Carretera aprobado por el Ingeniero. No se reconocerán pagos por los trabajos parciales. Más aún, el Delegado Residente no procesará la estimación del mes respectivo si el presente Renglón no se acepta en su totalidad.

DIVISIÓN 200
MOVIMIENTO DE TIERRAS

SECCIÓN 201
RETIRO DE ESTRUCTURAS,
SERVICIOS EXISTENTES Y OBSTÁCULOS

- 201.01 Definiciones.
- 201.02 Descripción.
- 201.03 Retiro de estructuras existentes.
- 201.04 Retiro de servicios existentes.
- 201.05 Retiro de obstáculos.
- 201.06 Retiro de restos y vestigios históricos o arqueológicos.
- 201.07 Medida.
- 201.08 Pago.

201.01 Definiciones.

Estructuras existentes. Son casas, edificios, pavimentos, aceras, puentes, alcantarillas y otras estructuras.

Servicios existentes. Son los servicios públicos y privados, tales como de telecomunicaciones, ferroviarios, de energía eléctrica, tuberías de agua potable, drenajes domiciliarios y otros.

Obstáculos. Son árboles, arbustos, cultivos, plantas, postes, cercas, señales, indicadores, monumentos y otros.

201.02 Descripción. Este trabajo consiste en el retiro total o parcial por medios mecánicos, manuales o los que sean adecuados para la satisfactoria disposición de las estructuras, servicios existentes y obstáculos citados en 201.01; las excavaciones y rellenos compactados que sean necesarios; la recuperación y utilización de los materiales, artefactos u otros bienes, cuando así se indique en las Disposiciones Especiales; y la protección de las estructuras, servicios existentes y obstáculos que deban permanecer en su lugar, como se estipula en 108.14 y 108.16. Todo de conformidad con lo que se muestre en los planos y/o describa en las Disposiciones Especiales o como se establece en 104.03. Se exceptúa cualquier trabajo descrito en esta Sección y que se deba de ejecutar con cargo a otro Renglón de contrato.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

201.03 Retiro de estructuras existentes. Se debe efectuar como sigue:

(a) **Retiro de casas o edificios.** El Contratista debe retirar por medios mecánicos, manuales o los que sean adecuados y disponer de las casas o edificios, incluyendo cimientos, equipo, artefactos, muebles, enseres u otros bienes, como se indique en los planos y/o describa en las Disposiciones Especiales.

Las excavaciones que queden como resultado del retiro de los cimientos o de la estructura, se deben llenar hasta el nivel del terreno circundante, y si éstas están dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se debe compactar de acuerdo con los requisitos aplicables de los indicados en la Sección 203 o hacer uso de rellenos con suelo cemento plástico indicado en la Sección 312.

Cuando el trabajo incluya la demolición de casas o edificios, el Contratista debe previamente tomar las precauciones necesarias, para evitar daños a las propiedades adyacentes y proteger la vida de las personas. Los cimientos se deben demoler hasta una profundidad mínima de 60 centímetros por debajo del terreno natural. Los materiales y escombros deben ser retirados del derecho de vía y ser colocados en donde se haya indicado en los planos o Disposiciones Especiales o lo autorice el Delegado Residente. No se debe permitir que los desechos de demolición ingresen en las vías pluviales, carriles abiertos al tráfico o en áreas designadas como no perturbables.

(b) **Retiro de pavimentos, aceras y otros.** Los pavimentos, aceras y bordillos, bases de cemento y otros designados en los planos y/o descritos en las Disposiciones Especiales para su remoción, deben ser quebrados en pedazos de tamaño apropiado, para que puedan ser utilizados en la construcción de rellenos o disponer de ellos como sea autorizado por el Delegado Residente. Cuando se usen en la construcción de rellenos, el tamaño máximo de cualquier fragmento no debe exceder de $\frac{2}{3}$ del espesor de la capa en que se vayan a colocar. Cuando este material no sea utilizado para rellenos, en ningún caso el volumen de los fragmentos debe exceder de 28 decímetros cúbicos, debiendo ser apilados en los lugares que hayan sido designados en los

planos o Disposiciones Especiales, a menos que el Delegado Residente autorice otro lugar.

- (c) **Retiro de puentes, alcantarillas y otras estructuras.** Cuando estas estructuras estén en servicio para el tránsito público, no deben ser retiradas por el Contratista, sino hasta que éste haya efectuado los trabajos necesarios para no interrumpir el tránsito. El Contratista someterá a la aprobación del Delegado Residente un plan de desviaciones con su señalización temporal respectiva, incluyendo un programa de control de tránsito detallado por etapas, para asegurar el correcto y continuo flujo vehicular previo y durante la ejecución de los trabajos proyectados.

A menos que se autorice de otra manera, las subestructuras existentes deben ser demolidas hasta el fondo natural o lecho del río, y las partes que se encuentren fuera de la corriente, se deben demoler hasta por lo menos 60 centímetros más abajo de la superficie natural del terreno. Cuando las partes de la estructura existente se encuentren dentro de los límites de construcción de la nueva estructura, dichas partes se deben demoler hasta donde sea necesario, para permitir la construcción de la estructura proyectada. En ningún caso, para evitar accidentes no se debe dejar acero de refuerzo expuesto.

Cuando se especifique en las Disposiciones Especiales que los puentes de acero deban ser recuperados, éstos deben ser desarmados cuidadosamente para no dañarlos. Las piezas de acero se deben marcar y se deberá suministrar un conjunto de planos identificando las piezas.

Todo el material rescatado se debe almacenar en los lugares que se indiquen en las Disposiciones Especiales o donde lo autorice el Delegado Residente.

El Contratista debe demoler o dinamitar una estructura, con anterioridad al comienzo de la nueva obra, salvo que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra manera.

Los cimientos y otras estructuras subterráneas se deben demoler hasta las profundidades

mínimas siguientes: en áreas de excavación, 60 centímetros debajo de la subrasante; en áreas que vayan a cubrirse con terraplenes de 1 metro de altura o menos, 1 metro debajo de la subrasante; y en áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de más de 1 metro de altura, no es necesario demoler la estructura más abajo del nivel del terreno original, excepto cuando se indique de otra manera en los planos o en las Disposiciones Especiales.

El concreto que se haya demolido y que sea de tamaño apropiado para ser utilizado por el Estado, debe ser apilado en los lugares que muestren los planos o se describan en las Disposiciones Especiales, excepto que el Delegado Residente lo autorice de otra manera.

Cualquier tipo de alcantarilla que deba ser quitada, se debe hacer cuidadosamente y tomando todas las precauciones necesarias para evitar que se maltrate o rompa, salvo que se establezca en otra forma en las Disposiciones Especiales. La alcantarilla que se reutilizará, si ésta cumple con las Especificaciones de calidad y durabilidad adecuadas para reutilizarse, debe ser trasladada y almacenada cuando sea necesario, para evitar pérdidas o daños antes de ser instalada de nuevo. El Contratista, a su costa, debe reponer la alcantarilla que se extravíe o dañe, si esto es debido a negligencia de su parte.

201.04 Retiro de servicios existentes. El Contratista debe retirar, cambiar, restaurar o proteger contra cualquier daño los servicios públicos o privados existentes según se indique en los planos o se describa en las Disposiciones Especiales. Para servicios de naturaleza especializada, se deberá de informar a la empresa propietaria de dicho servicio para que puedan proceder a la brevedad posible a efectuar los trabajos adecuados para no afectar los trabajos de construcción.

El retiro, cambio o restauración, debe efectuarlo el Contratista con especial cuidado y tomando todas las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa, o si esto es inevitable, reducir la

interrupción al mínimo de tiempo necesario para efectuar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.

Cuando el trabajo consista en protección, el Contratista debe proporcionar e instalar las defensas apropiadas que sean indicadas en los planos o en las Disposiciones Especiales o que sean autorizadas por escrito por el Delegado Residente.

201.05 Retiro de obstáculos. El Contratista debe eliminar, retirar, recolocar o proteger los obstáculos, según se muestre en los planos o describa en las Disposiciones Especiales. Cuando no se deban remover, el Contratista debe tener especial cuidado, a efecto de protegerlos contra cualquier daño y proporcionar e instalar las defensas apropiadas que sean indicadas en los documentos citados, o autorizadas por escrito por el Delegado Residente.

201.06 Retiro de restos o vestigios históricos o arqueológicos. Es preciso que, si durante los cortes del terreno hechos por el Contratista, se encuentran rasgos culturales, se debe suspender inmediatamente la excavación y comunicarlo al Instituto de Antropología e Historia, IDAEH, para que se realice el salvamento correspondiente. Dicha suspensión será por el tiempo que sea necesario y conforme lo establece el reglamento para desarrollar proyectos de investigación arqueológica.

Los salarios que ha de devengar el personal profesional y operativo a cargo de la investigación, los gastos por concepto de transporte de personal, embalaje y transporte de materiales, la compra de los materiales requeridos en la consolidación y eventual restauración de los bienes arqueológicos y de los gastos relacionados con el transporte, alojamiento y alimentación de los miembros que integren la comisión que a solicitud de la Dirección General de Protección del Patrimonio Cultural y Natural deba realizarse, deben ser cubiertos por quien financia el proyecto, conforme se establece en dicho reglamento. Los gastos imprevistos relacionados con la investigación arqueológica de sitios en los lugares en que se realicen las modificaciones al trazo propuesto, ya en la etapa de construcción, serán pagados al

Contratista como Trabajos por Administración, a menos que en las Disposiciones Especiales se haya establecido clara y anticipadamente los trabajos que deban realizarse y se haya creado un Renglón específico para cubrirlos.

201.07 Medida. La medida se debe hacer como una unidad completa; del número de metros cuadrados con aproximación de dos decimales; o del número de metros lineales con aproximación de dos decimales, del trabajo que corresponda de esta Sección y que haya sido satisfactoriamente ejecutado de conformidad con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, según la unidad de medida que se estipule en los documentos de oferta, que puede ser:

- Como una unidad completa, cuando se trate de retiro de estructuras, servicios existentes u obstáculos.
- Por metro cuadrado, en el caso de retiro de pavimentos, aceras y otros.
- Por metro lineal, cuando se trate de retiro de alcantarillas, tuberías de agua potable y drenajes domiciliarios, servicios existentes y obstáculos.

201.08 Pago. El pago se debe hacer por suma global; por el número de metros cuadrados; o por el número de metros lineales, según el caso, medidos como se indica anteriormente, al costo de contrato del Renglón de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

SECCIÓN 202
LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE

- 202.01 Definición.
- 202.02 Descripción.
- 202.03 Limpia, chapeo y destronque.
- 202.04 Remoción y eliminación de materiales.
- 202.05 Medida.
- 202.06 Pago.

202.01 Definición.

Limpia, chapeo y destronque. Son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos de terracería y otros, con el objeto de eliminar toda clase de vegetación existente.

202.02 Descripción. Este trabajo consiste en el chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que están dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de bancos de préstamo, excepto la vegetación que sea designada para que permanezca en su lugar, o que tenga que ser removida de acuerdo con otras Secciones de estas Especificaciones Generales. El trabajo también incluye la debida preservación de la vegetación que se deba conservar, a efecto de evitar cualquier daño que se pueda ocasionar a la carretera o a cualquier propiedad.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

202.03 Limpia, chapeo y destronque. Los límites del área que deba ser limpiada, chapeada y destroncada son los que corresponden al límite del Derecho de Vía con sus excedentes indicados en los planos según corresponda a la extensión de los taludes de corte y relleno, o como se indique en las Disposiciones Especiales.

Si dentro de esta área el especialista ambiental de la Supervisora establece que existen árboles bajo protección especial, de conformidad con la lista roja de flora silvestre elaborada por el CONAP, debe informarlo inmediatamente al Delegado Residente para que éste ordene al Contratista que ejecute las medidas necesarias a tomar para su debida protección.

Antes de efectuar la tala de árboles, el Contratista deberá cumplir con los requisitos correspondientes del INAB y del CONAP o de la entidad correspondiente. Cuando dentro de estos

requisitos se establezca la necesidad de reforestar, el Contratista debe efectuar estos trabajos de acuerdo con lo indicado en la Sección 804.

Al efectuar la tala de árboles, éstos se deben botar hacia el centro del área que deba limpiarse, de tal manera que no se dañen las propiedades adyacentes o los árboles que deban permanecer en su lugar.

En áreas pantanosas o cenagosas que estén dentro de los límites de construcción, los árboles se deben cortar a ras del nivel del terreno o del agua y luego desraizar.

Con el objeto de evitar la erosión, el Delegado Residente ordenará, cuales árboles y otra vegetación situados dentro de los límites del derecho de vía, pero fuera del área de construcción debe permanecer en su lugar.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre la carretera se deben cortar o podar para dejar un claro de 6 metros a partir de la superficie de la misma.

En áreas donde se deba efectuar la excavación no clasificada, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deben ser removidos hasta una profundidad no menor de 600 milímetros debajo de la superficie de la subsanante; y el área total debe ser limpiada de matorrales, troncos carcomidos, raíces y otras materias vegetales u orgánicas susceptibles de descomposición.

Las áreas que se deban cubrir con terraplenes mayores de 1200 milímetros se deben desraizar a una profundidad no menor de 300 milímetros. Troncos con diámetro mayor a 600 milímetros y que sobresalgan más de 150 milímetros sobre terreno natural, deberán retirarse y desraizarse.

Todos los troncos que estén fuera del área de excavación o de terraplenes, deben ser desraizados

a una profundidad no menor de 300 milímetros debajo de la superficie del terreno original.

202.04 Remoción y eliminación de materiales. El Contratista debe tomar en cuenta que el Estado puede permitir a los propietarios que retiren la madera utilizable, con anticipación a las operaciones de limpia, chapeo y destronque.

Los árboles que tale el Contratista y que tengan un valor comercial, deben ser despojados de las ramas y cortados en trozas de un tamaño conveniente, las que deben ser debidamente apiladas a lo largo del derecho de vía. Se considera madera comercial, aquella de la cual se puedan obtener trozas, pilotes, postes, durmientes y leña, la que se reservará para su utilización, como lo disponga el Delegado Residente, con excepción de la que sea cortada por los propietarios. No se le exigirá al Contratista que corte madera comercial, con longitudes menores de 4 metros.

Exceptuando la madera comercial citada, se debe retirar del lugar de la obra, de la manera que se indica más adelante, todos los troncos de árboles, tocones, ramas y cualesquiera otros residuos removidos durante las operaciones de limpia, chapeo y destronque, las que se deben efectuar antes de que principien las operaciones de terracería. El área del derecho de vía, así como las áreas adyacentes, deben quedar completamente limpias de desechos, materias inflamables y con la mejor apariencia.

El material debe ser dispuesto de manera legal, fuera del proyecto. Para ello, el Contratista debe suministrar una copia firmada del acuerdo para la disposición de los materiales, antes de iniciar el retiro de éstos. En ningún caso, se permitirá la quema de los materiales dentro del área del proyecto.

En ningún caso, se deben dejar desechos o troncos a la vista en la carretera, ni se deben depositar en lugares adyacentes al derecho de vía.

202.05 Medida. La medida se debe hacer del número de hectáreas, con aproximación de cuatro decimales, que hayan sido satisfactoriamente limpiadas, chapeadas y destroncadas, de conformidad con estas Especificaciones Generales.

Las medidas para el cálculo del área se deben hacer horizontalmente, incluyendo los bancos de préstamo. El ancho del terreno que debe ser limpiado, chapeado y destroncado, es el comprendido entre los límites del derecho de vía, salvo que se indique de otra manera en los planos, en las Disposiciones Especiales o por el Delegado Residente.

No se hará ninguna medida por la limpia, chapeo y destronque, que sean requeridos en la construcción de campamentos y caminos de acceso.

202.06 Pago. El pago se debe hacer por el número de hectáreas medidas como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a la Limpia, Chapeo y Destronque, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 203

EXCAVACIÓN Y TERRAPLENES

- 203.01 Definiciones.
- 203.02 Descripción.
- 203.03 Renglones de trabajo.
- 203.04 Excavación.
- 203.05 Terraplenes en general.
- 203.06 Pedraplenes.
- 203.07 Terraplenes.
- 203.08 Compactación.
- 203.09 Mantenimiento y estabilidad.
- 203.10 Limpieza final.
- 203.11 Medida.
- 203.12 Pago.

203.01 Definiciones.

Corte. Es el material no clasificado que se excava o remueve dentro de los límites de construcción, para utilizarlo en la construcción de terraplenes.

Excavación no clasificada. Es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independientemente de su naturaleza o de sus características, dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier otro elemento incluido en la construcción de la carretera. Cuando se hayan completado todos los rellenos y demás elementos con el material proveniente del corte y exista material sobrante, éste tendrá que desperdiciarse cuando así haya sido contemplado en el diseño o porque el material es inadecuado. Para efectos de pago, toda la excavación será no clasificada.

Excavación no clasificada de desperdicio. Es el material resultante de la excavación que de acuerdo con los planos constituye sobrante o que sea material inadecuado para la construcción de la obra.

Excavación no clasificada para préstamo. Cuando todo el material proveniente del corte sea insuficiente para completar los rellenos y terraplenes de conformidad con los planos, tendrá que recurrirse a obtener materiales provenientes de áreas ubicadas fuera de los límites de construcción o de bancos de préstamo.

Límites de construcción. Es el área de terreno comprendida entre las intersecciones de los planos de los taludes, con el terreno original. En algunos casos, estos límites se extienden más allá de los correspondientes al derecho de vía.

Materiales inadecuados. Son materiales inadecuados para la construcción de terraplenes y subrasante, los siguientes:

(a) Los correspondientes a la capa vegetal.

(b) Los clasificados en el grupo A-8, AASHTO M 145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación es basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0.075 mm (Nº 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia.

Remoción y prevención de derrumbes. Remoción de derrumbes es la operación de remover el derrumbe o deslizamiento del talud original que caiga sobre la carretera. La prevención de derrumbes incluye medidas necesarias indicadas en los planos o establecidas por el Delegado Residente, para evitar que el derrumbe o deslizamiento pueda ocurrir.

Sección Típica. Es la representación gráfica transversal y acotada mostrada en los planos, que indica las partes componentes de una carretera.

Subexcavación. Es la operación de remover el material inadecuado que se encuentre debajo del nivel de la subrasante en las secciones de corte o debajo del nivel del terreno natural en secciones de terraplén o relleno acuñado.

Taludes. Son los planos inclinados de la terracería, que delimitan los volúmenes de corte o terraplén.

Terracería. Es el prisma en corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera mostradas en la Sección Típica.

Terraplén o relleno. Es la estructura que se construye con los materiales que se especifican en la Especificación 203.07 y en capas sucesivas hasta la elevación indicada en los planos.

Pedraplén. Es un elemento constructivo que consiste en el tendido y colocación de materiales pétreos procedentes de excavaciones de roca de conformidad con lo indicado en la Especificación 203.06.

203.02 Descripción. Este trabajo consiste en la excavación, remoción, retiro, construcción, conformación, compactación y suministro e incorporación del agua requerida para efectuar estas operaciones; excavación de cunetas, contracunetas y su prolongación; afinamiento, acabado y terminación de todo el trabajo de terracería. El trabajo también incluye el retiro y reemplazo del material inadecuado que se encuentre en áreas inestables; remoción y prevención de derrumbes, excavación de bancos de préstamo aprobados, transporte del material dentro de la distancia de acarreo libre e incorporación de este a la obra.

Cuando en los documentos de oferta, se indiquen como renglones separados, el de excavación no clasificada de material de desperdicio o el de excavación no clasificada para préstamo, los trabajos correspondientes al Renglón o renglones citados se pagarán de conformidad con sus respectivos renglones. Si en los documentos citados, se consigna únicamente el Renglón de excavación no clasificada, con cargo a este Renglón se deben efectuar todos los trabajos especificados en esta Sección.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

203.03 Renglones de trabajo. Los trabajos de esta Sección están comprendidos en los cinco renglones siguientes:

- (a) Excavación no clasificada.
- (b) Excavación no clasificada de material de desperdicio.
- (c) Excavación no clasificada para préstamo.
- (d) Subexcavación.
- (e) Remoción y Prevención de derrumbes.

203.04 Excavación. Se debe sujetar a lo siguiente:

(a) **Límites de la excavación.** Los taludes de corte deben quedar conformados como se muestra en los planos.

Cuando las propiedades de los materiales permitan una adecuada estabilidad, todos los taludes de corte deben quedar con superficies ásperas uniformes, sin quiebres notorios visibles desde la carretera. Cuando sea necesario, deben ser recubiertos con los métodos de protección y control de la erosión indicados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. Se deben redondear la corona y el pie de los taludes exceptuando los taludes de roca sólida.

Se debe conformar la subrasante hasta obtener una superficie lisa y con la sección transversal requerida. Se debe conformar los taludes para obtener una transición gradual con otros taludes sin que se noten los quiebres. Al final de los cortes y en la intersección de cortes con terraplenes, se deben ajustar los taludes en los planos horizontal y vertical para que se empalmen uno con otro o al terreno natural.

Las cunetas que drenen el agua de los cortes a los terraplenes, se deben construir de tal forma, que se evite cualquier daño por erosión a dichos terraplenes, dándoles una pendiente adecuada y construyendo de ser necesario, disipadores de energía como se indica en la Sección 612 proporcionando estructuras de descarga revestidas y escalonadas para la protección de los taludes de relleno, removiendo todas las raíces, rocas o materias similares salientes que obstruyan el libre flujo de las aguas y que se embalsen sobre el terraplén. Todo el material excavado de las cunetas se debe depositar fuera de los límites de la carretera, salvo que se indique de otra manera en los planos o lo autorice por escrito el Delegado Residente; este material no se debe dejar apilado de forma que tenga mal aspecto, sino que se debe esparcir en capas uniformemente conformadas.

Se debe remover en los 150 milímetros superiores del lecho de la carretera todos los fragmentos con un tamaño mayor de 150 milímetros. Se debe remover el material inadecuado del lecho de la carretera y reemplazarlo con material adecuado. Se debe dejar el nivel de la subrasante de la carretera dentro de ± 15 milímetros y los niveles de roca dentro de ± 30 milímetros de la alineación y rasante especificada.

Todas las excavaciones se harán de tal forma, que drenen apropiadamente para evitar estancamientos de agua. Durante la construcción, pueden ampliarse los cortes o variarse la pendiente de los taludes, si las necesidades del trabajo o la estabilidad del material así lo requiere, o si es necesario garantizar la obtención de material adicional, siempre que específicamente lo autorice por escrito el Delegado Residente.

La inclinación de los taludes deberá estar de acuerdo con lo indicado en los planos en base a los estudios geológicos y geotécnicos efectuados como parte del diseño. En los casos en donde no se pueda alcanzar una inclinación adecuada se realizarán trabajos de protección y estabilización de conformidad como se indica en la Sección 211 o en la División 250, según corresponda y lo ordene el Delegado Residente.

Cuando al efectuar los trabajos de excavación y construcción de terraplenes se encuentren suelos que tengan características que indiquen la posibilidad de ser inestables, el Contratista dará aviso inmediato al Delegado Residente para que se efectúen los estudios geotécnicos que correspondan y se definan los cambios pertinentes para evitar derrumbes, asentamientos o desplazamientos, al efectuar los trabajos de excavación o relleno.

El material que excavue el Contratista fuera del área de construcción, será a su costa.

(b) Excavación no clasificada. Siempre que sea factible, los materiales adecuados que se corten

dentro de la sección de la carretera se deben de utilizar en la construcción de terraplenes o rellenos, subrasantes, hombros, ampliación y acabado de los taludes de terraplenes y para todos aquellos usos que se indiquen.

Donde sea posible, la parte de la subrasante sobre la que se tenga que colocar la Subbase, se debe construir con los mejores materiales disponibles, provenientes de excavaciones adyacentes a la carretera y bancos de préstamo. Todo el material sobrante que sea de buena calidad se debe utilizar en la ampliación de terraplenes, dentro del límite de acarreo libre, salvo que se indique de otra manera en los planos o lo ordene el Delegado Residente. Ningún material excavado se debe desperdiciar, a menos que esté indicado en los planos o lo autorice por escrito el Delegado Residente, quien determinará los lugares para depositarlo.

(c) Excavación no clasificada de desperdicio. El material de desperdicio, o sea el sobrante de la Excavación No Clasificada deberá colocarse por capas en forma controlada en los vertederos o botaderos indicados en los planos o autorizados por el Delegado Residente con aprobación del ingeniero.

Cuando en los planos o en las Disposiciones Especiales se permita la colocación del material de desperdicio en la parte exterior del talud de corte, la colocación de este material no deberá ocasionar ningún daño a la propiedad privada, a la vida humana, a sembradíos, ni contaminar ninguna corriente de agua, ni obstruir la infiltración de la misma hacia el subsuelo, así como tampoco obstruir los canales de entrada y salida de las alcantarillas colocadas o de las que se deban de colocar, ni cubrir las áreas donde se construirán las cimentaciones de las estructuras.

Cuando el material de desperdicio sea colocado adyacente a taludes existentes, deberá ser colocado por capas escalonadas traslapadas con el talud existente. Cuando se requiera limitar el área de disposición de material de desperdicio,

deberán construirse muros de contención al pie del nuevo talud formado por el material de desperdicio. Asimismo, se deberá vegetar la superficie del talud y proveer los drenajes necesarios. La revegetación y la protección contra la erosión deberán ser efectuadas de acuerdo con lo indicado en la División 800.

Cuando en las Disposiciones Especiales o en los planos se establezca la localización y condiciones en las que el material de desperdicio debe ser colocado, este material deberá ser depositado en los botaderos autorizados y colocado en capas no mayores de 300 milímetros de espesor, compactadas con banda de tractor o rodos vibratorios, lisos o del tipo pata de cabra a un porcentaje de compactación del 90% Proctor Estándar AASHTO T99, a menos que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra forma.

En el caso de que los botaderos se localicen en áreas de material cárstico y no esté indicado en las Disposiciones Especiales la colocación de material de desperdicio se deberá efectuar orientado a favorecer los procesos de drenaje e infiltración.

La superficie y los taludes del material de desperdicio colocado, deberán ser revegetados de acuerdo con lo indicado en la División 800 y se les deberá proveer de los drenajes adecuados.

(d) Excavación no clasificada para préstamo. Se debe recurrir a préstamo, solamente cuando esté indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales, o lo autorice por escrito el Delegado Residente.

El Contratista debe notificar al Delegado Residente, con suficiente anticipación, la necesidad de efectuar cualquier excavación de préstamo, a efecto de permitir la medida exacta del banco de préstamo, puesto que no se pagará ningún material excavado, antes de que se hayan tomado dichas medidas.

Las áreas de préstamo deben ser limpiadas, chapeadas y destroncadas, antes de iniciar la excavación. Salvo que en las Disposiciones Especiales se estipule de otra manera, dichas operaciones deben ser ejecutadas y pagadas con cargo a la Sección 202. El material de préstamo debe ser medido en la misma forma que la excavación no clasificada y pagado al costo unitario de contrato correspondiente al Renglón de excavación no clasificada para préstamo. Los bancos de préstamo deben ser excavados en tal forma, que tengan un drenaje adecuado y con taludes conformados con ángulo de inclinación de acuerdo con un estudio geotécnico para reducir la probabilidad de derrumbes.

El material de préstamo debe ser colocado para completar los rellenos y terraplenes de conformidad con los planos o como lo ordene el Delegado Residente.

(e) Subexcavación. Cuando, dentro de los límites de la carretera, se encuentre fango u otro material inadecuado para la cimentación, subrasante u otras partes de la carretera, el Contratista debe excavar tal material, por lo menos a 30 centímetros debajo de la cota de la subrasante o a la profundidad que indique el Delegado Residente. En forma complementaria se podrá considerar el mejoramiento usando para el efecto geosintéticos, como se indica en la Sección 211. El Contratista debe llenar la excavación efectuada, con material adecuado, el cual debe ser debidamente conformado y compactado.

El material inadecuado debe ser retirado por el Contratista y se debe depositar en los sitios que indique el Delegado Residente y debe ser colocado en capas sin requerir compactación controlada. Cuando el material inadecuado se coloque en capas en una ladera previo a su colocación deben construirse rampas de engrape con el terreno natural. No se deberá mezclar el material resultante de la limpia con el material de desperdicio.

(f) Remoción y prevención de derrumbes. Los derrumbes existentes al iniciarse los trabajos de ampliación, mejoramiento o pavimentación de una carretera, así como los que ocurran durante el transcurso de los trabajos de una obra, deben ser removidos por el Contratista. Por estos trabajos de remoción y prevención de derrumbes, el Contratista recibirá pago como se indica en esta Sección, salvo cuando los derrumbes se deban a causas que le sean imputables, en cuyo caso deberá removerlos a su costa.

Para prevenir los derrumbes, el Delegado Residente puede ordenar por escrito al Contratista que ejecute trabajos de prevención. Cuando sea necesario los trabajos de prevención serán respaldados por planos de la estabilización y protección de estos trabajos, de conformidad con un estudio geotécnico del sitio. La realización de dichos estudios y planos se efectuarán con cargo al Renglón de trabajos por administración.

(g) Cortes en roca. Todo el material rocoso, incluyendo piedras grandes que se encuentren en el lecho del camino, debe ser excavado como sigue: transversalmente, hasta los límites laterales del citado lecho mostrados en los planos; y 300 milímetros debajo de la subrasante. El vaciado ocasionado por la excavación se debe llenar hasta el nivel de la subrasante, con material de igual calidad al de ésta, que sea aprobado por el Delegado Residente.

Cuando lo autorice el Delegado Residente, en vez de efectuar la excavación anteriormente citada, se puede colocar sobre la roca una capa de por lo menos 300 milímetros de espesor de material adecuado. En ningún caso se permitirán rocas aisladas mayores de 100 milímetros, en dicha capa.

Al dinamitar la roca para formar los taludes, se debe dejar una superficie razonablemente uniforme, removiendo inmediatamente todas las rocas sueltas. La roca se debe dinamitar de acuerdo con lo indicado en la Sección 210.

(h) Contracunetas. La excavación de las contracunetas en la parte superior de los taludes de corte se debe efectuar donde lo indiquen los planos o el Delegado Residente y se construirán de conformidad con lo indicado en la Sección 204.

203.05 Terraplenes en general. En todas las áreas donde se vayan a construir terraplenes, se deben terminar previamente los trabajos correspondientes a limpia, chapeo y destronque, retiro de estructuras, servicios existentes, obstáculos y, si fuese requerido, subdrenajes, drenajes y retiro de material inadecuado.

Como parte del trabajo de esta Sección, deben ser llenados y compactados perfectamente todos los agujeros y otras excavaciones pequeñas que queden con motivo del destronque, dentro de los límites del terraplén. La superficie del terreno, incluyendo tierra arada o suelta o la que sea erosionada debido a pequeños deslaves, deslizamientos u otras causas, se debe nivelar a efecto de compactar el terraplén en capas uniformes.

Cuando el terraplén a construir tenga 1 metro o menos de altura y el terreno original requiera ser escarificado, éste debe ser compactado a la misma densidad y por el mismo método especificado para la colocación del relleno. Cuando se construya un terraplén sobre una capa de balasto existente, se deberá escarificar la capa de balasto hasta una profundidad mínima de 150 milímetros debajo del nivel superior de dicha capa y se deberá compactar la subrasante de acuerdo con lo indicado en 203.10. Cuando se construya un terraplén sobre un pavimento existente, se deberá escarificar y homogeneizar 200 milímetros debajo de la capa de rodadura.

La subrasante expuesta, nueva o existente en todo el ancho de la sección, deberá ser conformada y compactada de acuerdo con lo indicado en 203.08.

Antes de que sean colocados los materiales de un terraplén en ladera, la superficie se debe limpiar de toda vegetación y capa vegetal, debiendo enseguida construir terrazas o remover el terreno,

escarificándolo hasta una profundidad no menor de 150 milímetros. En las laderas que tengan una pendiente igual o mayor de 2 ½ horizontal a 1 vertical, se deben construir terrazas. El terraplén debe ser construido en capas, como se especifica más adelante en esta Sección, principiando en la parte más baja, en capas de anchos parciales y aumentando tales anchos conforme vaya aumentando la altura del terraplén. El material que haya sido aflojado, debe ser recompactado simultáneamente con el material de terraplén colocado a la misma elevación.

Cuando los terraplenes se deban construir adyacentes a, o contiguos a carreteras existentes, los taludes de dichas carreteras deben ser escarificados hasta una profundidad no menor de 150 milímetros. El terraplén se debe construir en terrazas en forma escalonada en capas sucesivas, anclando cada capa contra el talud existente, hasta alcanzar el nivel de la carretera existente, si de conformidad con el diseño se requiere una mayor altura de terraplén, para continuar el terraplén, la parte superior de la carretera se debe escarificar, homogenizar y recompactar con la siguiente capa del terraplén. Si se requieren capas adicionales, no se deben exceder los espesores permisibles de cada capa.

Cuando en la construcción del terraplén se termine todo el material resultante de los trabajos de excavación no clasificada, el terraplén deberá completarse con material de préstamo.

Todos los terraplenes se deben construir hasta llegar a las elevaciones de subrasante establecidas en el diseño u ordenadas por el Delegado Residente y serán trabajados en capas aproximadamente paralelas a la subrasante indicada, salvo que en los planos se indique otra forma de construcción de dichas capas.

El Contratista debe compactar los taludes de los lados del terraplén con una compactadora de pata de cabra o por medio de un tractor de bandas. Para pendientes de 1V: 2H (1 vertical a 2 horizontal) o mayores los taludes deben ser compactados conforme progrese la construcción del terraplén.

203.06 Pedraplenes. Los pedraplenes serán aquellos que se construyan con materiales que contengan 25% o

más, en volumen, de partículas de roca con un tamaño mayor que 100 milímetros. Los pedraplenes se deben construir normalmente en capas sucesivas de 300 milímetros de espesor compactado o menos y se deben extender a todo el ancho de la Sección Típica. Cuando el material de relleno esté compuesto de fragmentos de roca muy grandes para ser acomodados en capas de 300 mm, el espesor de la capa puede ser mayor, no obstante, en todo caso el espesor compactado de la capa no debe exceder de 600 milímetros. Las rocas o fragmentos de roca mayores de 600 milímetros podrán ser incorporados reduciéndolos de tamaño o colocándolos individualmente. La roca se debe reducir a un tamaño menor de 1.20 metros en su dimensión más grande y se deberá distribuir dentro del pedraplén de tal forma que queden recubiertas de suelo. No deben de quedar vacíos entre las rocas, los cuales deberán ser llenados.

Cada capa se debe construir en tal forma que los vacíos entre las rocas grandes se llenen con rocas pequeñas, fragmentos de la misma o con suelo.

Ningún material debe ser descargado directamente sobre el borde de un terraplén terminado, ni permitir que ruede o se deslice hasta el pie del talud, excepto: cuando se construya un relleno sobre el agua o terreno pantanoso, en cuyo caso, se puede formar una capa inicial con suficiente espesor para que soporte la maquinaria; y cuando se pase de corte a relleno y la pendiente del terreno exceda del 25%, la descarga se permitirá hasta que la pendiente de la ruta de acarreo sea del 25%.

Antes de colocar un relleno de roca sobre el suelo, éste se debe compactar perfectamente y darle pendiente del centro hacia las orillas para proveer un drenaje adecuado.

Se recurrirá al desperdicio de roca excavada, en forma diferente a lo mostrado en los planos, únicamente con la autorización escrita del Delegado Residente.

Salvo que se prevea de otra manera, los 300 milímetros superiores del pedraplén no deben contener piedras cuya mayor dimensión exceda de 100 milímetros, sino que deben estar compuestos

de material graduado en tal forma, que se asegure la máxima densidad y uniformidad de la capa superficial.

203.07 Terraplenes. Los terraplenes son aquellos compuestos principalmente por suelo y deben ser construidos con materiales adecuados, procedentes de la excavación o de bancos de préstamo aprobados.

Los terraplenes deben ser construidos en capas sucesivas, a todo lo ancho de la Sección Típica, y en longitudes tales, que sea posible el riego de agua y compactación por medio de los métodos establecidos. Los espesores de las capas a ser compactadas deben ser determinados por el Contratista, de conformidad con la capacidad de la maquinaria y equipo que se va a utilizar, debiendo efectuar, para tal efecto, pruebas para determinar el espesor máximo en cada caso, siempre y cuando se llenen los requisitos de compactación que se indican en estas Especificaciones Generales. Como resultado de las pruebas, el Delegado Residente aprobará el espesor de capa máxima a compactar. En ningún caso, el espesor podrá ser menor de 100 milímetros compactados ni mayor de 300 milímetros compactados.

Las cantidades pequeñas de roca que se encuentren al construir un terraplén deben incorporarse a las capas del mismo o colocarse en los rellenos más profundos, dentro de los límites de acarreo mostrados en los planos, siempre que dicha colocación no sea inmediatamente adyacente a estructuras.

Cuando se empalmen dos capas de materiales con diferentes características, cada capa debe formar una cuña de por lo menos 35 metros de longitud o mezclar los materiales de tal manera que se eviten cambios bruscos en las características de los materiales usados en el terraplén. Los materiales apilados o en camellones, deben ser removidos y esparcidos con motoniveladora u otros medios similares. Los terrones y pedruscos se deben quebrar y mezclar con el material del terraplén, con el propósito de obtener un material de densidad uniforme en cada capa. Se debe aplicar el agua requerida, a efecto de que el material tenga su contenido de humedad

necesario para lograr la máxima compactación. Será responsabilidad del Contratista, el asegurar un contenido de humedad uniforme en la totalidad de cada capa, por los medios que sean necesarios.

Cuando se construya un terraplén a media ladera, al llegar tanto el relleno como el corte a la elevación de la subrasante, la parte de la subrasante que quedó en corte se debe de escarificar a una profundidad uniforme de por lo menos 300 milímetros a partir de dicha elevación; el material debe ser mezclado y conformado con motoniveladora, a todo lo ancho incluyendo el terraplén adyacente, aplicándole enseguida agua y compactando de acuerdo con lo que se indica en la Especificación 203.08.

203.08 Compactación.

(a) **Compactación de terraplenes.** Los terraplenes se deben compactar como mínimo al 90 % de la densidad máxima, determinada por el método AASHTO T 180 y en los últimos 300 milímetros se deben compactar como mínimo, al 95% de la densidad máxima determinada por el método indicado anteriormente. Para esta última capa se preferirá el uso de materiales granulares y se evitará emplear suelos de alta plasticidad de los Grupos A-6 y A-7 según la Clasificación AASHTO M 57.

En secciones de corte, la subrasante debe ser escarificada hasta una profundidad de 300 milímetros inmediatamente debajo del nivel de diseño de la subrasante; a continuación, debe ser compactada hasta el 95% de la densidad máxima determinada como se indica en el párrafo anterior. En ambos casos, la compactación se comprobará en el campo, de preferencia mediante el método AASHTO T 191 (ASTM D 1556). Con la aprobación escrita del Delegado Residente, se pueden utilizar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El Contratista debe de controlar el contenido de humedad adecuado, calentando el material y determinando la humedad a peso constante, o por el método del Carburo de Calcio, AASHTO T 217,

a efecto de obtener la compactación especificada. Cada capa debe ser nivelada con equipo adecuado para asegurar una compactación uniforme y no se debe proseguir la compactación de una nueva capa, hasta que la anterior llene los requisitos de compactación especificados.

(b) Compactación de pedraplens.

(1) Para capas con un espesor compactado de 300 milímetros o menos Se debe ajustar el contenido de humedad a un nivel adecuado para la compactación. Se deben llenar los intersticios alrededor de las rocas con suelo u otro material adecuado. Se deben usar rodos de compresión a velocidades menores de 1.8 metros por segundo y compactadores vibratorios a velocidades menores de 1.0 metros por segundo. Se debe compactar cada capa de material, en todo el ancho, utilizando cualquiera de los métodos siguientes:

(i) Más de 80% retenido en el tamiz número cuatro. Se debe ajustar el contenido de humedad a un nivel adecuado para compactación, los espacios entre rocas se deben llenar con material de relleno y usando rodos estáticos a una velocidad menor de 1.8 m/s y compactadores vibratorios a una velocidad menor de 1 m/s se debe de compactar cada capa a todo lo ancho hasta que no haya ninguna evidencia visible de consolidación adicional, de acuerdo con el siguiente procedimiento: Cuatro pasadas de rodo vibratorio con una fuerza dinámica de impacto por vibración de 40,000 libras (180 kN) con una frecuencia mínima de 1000 vibraciones/min (16 Hertz). Para espesores de capa mayores de 300 mm se deben incrementar las cuatro pasadas indicadas anteriormente en una pasada adicional por cada espesor de capa de 150 mm o fracción adicionales.

Alternativamente al procedimiento indicado anteriormente, en este caso, se

podrán aplicar ocho pasadas de rodo de compresión de 20 toneladas métricas u ocho pasadas de rodo vibratorio con una fuerza dinámica de impacto de 30,000 libras (130 kN) con una frecuencia de 1000 vibraciones/min (16 Hertz).

(ii) Retenido en el tamiz número 4, comprendido entre el 50% y 80%, para la compactación de suelos comprendidos en la Clasificación AASHTO A-1, A-5, usar un contenido de humedad correspondiente a la humedad óptima para la compactación de suelos clasificados del tipo A-6 y A-7, éstos se deben de compactar al 95%, usando el ensayo de Proctor Estándar AASHTO T-99, dentro del 2% de la humedad óptima de la porción del material que pasa el tamiz número 4, multiplicando este valor por el porcentaje que pasa el tamiz número 4 y adicionando un 2% de humedad, para determinar la humedad óptima de compactación. En este caso, se deben usar rodos no vibratorios a una velocidad menor de 1.8 m/s y rodos vibratorios a una velocidad menor de 1.00 m/s, compactando cada capa a todo lo ancho.

(iii) Menos del 50% retenido en el tamiz No. 4. Para suelos Con la clasificación AASHTO A-1 o A-2-4, las capas de relleno se deberán de compactar al 95% de la densidad máxima determinada de conformidad con el ensayo Proctor Modificado AASHTO T 180, Método D. Para otros tipos de suelo las capas de relleno se deberán de compactar al 95% de la densidad máxima determinada de conformidad con el ensayo Proctor Estándar AASHTO T 99, Método C.

Los suelos clasificados del tipo A-1 a A-5 se deben de compactar a los contenidos de humedad y densidad especificados para rellenos comunes. La compactación

para suelos del tipo A-6 y A-7 debe de efectuarse dentro del 2% del contenido de humedad óptimo.

En este caso se deben usar compactadoras vibratorias, compactando cada capa a todo el ancho por lo menos al 95% de la densidad máxima indicada anteriormente según corresponda.

La densidad y el contenido de humedad se medirán usando un densímetro nuclear según el ensayo AASHTO T 310 u otro método establecido en las Disposiciones Especiales o aprobado por escrito por el Delegado Residente.

Cuando así corresponda, se efectuarán las correcciones a los ensayos de compactación aplicando los procedimientos definidos en la Especificación AASHTO T 224-10 (Procedimiento de Corrección para Partículas Gruesas en Ensayos de Compactación) según la proporción de partículas gruesas existentes en la capa evaluada.

(2) Para capas con un espesor compactado mayor de 300 milímetros se deberá incrementar esfuerzos de compactación de la forma siguiente:

- (i) Por cada 150 milímetros adicionales o fracción, incrementar el número de pasadas del rodillo indicado anteriormente en los numerales (1-i) y (1-ii) en cuatro pasadas adicionales.
- (ii) Por cada 150 milímetros adicionales o fracción, incrementar el número de pasadas del rodillo indicado en el numeral (1-iii) en ocho pasadas adicionales.

Las compactadoras de rodillo deben ser operadas a velocidades menores de 2 metros por segundo y los rodillos vibratorios a velocidades menores de 1 metro por segundo.

203.09 Mantenimiento y estabilidad. El Contratista es responsable hasta la aceptación final de la obra, de la estabilidad de los terraplenes construidos de acuerdo con los documentos contractuales y debe, a su costa, reemplazar cualesquiera partes que sufran erosiones o desplazamientos, debido a omisiones, descuido o negligencia de su parte. Si el trabajo ha sido efectuado adecuadamente y resultan daños causados por hundimientos o inundaciones, se le pagarán a éste los trabajos necesarios para efectuar las reparaciones correspondientes; salvo que tal inundación se deba a que no se encauzó el agua adecuadamente, o a no haber retirado las formaletas inservibles u otras obstrucciones ocasionadas por las operaciones del Contratista.

203.10 Limpieza final. Después de que hayan sido completamente terminados los trabajos de terracería, se deben limpiar las áreas comprendidas a ambos lados de la carretera, de toda madera de construcción, escombros, maleza, trozas, rocas sueltas, piedras grandes, material regado y demás residuos o deshechos; incluyendo una limpieza general de cunetas, alcantarillas y canales en una longitud de 10 metros a la entrada y salida de las alcantarillas, a efecto de que los lugares citados, queden despejados y acordes con el paisaje natural.

203.11 Medida. No se hará ninguna medida directa de terraplenes. Las operaciones especificadas en esta Sección son inherentes a los trabajos de los renglones de excavación no clasificada, indicados en la Especificación 203.03.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de excavación no clasificada, excavación no clasificada de material de desperdicio, excavación no clasificada para préstamo y subexcavación medidos en su posición original, por medio de secciones transversales como se indica en la Especificación 152.04. Para los derrumbes, la medida del número de metros cúbicos se puede hacer, como sigue: en su posición original por medio de secciones transversales como se indica anteriormente o en su posición final sobre la carretera. En este último caso, la medida se puede hacer por medio de secciones

transversales como se estipula anteriormente o por camionada, según lo disponga el Delegado Residente. La medida incluye todo el trabajo especificado según el Renglón de que se trate y que haya sido satisfactoriamente ejecutado de conformidad con los planos, estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y demás documentos contractuales.

203.12 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en la Especificación 203.11 al costo unitario de contrato correspondiente a los renglones de Excavación no Clasificada y Subexcavación consignados en los documentos de oferta. Dichos costos incluyen el trabajo estipulado en la Especificación 203.03 de esta Sección, según el caso y de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

Por ser inherentes al trabajo de esta Sección, no se efectuará ningún pago por lo siguiente: construir o mantener la entrada y salida a bancos de préstamo; por las operaciones de acabado y limpieza final; por la construcción de terrazas para la colocación de un terraplén en ladera; el transporte de material dentro del límite de acarreo libre; y el suministro e incorporación del agua necesaria para obtener la humedad adecuada. Los trabajos que sea necesario efectuar para la eliminación del agua, son de la responsabilidad del Contratista y debe asumir los costos correspondientes.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Compactación	AASHTO T 180 AASHTO T 191 (ASTM D 1556) AASHTO T 238 y T 239	Clasificación	AASHTO M 145
Determinación de Humedad	AASHTO T 217		

SECCIÓN 204
EXCAVACIÓN DE CANALES

- 204.01 Definición.
- 204.02 Descripción.
- 204.03 Excavación.
- 204.04 Medida.
- 204.05 Pago.

204.01 Definición.

Excavación de canales. Es la construcción de conductos abiertos para la conducción de agua.

204.02 Descripción. Este trabajo consiste en la excavación, remoción, utilización o acondicionamiento de los materiales, para ampliar, profundizar o rectificar canales existentes; o construir canales nuevos, incluyendo las contracunetas, los canales en la entrada y salida de alcantarillas, así como para puentes y bóvedas.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

204.03 Excavación. La excavación se debe efectuar de conformidad con la alineación, pendientes, dimensiones y detalles mostrados en los planos o según los requerimientos por escrito del Delegado Residente. Todo el material que se excavé con cargo a esta Sección será material de desperdicio no clasificado y se dispondrá de él como se acuerde con el Delegado Residente, de preferencia en depresiones cercanas al canal existente.

Ningún material excavado de cualquier canal debe ser depositado o colocado a una distancia menor de 1 metro a partir del borde del mismo, a menos que se muestre de otra manera en los planos o lo autorice por escrito el Delegado Residente. Dicho material no debe ser apilado de forma que tenga mal aspecto, sino que se debe esparcir en capas uniformemente conformadas. En el caso de las contracunetas, el material excavado se colocará paralelamente a la misma, como una borda, para evitar que el agua fluya sobre el talud.

La construcción de canales cercanos a la carretera se debe efectuar de tal manera que se evite cualquier daño a los terraplenes por erosión.

204.04 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de

dos decimales, de Excavación de Canal del Renglón de que se trate, medidos en su posición original por medio de secciones transversales como se indica en la Especificación 152.04, usando para el cálculo del volumen, el método de promedio de áreas extremas u otro como se indica en la Especificación 110.01.

Los volúmenes incluirán: sobreexcavaciones o derrumbes de las paredes de los canales, cuando estos últimos no se deban a descuido del Contratista; aumentos autorizados por el Delegado Residente fuera de las líneas de pago mostradas en los planos; y la excavación autorizada por el Delegado Residente, de roca y materiales inadecuados, debajo de las cotas del fondo del canal. El volumen de material que se debe tomar en cuenta como excavación de canal, se limita al especificado en esta Sección.

204.05 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente al Renglón de Excavación de Canales de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 205
EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL
PARA ESTRUCTURAS MAYORES
Y MENORES

- 205.01 Definición.
- 205.02 Descripción.
- 205.03 Material para relleno estructural.
- 205.04 Generalidades.
- 205.05 Excavación estructural para cimentaciones de estructuras.
- 205.06 Excavación estructural para alcantarillas.
- 205.07 Excavación estructural para subdrenajes.
- 205.08 Excavación estructural para gaviones.
- 205.09 Bombeo.
- 205.10 Inspección.
- 205.11 Relleno estructural para estructuras.
- 205.12 Relleno estructural para alcantarillas.
- 205.13 Relleno estructural para filtro y para capa de subdrenaje.
- 205.14 Relleno estructural para gaviones.
- 205.15 Acondicionamiento del material sobrante.
- 205.16 Limpieza final.
- 205.17 Líneas de pago.
- 205.18 Medida.
- 205.19 Pago.

205.01 Definición.

Excavación estructural. Son las operaciones de excavar y llenar y demás trabajos necesarios para cimentar o colocar las estructuras a que se refiere esta Sección.

205.02 Descripción. Este trabajo consiste en la excavación y lleno para la construcción de estructuras. Incluye la Limpia, Chapeo y Destronque del lugar de la obra, excepto que se indique de otra manera en las Disposiciones Especiales; remoción de todo el material que se encuentre dentro de los límites de las excavaciones que se describen en esta Sección; la construcción del embriado o arriostamiento, apuntalamiento, tablestacado y encofrado que fueren necesarios, así como su retiro posterior; el bombeo; reducción del nivel del agua; drenaje; colocación de un sello de concreto, si es necesario; compactación del lleno; acondicionamiento del material sobrante o inadecuado; y la limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo. Se exceptúan las excavaciones y llenos que se deban efectuar con cargo a otras Secciones de estas Especificaciones Generales.

MATERIALES

205.03 Material para lleno estructural. El Contratista debe suministrar material granular permeable, libre de exceso de humedad, turba, terrones de arcilla, raíces, césped u otro material deletéreo. Debe cumplir con lo establecido en la Especificación 206.03(a).

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

205.04 Generalidades. El Contratista debe notificar, con suficiente anticipación, al Delegado Residente que iniciará los levantamientos topográficos necesarios para la localización de la excavación estructural en

el terreno original, según el tipo de estructura de que se trate. No se medirá ni pagará ningún material que haya sido excavado, antes de que se hayan realizado dichas operaciones. Todo el material que se excavé con cargo a esta Sección será No Clasificado.

En las áreas donde se vaya a efectuar la excavación estructural, se debe realizar previamente el trabajo de Limpia, Chapeo y Destronque, de conformidad con lo que sea aplicable, de lo especificado en la Sección 202 y se pagará de conformidad con lo indicado en dicha Sección.

Cuando dentro de los límites de la excavación, se encuentren estructuras y cimientos antiguos que no constituyan patrimonio cultural, rocas, trozas y cualesquiera obstáculos imprevistos, éstos deben ser retirados por el Contratista, quien no tendrá derecho a ninguna compensación adicional, por las dificultades o contratiempos que le ocasione la remoción o retiro de tales objetos.

La excavación se hará hasta la profundidad mostrada en los planos o hasta donde lo ordene el Delegado Residente.

Cuando se complete la excavación, el Contratista deberá solicitar al Delegado Residente la aprobación del tipo e idoneidad del material de cimentación. El suelo de cimentación deberá estar firme y ser uniforme en toda el área del fondo de la excavación. Si al llegar a las cotas de cimentación mostradas en los planos el material es inadecuado, el Delegado Residente puede ordenar por escrito al Contratista que excavé a mayor profundidad, a efecto de obtener material adecuado para la cimentación; o que excavé a una profundidad mayor y construya un lleno de sustitución con material adecuado o con concreto. Cuando el cambio en las cotas de cimentación sea muy pequeño, se procederá de conformidad con lo indicado en la Especificación 553.05 (a).

205.05 Excavación estructural para cimentaciones de estructuras.

(a) **Excavación.** Los lugares para cimentaciones se deben excavar conforme a las líneas de pago indicadas en la Especificación 205.17, para permitir la construcción de los mismos a todo su ancho y longitud y dejando un fondo con una superficie plana y horizontal.

Cuando el fondo de la cimentación corresponda a una superficie que no sea de roca, se debe tener especial cuidado de no perturbar el suelo al fondo de la excavación y tomar las medidas necesarias para fundir los cimientos lo antes posible para no exponer el fondo de dicha excavación a los agentes atmosféricos o a cualquier otra condición que pueda afectar o exponer la estructura de su superficie.

Cuando en el fondo de una excavación se encuentre un manto rocoso, la excavación se debe efectuar en tal forma, que la roca sólida quede expuesta y preparada en lechos horizontales o dentados para recibir el concreto. Se deben remover las rocas sueltas o fracturadas, así como las estratificaciones de poco espesor. Las grietas y cavidades que queden expuestas deben ser limpiadas y llenadas con concreto o mortero. El concreto utilizado para este propósito, se debe agregar al volumen de concreto de los cimientos.

Cuando se encuentre roca las excavaciones en proceso para la cimentación de muros, puentes de cajones múltiples, alcantarillas tipo cajón, o cabezales de concreto o mampostería para alcantarillas y es viable profundizar la excavación para llegar a la cota de cimentación se procederá a la construcción de la estructura como se indica en los planos correspondientes, en el caso de que esto no sea posible, a propuesta del Delegado Residente y con la autorización escrita del Ingeniero, se podrá elevar la cota de cimentación y se procederá a la revisión de los planos de la estructura y a efectuar las correcciones que sean procedentes.

Cuando se usen pilotes que podrán ser hincados o perforados y vaciados en sitio para soportar zapatas de pilas o estribos de puentes, la excavación de cada foso se debe completar antes de principiar el hincado o vaciado de los pilotes, este proceso se debe terminar, antes de iniciar la fundición de la zapata correspondiente. Al terminar el hincado o vaciado de los pilotes, se retirarán del fondo de la excavación, a costa del Contratista, todos los residuos y cualquier material suelto o desplazado, con el objeto de que quede un lecho plano y sólido para la colocación del acero de refuerzo y recibir el concreto de la zapata.

(b) **Tablestacado.** Cuando se registren infiltraciones de agua en las paredes de la excavación y se puedan usar tablestacas prácticamente impermeables y apropiadas. Las dimensiones interiores del encofrado de tablaestacas deben ser tales, que quede suficiente espacio para la construcción de las formaletas. Cuando se registren infiltraciones en el fondo de las excavaciones se deberá mantener el nivel del agua abajo de la cota de cimentación por medio de equipo bombeo y efectuar cualquier otro trabajo que sea necesario.

Cuando el espacio previsto en los planos, entre los rostros exteriores de un cimiento y las paredes interiores de la excavación delimitadas por las líneas de pago mostradas en los planos y excediendo las dimensiones mínimas indicadas en estas Especificaciones, no sea suficiente para permitir la operación de hincar los pilotes o la construcción de la obra falsa y la colocación de las formaletas, el Contratista puede a su costa, obtener mayor espacio construyendo las tablestacas de tamaños apropiados, a fin de lograr el espacio que se considere necesario.

Las tablestacas deben ser hincadas a una profundidad conveniente debajo del fondo de la excavación o a una elevación tan cerca del fondo de la misma, como lo permita las condiciones del suelo de cimentación; debiendo ser perfectamente embreizadas en todas direcciones y colocadas en tal forma que

permitan el bombeo de toda el agua y se deben mantener en buenas condiciones hasta que el concreto haya sido colocado. También se deben colocar de tal manera, que cualquier filtración se mantenga alejada del área donde se colocará el concreto o mampostería.

Las tablestacas deben ser en tal forma, que proteja el concreto fresco contra cualquier daño que pudiera ocasionarle una crecida rápida de la corriente y para prevenir cualquier daño debido a la erosión. En las tablestacas o encofrados, no se debe dejar ningún maderamen o apuntalamiento, de tal manera que se introduzcan en la estructura de mampostería o en la fundición de concreto, salvo que lo autorice por escrito el Delegado Residente.

No se permitirá ningún apuntalamiento en los tablestacados que pueda producir esfuerzo, golpe o vibración en la estructura permanente.

Los tablestacados que sean ladeados o movidos de su posición, por cualquier causa, y si ello afectara la construcción de la estructura, deben ser realineados o ampliados durante el proceso de hincamiento, a efecto de proporcionar el espacio necesario y el lugar apropiado para la cimentación de la estructura, corriendo todos estos gastos por cuenta exclusiva del Contratista.

Cuando sea necesario, el Delegado Residente puede requerir al Contratista los dibujos de trabajo que muestren el método que se propone usar para la construcción de tablestacas, tal como se indica en la Especificación 105.05 (b).

Al terminar el trabajo de que se trate, el Contratista debe a su costa, desmontar y retirar la obra falsa, de tal manera que no ocasione ningún daño a la estructura terminada.

(c) **Sello de concreto.** Cuando el fondo y las paredes de la excavación sean de material arenoso o de alta porosidad que en opinión del Delegado Residente no permita la fundición en seco del cimiento, dicho fondo y las paredes deben ser selladas con suficiente concreto Clase 21

(3000), de acuerdo con lo especificado en la Sección 551, para que la excavación pueda ser achicada adecuadamente con bombas. El sello de concreto será colocado únicamente cuando esté indicado en los planos o lo autorice por escrito el Delegado Residente. Despues de que haya sido colocado el sello de concreto, debe achicarse el agua en el interior del encofrado o de la tablestaca, pudiéndose entonces continuar con la ejecución del trabajo en seco.

Cuando el agua esté sujeta a mareas o corrientes, las paredes del encofrado deben perforarse al nivel de la marea más baja para lograr controlar y obtener igual presión hidrostática dentro y fuera del encofrado o de la tablestaca, durante la fundición y fraguado de los sellos.

(d) **Conservación de cauces.** Salvo que lo autorice por escrito el Delegado Residente, no debe efectuarse ninguna excavación en la parte exterior de los encofrados, tablestacados y excavaciones de zapatas, ni tampoco disturbarse el lecho natural de los ríos o cauces ni las corrientes adyacentes a las subestructuras. Si se hace cualquier excavación o dragado en el lugar de la subestructura, antes de que sean colocados la armadura de las zapatas o los encofrados, el Contratista debe, sin costo alguno, y después de terminar la base de la cimentación, llenar dicha excavación con material adecuado, hasta la altura original del terreno o lecho del cauce del río.

Los materiales procedentes de la Excavación Estructural o de relleno de tablestacas, depositados en el cauce del río o quebrada, deben ser retirados y dejar el cauce en las mismas condiciones en que se encontraba originalmente, salvo que el Delegado Residente lo autorice de otra manera.

205.06 Excavación estructural para alcantarillas. La excavación estructural para alcantarillas se debe efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los

planos respectivos o de acuerdo con las instrucciones escritas del Delegado Residente. Cuando se vaya a colocar una alcantarilla debajo de la línea del terreno original, se debe excavar una zanja a la profundidad requerida, conformando el fondo de la misma, de manera que se asegure un lecho firme en toda la longitud del fondo de la zanja.

El ancho de la zanja debe ser el mínimo que permita trabajar con libertad a los lados de la alcantarilla y para la compactación completa del relleno debajo y alrededor de la misma. El ancho está delimitado por las líneas de pago que se indican en la Especificación 205.17.

Las paredes de la zanja deben quedar lo más verticales que sea posible, desde la cimentación hasta por lo menos la corona de la alcantarilla.

Al efectuar la excavación, el fondo de la zanja debe ser conformada de tal manera que por 1 o menos el 10% de la altura total o del diámetro vertical exterior de la alcantarilla, quede en contacto con el fondo de la zanja.

Cuando el coronamiento de la alcantarilla esté a un nivel superior al de la superficie del terreno original, el Contratista debe construir un terraplén que cumpla con lo especificado en la Sección 203, hasta una elevación de 600 milímetros arriba de la cota de diseño del coronamiento de la alcantarilla y enseguida, excavar y colocar ésta. Si el Contratista elige construir un terraplén hasta una elevación mayor de 600 milímetros sobre la cota de diseño del citado coronamiento, no se le pagará por la excavación estructural del terraplén adicional.

Previamente a la colocación de las alcantarillas, en todos los drenajes, se debe limpiar el cauce y de ser necesario, según lo ordene el Delegado Residente, proceder a la excavación de los canales de entrada y salida de éstas, de conformidad y con cargo a la Sección 204.

Se deben excavar cajuelas debajo de la alcantarilla para permitir construir los anillos o juntas de campana u otras partes de la alcantarilla que se extiendan debajo del perímetro de ésta.

Cuando se encuentre un lecho rocoso o rocas sueltas, o cualquier otro material que no permita por su dureza conformar un lecho apropiado para colocar la alcantarilla, este material debe ser removido hasta más abajo de la cota de cimentación y reemplazarse por una cama de arena, que tenga un espesor mínimo de 300 milímetros.

Si se encuentran materiales blandos, inadecuados o inestables que no provean una base firme para la cimentación de la alcantarilla, estos materiales se deben remover en un ancho igual al de la excavación de que se trate y se debe llenar con grava, arena u otro material apropiado, debidamente compactado, para obtener un lecho adecuado, salvo que se indiquen otros métodos en los planos o en las Disposiciones Especiales. La profundidad de la sobreexcavación indicada, será determinada por el Delegado Residente.

Las sobreexcavaciones indicadas en los dos párrafos anteriores, se deben pagar como excavación estructural para alcantarillas.

El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para desviar temporalmente cualquier corriente de agua que se pueda encontrar.

La clase de lecho de cimentación a construir, según el caso, se muestra en los planos correspondientes.

La alcantarilla se debe colocar, hasta que el lecho de cimentación haya sido aprobado por el Delegado Residente.

El Contratista debe de cumplir con todo lo aplicable, de lo especificado en esta Sección.

205.07 Excavación estructural para subdrenajes. La excavación estructural para subdrenajes ya sea de tubería perforada o de Drenaje Francés, se debe efectuar hasta la profundidad de la zanja que sea requerida y de conformidad con las dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los planos respectivos o en las instrucciones por escrito del Delegado Residente. Las paredes de las zanjas deben ser lo más verticales que sea posible. El fondo de la

excavación debe ser conformado, a efecto de que quede una superficie firme y uniforme en toda su longitud. Esta excavación no incluye el relleno de material de filtro ni la capa impermeable, cuyo trabajo se debe efectuar y pagar de conformidad con la Sección 605.

Cuando se trate de subdrenaje de Drenaje Francés, el Delegado Residente debe de ordenarle por escrito al Contratista el ancho de la zanja, la que en ningún caso debe ser menor de 600 milímetros.

Cuando se trate de subdrenajes de tubería perforada, la excavación tampoco incluye el suministro y colocación de la tubería, cuyo trabajo se debe de ejecutar y pagar con cargo a la Sección 605.

El Contratista debe de cumplir con todo lo aplicable, de lo especificado en esta Sección.

205.08 Excavación estructural para gaviones. La excavación estructural para gaviones se debe efectuar de conformidad con las dimensiones y detalles mostrados en los planos y las instrucciones por escrito del Delegado Residente. Incluye los trabajos previos que sea necesario efectuar, tales como el desvío de corrientes de agua, construcción de cauces provisionales u otros que se indiquen en los planos o en las Disposiciones Especiales.

El Contratista debe de cumplir con todo lo aplicable, de lo especificado en esta Sección.

205.09 Bombeo. El bombeo en cualquier excavación se debe hacer de tal manera que excluya la posibilidad de extraer cualquier porción de los materiales que ya se hayan colocado. No es permitido bombear durante la colocación del concreto o durante un período de por lo menos 24 horas después, a menos que el bombeo se pueda hacer desde un pozo de recolección apropiado que esté separado de la obra de concreto.

El bombeo para sacar el agua de un tablestacado sellado no debe principiar sino hasta que el sello haya fraguado lo suficiente para resistir la presión hidrostática y en ningún caso, antes de 7 días o el

período de tiempo adicional que autorice el Delegado Residente.

205.10 Inspección. Después de terminar cualquier excavación, el Contratista debe notificarlo al Delegado Residente y no debe colocar mampostería, alcantarilla, relleno de material de filtro para subdrenaje, gavión o estructura alguna, sino hasta que éste haya aprobado la profundidad de la excavación, la calidad del suelo para la cimentación y haya dado la autorización para continuar.

205.11 Relleno estructural para estructuras. En cualquier excavación estructural, el relleno de la misma, se efectuará hasta el nivel del terreno original o hasta la superficie de la subrasante, lo que sea más bajo, forma parte de la excavación. En caso necesario, si el material resultante de la excavación no cumple con lo indicado en la Especificación 205.03, el Delegado Residente puede ordenar que el material a utilizar para el relleno sea obtenido de una fuente completamente diferente al de la excavación para la estructura de que se trate, en cuyo caso se pagará de conformidad con la Sección 206. Se pueden utilizar piedras para los rellenos, únicamente con la autorización expresa del Delegado Residente y siempre que los vacíos entre ellas sean llenados con material para relleno estructural, el que debe ser debidamente compactado. En dicho caso, la roca utilizada para el relleno debe cumplir con lo indicado en la Sección 252.

El relleno sobre el nivel del agua, detrás de los estribos, alas, pilas, así como alrededor de las Subestructuras, debe ser colocado en capas horizontales, cuyo espesor debe ser propuesto por el Contratista y aprobado por el Delegado Residente, según la capacidad del equipo de compactación que se utilice.

En todo caso, las capas deben ser compactadas como mínimo al 90% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

El último metro abajo de la subrasante terminada, debe ser compactado como mínimo al 95% de la densidad máxima determinada por el método

AASHTO T 180. La comprobación del grado de compactación en el campo y el control del contenido de humedad, se deben hacer por los métodos que se indican en la Especificación 203.08.

Cuando el material de relleno sea depositado en agua, no se aplicarán los requisitos de densidad para las capas, sino hasta que se haya obtenido una capa de 1 metro de material relativamente seco, la cual se debe compactar por apisonamiento.

A fin de prevenir la acumulación de agua en los espacios alrededor de los cimientos, se debe colocar el relleno hasta el nivel del terreno circundante excavado de conformidad como se indica en la Especificación 205.05 (d). Este relleno se debe colocar alrededor de los estribos, alas, muros de retención y pilas, lo más pronto posible, después de que se hayan removido las formaletas. El relleno alrededor de arcos y marcos rígidos debe ser colocado hasta el nivel del terreno existente, después de haber removido las formaletas.

En excavaciones para estructuras cuyas áreas de trabajo sean limitadas, la compactación será obtenida por medio de compactadoras mecánicas, compactadoras de mano apropiadas o con relleno hidráulico. Cuando se usen compactadoras de mano, los materiales se deben colocar en capas de un espesor propuesto por el Contratista, según la capacidad del equipo que se utilice; para lo cual se deberá contar con la aprobación del Delegado Residente. Se debe tener especial cuidado a fin de evitar cualquier empuje o acción de cuña contra la estructura y si el Delegado Residente lo autoriza, los taludes alrededor de los estribos y alas se deben construir en forma escalonada.

Cuando el diseño estructural de los estribos considere rellenos a ambos lados de las columnas, cortinas y alas, en este caso los rellenos deben ser construidos simultáneamente, a ambos lados y a la misma altura.

No se debe colocar ningún relleno contra cualquier estructura de concreto, sino hasta que el Delegado Residente lo autorice y en ningún caso antes de que el concreto haya alcanzado la resistencia

necesaria para soportar los esfuerzos producidos por la construcción de dicho relleno.

205.12 Relleno estructural para alcantarillas. En general, las zanjas y las excavaciones efectuadas de conformidad con la Especificación 205.06 se deben llenar inmediatamente después que el mortero de la junta o anillo haya endurecido lo suficiente para no ocasionarle ningún daño y hasta una altura no menor de 600 milímetros sobre la corona de la alcantarilla o hasta la altura existente del terraplén, según sea el caso.

El material de relleno que se coloque hasta una elevación de 600 mm sobre la corona de la alcantarilla debe cumplir con lo indicado en la Especificación 205.03. Si el material resultante de la excavación no cumple con estos requisitos, el Delegado Residente puede ordenar que el material a utilizar para el relleno sea obtenido de una fuente completamente diferente al de la excavación, en cuyo caso se pagará de conformidad con lo indicado en la Sección 206.

El material de relleno se debe compactar en capas que no excedan de 150 milímetros de espesor, debiendo ser colocadas simultáneamente a ambos lados de la alcantarilla para que no se produzcan presiones desiguales.

La compactación se puede hacer por medio de compactadoras mecánicas, o de mano, apropiadas.

No se permitirá que opere o circule equipo pesado sobre una alcantarilla, sino hasta que se haya colocado correctamente el relleno en un espesor de por lo menos 600 milímetros de altura medidos a partir de la corona de la alcantarilla.

La compactación debe llenar todos los requisitos especificados en 205.11.

205.13 Relleno estructural para filtro y capa de subdrenaje. El relleno de material de filtro y la capa impermeable de los subdrenajes de Drenaje Francés y de los subdrenajes de tubería perforada, incluyendo el suministro y colocación de las mismas, se debe ejecutar, medir y pagar de conformidad con la Sección 605.

205.14 Relleno estructural para gaviones. El relleno lo constituye la construcción del gavión, el que debe ser construido, medido y pagado, de conformidad con la Especificación 253.08.

205.15 Acondicionamiento del material sobrante. El material excavado se usa generalmente para rellenos y construcción de terraplenes sobre y alrededor de estructuras y alcantarillas. Todo el material sobrante debe ser colocado de tal manera que no afecte la apariencia y utilidad de la carretera o del cauce. En ningún caso, se debe depositar dicho material en el cauce de un río o quebrada.

205.16 Limpieza final. Al terminar el trabajo, el Contratista debe dejar la estructura, el lugar de la obra y áreas adyacentes que hayan sido afectadas por sus operaciones, completamente limpias y en condiciones presentables, retirar todas las estructuras provisionales, escombros, basura y material sobrante y no dejar obstrucciones que puedan ocasionar la acumulación de material arrastrado o socavaciones. Todo el material procedente de las estructuras existentes que retire el Contratista, debe apilarlo adecuadamente con la autorización del Delegado Residente, en los lugares más cercanos, sin causar obstrucciones ni afectar la apariencia de la obra. Todos los materiales de la obra falsa deben de ser removidos cuidadosamente para evitar cualquier daño a la estructura.

205.17 Líneas de pago. Las líneas de pago para las excavaciones estructurales, exceptuando las de subdrenajes y gaviones, son los planos verticales que se extienden desde el fondo de la cimentación de la estructura o alcantarilla, hasta la superficie del terreno original o a la parte superior de la Sección Típica de la Subrasante, tomando como base la más baja de cualquiera de las dos, como se muestre en los planos.

Para subdrenajes, las líneas de pago son los planos verticales que se extienden desde el fondo de la excavación hasta la parte superior de la Sección Típica de la Subrasante, tanto para los terraplenes como para las secciones típicas que se encuentren en corte.

Para gaviones, las líneas de pago son los planos verticales que se extienden desde el fondo de la excavación, hasta la superficie del lecho del río o del terreno original, según donde se construya el gavión.

En caso de que no se indique en los planos o en las Disposiciones Especiales, las líneas de pago serán las siguientes:

- (a) **Para puentes.** Los planos verticales se situarán a 500 milímetros fuera del perímetro que delimita la cimentación de acuerdo con los planos de la estructura.
- (b) **Para cajas y bóvedas de concreto o mampostería.** Los planos verticales se situarán a 500 milímetros fuera de las líneas exactas exteriores de los cimientos extremos y paralelos a ellos, de acuerdo con los planos de la estructura, sin tomar en cuenta ningún plano vertical en los rostros interiores de los cimientos.
- (c) **Para alcantarillas.** De 36 pulgadas nominales o más, o de un diámetro equivalente, los planos verticales estarán situados a 300 milímetros fuera de la proyección horizontal de la superficie exterior de la alcantarilla y paralelos a la misma y a 300 milímetros fuera de los extremos.
- (d) **Para alcantarillas.** Mayores de 36 pulgadas nominales o su diámetro equivalente, los planos verticales estarán situados fuera de la proyección horizontal de la superficie exterior de la alcantarilla, a una distancia igual a 1/3 del diámetro nominal y paralelas a la misma, con un máximo de 500 milímetros y a 500 milímetros fuera de los extremos.
- (e) **Para subdrenajes y gaviones.** Los planos verticales son las paredes de la excavación.
- (f) **Para estructuras no comprendidas en los incisos anteriores.** Los planos verticales deben estar situados a 500 milímetros fuera de las líneas exactas de los cimientos y paralelos a ellos.

205.18 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de

dos decimales, de excavación estructural del Renglón de que se trate, referidos a las líneas mostradas en los planos o en las modificaciones aprobadas a los mismos, medidos en su posición original, por medio de secciones transversales levantadas conjuntamente por el contratista y la supervisora, con un espaciamiento adecuado a las características de la estructura, usando para el cálculo del volumen el método de promedio de áreas extremas u otro como se estipula en la Especificación 110.01.

El volumen que servirá de base para el pago será el realmente excavado dentro y hasta las líneas de pago que se indican en la Especificación 205.17; exceptuando cualquier otra excavación que se deba efectuar con cargo a otra Sección de estas Especificaciones Generales.

En el caso de cajas y bóvedas, citado en la Especificación 205.17 (b), no se debe hacer ninguna deducción del volumen de material excavado dentro de los rostros interiores de los cimientos y hasta la elevación que corresponda conforme lo estipulado en la Especificación 205.17, primer párrafo.

En la medida no se incluirán los volúmenes adicionales causados por desprendimientos, derrumbes, hundimientos, sedimentaciones o rellenos debidos a causas naturales o a descuidos del Contratista.

205.19 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente, al correspondiente costo unitario de

contrato para el Renglón de Excavación Estructural de que se trate, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

El pago se hará como sigue: el 80% al estar terminada la excavación y el 20% restante, al estar debidamente terminado el relleno. Cuando se trate de excavación estructural para Subdrenajes o para Gaviones, se pagará el 100% al estar debidamente terminada la excavación, de conformidad con estas Especificaciones Generales.

La excavación adicional efectuada como se indica en la Especificación 205.04 y conforme la autorización del Delegado Residente, podrá incluirse para pago hasta 1 metro de profundidad adicional, respecto al nivel de la cimentación mostrada en los planos se pagará al costo unitario de contrato para Excavación Estructural. Cuando sea necesario excavar más de 1 metro por debajo del nivel antes citado, el pago se hará al costo unitario de contrato para Excavación Estructural o como trabajo extra, a opción del Contratista. La decisión del Contratista debe ser notificada por escrito al Delegado Residente con suficiente anticipación a la ejecución del trabajo, para que se proceda como se estipula en la Especificación 104.03.

El concreto que se utilice para la construcción de los sellos de concreto que sean ordenados por el Delegado Residente, se pagará al Contratista al costo unitario de contrato para la clase de concreto que se haya colocado.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
Compactación	AASHTO T 180 AASHTO T 191 (ASTM D 1556)
Contenido de Humedad	AASHTO T 217
Análisis Granulométrico	AASHTO T 27 y T 11
Determinación del Límite Líquido	AASHTO T 89

SECCIÓN 206

RELLENO PARA ESTRUCTURAS

- 206.01 Definición.
- 206.02 Descripción.
- 206.03 Requisitos de los materiales.
- 206.04 Relleno para estructuras.
- 206.05 Compactación.
- 206.06 Mantenimiento y estabilidad de los rellenos.
- 206.07 Limpieza final.
- 206.08 Medida.
- 206.09 Pago.

206.01 Definición.

Relleno para estructuras. Es el relleno que se construye en los accesos de un puente, sobre la superficie exterior de una bóveda o en la excavación de las alcantarillas cuando el Delegado Residente así lo ordene, dentro de los límites que se indican en esta Sección, que se muestran en los planos o se describan en las Disposiciones Especiales.

206.02 Descripción. Este trabajo consiste en la excavación, remoción y transporte del material apropiado; excavación del material inadecuado y su reemplazo; colocación del material apropiado con la humedad requerida; conformación y compactación del relleno; y la limpieza final que sea necesaria para la adecuada terminación del trabajo.

MATERIALES

206.03 Requisitos de los materiales. Los materiales para relleno deben cumplir con lo establecido a continuación:

(a) **Material para relleno estructural.** El Contratista debe suministrar material granular de libre drenaje, libre de exceso de humedad, turba, terrones de arcilla, raíces, césped, u otro material deletéreo y debe cumplir con lo siguiente:

(1) Dimensión máxima	50 milímetros
(2) Material que pasa el tamiz de 75 μm , AASHTO T 27 y T 11	15 % máximo
(3) Límite líquido, AASHTO T 89	30 % máximo

(b) **Materiales inadecuados.** Son los definidos en la Especificación 203.01.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

206.04 Relleno para estructuras. El Contratista debe notificar, con suficiente anticipación, al Delegado Residente que iniciará los levantamientos topográficos que sean necesarios y proporcionará las pruebas de laboratorio que comprueben la calidad del suelo para la cimentación del relleno, los materiales a utilizar y los lugares de donde serán extraídos. No se medirá ni pagará ningún material de relleno que se haya colocado antes de que lo autorice el Delegado Residente.

Cuando dentro de los límites del relleno, se encuentre fango u otro material inadecuado para la cimentación del relleno, el Contratista debe excavar tal material por lo menos 300 milímetros debajo de la superficie del terreno original o a la profundidad que indique el Delegado Residente. Este material debe ser retirado por el Contratista y depositado donde autorice el Delegado Residente. El Contratista debe llenar la excavación efectuada, con el material especificado aprobado por el Delegado Residente, el cual debe ser debidamente conformado y compactado a la misma densidad especificada para el relleno.

Cuando el relleno a construir tenga 1 metro o menos de altura y el terreno original requiera ser escarificado, éste debe ser compactado a la misma densidad especificada para el relleno.

No se debe construir ningún relleno contra cualquier estructura de concreto, antes de que el concreto haya adquirido la resistencia de diseño para soportar los esfuerzos generados por la construcción del relleno.

El relleno debe ser construido en capas sucesivas horizontales y de tal espesor que permita la compactación especificada en esta Sección. Los espesores de las capas a ser compactadas deben ser propuestos por el Contratista y aprobados por

el Delegado Residente, de conformidad con la capacidad de la maquinaria o equipo que se vaya a utilizar, debiéndose efectuar para tal efecto, ensayos para determinar el espesor máximo en cada caso cumpliendo los requisitos de compactación que se indican en estas Especificaciones Generales.

En áreas limitadas o adyacentes a estructuras, tales como estribos, alas, cabezales, bóvedas u otros, la compactación se puede hacer por medio de compactadoras mecánicas o con compactadoras de mano apropiadas. Se debe tener especial cuidado a efecto de evitar cualquier acción de cuña contra la estructura. Los taludes alrededor de estribos y alas deben ser construidos como se indique en los planos. Los rellenos alrededor de las estructuras citadas se deben colocar simultáneamente, a ambos lados y a la misma altura, según el caso.

Cuando se coloquen capas continuas de materiales diferentes éstos se deben mezclar adecuadamente en una longitud suficiente formando una zona de transición para evitar cambios bruscos en los materiales de las capas.

(a) **Relleno para puentes.** Los rellenos en los accesos de puentes se deben construir hasta la altura de la subrasante y en una longitud de 10 metros, medidos en la parte superior del relleno y a partir de cada estribo.

La compactación se debe efectuar como se especifica en 206.05.

(b) **Relleno para bóvedas.** Los rellenos sobre las bóvedas, se deben construir, en capas sucesivas debidamente confinadas con la estructura, hasta formar un prisma que tenga las siguientes líneas de pago: hasta una altura de 600 milímetros sobre la corona exterior de la bóveda; en sentido transversal a la bóveda, el ancho del relleno en la parte superior de la misma debe ser igual a la distancia comprendida entre los bordes exteriores de los cimientos de los muros, continuando a ambos lados con taludes que tengan una pendiente de $1\frac{1}{2}$ (H) a 1 (V), hasta encontrar el terreno natural; y en sentido longitudinal hasta la parte interior de los muros

cabezales de sus extremos o, en su caso si no se construye cabezal de salida, el relleno debe tener una dimensión acorde a la longitud de la bóveda y cumpliendo con los taludes que fije la Sección Típica, para una altura de 600 milímetros sobre la corona de la bóveda, ajustando la inclinación del talud, según se requiera por el ángulo de esvaje al que se localice la bóveda. El pie del talud lo constituirá: en parte, la misma estructura y el resto, el terreno natural, según lo que muestre el plano respectivo.

(c) **Relleno para alcantarillas.** Cuando el Delegado Residente determine que el material resultante de la excavación para la construcción de la alcantarilla no cumple con los requisitos estipulados en 205.12 para ser utilizado en la construcción del relleno, el relleno se construirá con material de relleno para estructuras. El relleno debe construirse en capas, hasta una altura de 600 milímetros sobre la corona de la alcantarilla.

El resto del relleno hasta el nivel de la subrasante se debe construir, con cargo al Renglón de Excavación No Clasificada que corresponda, de la Sección 203.

Para el efecto de interpretación, el relleno para alcantarillas se representará gráficamente en el plano respectivo.

La compactación se debe efectuar como se especifica en 206.05. Los 600 milímetros sobre la corona de las bóvedas deben compactarse como mínimo, al 95% de la densidad máxima, determinada por el mismo método citado en la Especificación 206.05.

206.05 Compactación. En los rellenos para estructuras, cada capa se debe compactar como mínimo al 90% de la densidad máxima, determinada según el método AASHTO T 180; y los últimos 300 milímetros superiores deben compactarse como mínimo al 95% de la densidad máxima determinada por el método citado.

La compactación se comprobará en el campo, de preferencia mediante el método AASHTO T

191 (ASTM D 1556). Con la aprobación escrita del Delegado Residente, se pueden utilizar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El Contratista debe de controlar el contenido de humedad adecuado, calentando el material y determinando la humedad a peso constante, o por el método del Carburo de Calcio, AASHTO T 217, a efecto de obtener la compactación especificada. Cada capa debe ser compactada con equipo apropiado para asegurar una compactación uniforme y no se debe proseguir la compactación de una nueva capa, hasta que la anterior llene los requisitos de compactación especificados.

206.06 Mantenimiento y estabilidad de los rellenos. Hasta la aceptación final del trabajo, el Contratista es responsable de la estabilidad de los rellenos que efectúe y debe asumir todos los gastos que ocasione el reemplazo de cualquier material que haya sido mal colocado, conformado y compactado; o que sufra cualquier daño como consecuencia de descuido o negligencia de su parte.

206.07 Limpieza final. Después de que hayan sido completamente terminados los trabajos del Relleno para Estructuras, el Contratista debe limpiar el lugar de la obra, de escombros, maleza, trozas, rocas sueltas, piedras grandes, material regado y demás residuos o desechos.

206.08 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, del material de relleno para estructuras, en

su posición final, satisfactoriamente suministrados, transportados, colocados, conformados, compactados y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, como sigue:

- (a) **Relleno para estructuras (puentes).** La medida se debe hacer del relleno terminado como se indica en la Especificación 206.04 (a), por medio de secciones transversales, como se describe en la Especificación 152.04, usando para el cálculo del volumen, el método de promedio de áreas extremas u otro que sea aceptable aprobado por el Delegado Residente.
- (b) **Relleno para estructuras (bóvedas).** La medida se debe hacer del relleno terminado como se indica en la Especificación 206.04 (b) y por el procedimiento indicado en el inciso (a) anterior.
- (c) **Relleno para alcantarillas.** La medida se debe hacer del relleno terminado como se indica en la Especificación 206.04 (c) y por el procedimiento indicado en el inciso (a) anterior.

206.09 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 206.08 (a), (b) o (c), según el caso, al costo unitario de contrato correspondiente a Relleno para Estructuras (Puentes), Relleno para Estructuras (Bóvedas) o Relleno para Estructuras (Alcantarilla), respectivamente, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
Compactación	AASHTO T 180 AASHTO T 191 (ASTM D 1556)
Determinación de Humedad	AASHTO T 217

SECCIÓN 207
RELLENO PERMEABLE

- 207.01 Definición.
- 207.02 Descripción.
- 207.03 Requisitos de los materiales.
- 207.04 Colocación.
- 207.05 Medida.
- 207.06 Pago.

207.01 Definición.

Relleno permeable. Es el material especial que se coloca entre una estructura cualquiera y el terraplén de la carretera, con el objeto de evacuar el agua que se acumula en esos lugares. Estas estructuras pueden ser: Muros, Cabezas, Muros de Retención o Estripas de Puentes.

207.02 Descripción. Este trabajo consiste en la extracción o elaboración, suministro, transporte, almacenamiento y colocación de los materiales del relleno permeable, en los lugares, cotas y dimensiones indicados en los planos, o en los lugares que sea necesario según lo ordene el Delegado Residente.

MATERIALES

207.03 Requisitos de los materiales. Los materiales para la construcción del relleno permeable deben cumplir con lo establecido a continuación.

(a) **Relleno permeable.** El Contratista debe suministrar arena que cumpla con lo establecido en AASHTO M 6, clase B, y agregado grueso consistente de partículas de grava, escoria o piedra triturada estables y durables que cumplan con los requisitos de graduación indicados en la siguiente tabla.

(b) **Geotextiles.** Los geotextiles son materiales fabricados utilizando polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de por lo menos 95 por ciento en masa de poliolefinas, poliéster o poliamidas. La fabricación del geotextil, incluyendo los remates en las orillas, debe hacerse dentro de una red estable tal, que los filamentos o hilos mantengan su estabilidad dimensional relativa entre ellos mismos. El geotextil y los hilos utilizados en la costura de éste deben ser resistentes a ataques químicos, moho y al deterioro; y debe estar libre de desgarres, defectos o fallas, que alteren adversamente sus propiedades físicas.

El geotextil debe cumplir con los requerimientos indicados en la Tabla 211-1 así como en la Tabla 211-2 en donde se indica que para aplicaciones de drenaje subsuperficial se requiere el valor por omisión de geotextiles clase 2 admitiendo el uso de la Clase 3 si la profundidad del drenaje subterráneo es menor a 2 metros, el diámetro del agregado del filtro es menor de 30 mm y los requerimientos de compactación son iguales o menores al 95% de la densidad seca máxima determinada por el método AASHTO T-99 Proctor Estándar.

Tabla 207-1
Graduación para relleno permeable

Tamaño del tamiz	Porcentaje en masa que pasa el tamiz estándar (AASHTO T 11 Y T 27)
75.0 mm	100
19.0 mm	50–90
4.75 mm	20–50
0.075 mm	0–2

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

207.04 Colocación. Cuando se use relleno permeable detrás de los estribos, muros de ala, muros de retención y otras estructuras, se debe colocar según se indica en los planos. Donde se instalen agujeros de drenaje, se debe colocar suficiente material grueso contiguo a éstos para retener el relleno permeable. Éste se debe extender en capas que no excedan de 150 milímetros de espesor. El extremo de entrada de cada agujero de drenaje debe ser cubierto con geotextil, el cual debe extenderse en un radio de por lo menos 0.5 metros del centro del agujero de drenaje.

El relleno permeable se construirá simultáneamente con la construcción del relleno estructural.

207.05 Medida. La medida se debe hacer, del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Relleno Permeable, colocado satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

207.06 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondientes a Relleno Permeable, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 208
ACARREO LIBRE Y ACARREO

- 208.01 Definiciones.
- 208.02 Descripción.
- 208.03 Materiales a ser transportados.
- 208.04 Límite de acarreo libre.
- 208.05 Medida.
- 208.06 Pago.

208.01 Definiciones.

Acarreo libre. Es el transporte de materiales No Clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, a una distancia menor o igual a 1,000 metros.

Acarreo. Es el transporte de materiales No Clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, a cualquier distancia que exceda de 1,000 metros.

208.02 Descripción. Este trabajo consiste en el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, para ser utilizados en la construcción de terraplenes; así como el transporte del material de desperdicio.

El trabajo no incluye el transporte de ningún material correspondiente a cualquier otra Sección de estas Especificaciones Generales.

208.03 Materiales a ser transportados. Los materiales a ser acarreados de conformidad con esta Sección son únicamente los que corresponden a la Sección 203. El acarreo de cualquier otro material no incluido en la Sección 203, se debe incluir en el costo unitario del Renglón correspondiente.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

208.04 Límite de acarreo libre. Este límite es de 1,000 metros. El material que se transporte hasta llegar a dicho límite es considerado como acarreo libre y su costo debe ser incluido en el costo unitario del Renglón que corresponda de la Sección 203.

208.05 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos–kilómetro, con aproximación de dos decimales, satisfactoriamente transportados, de conformidad con el trayecto más corto y accesible que determine el Delegado Residente. El volumen de material debe ser calculado con base en las medidas

de este en su posición original, por el método de promedio de áreas extremas. La distancia de acarreo debe ser la comprendida entre el centro del volumen de material en su posición original y el centro del volumen del material ya colocado, menos la distancia de acarreo libre.

208.06 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos–kilómetro de acarreo, medidos como se indica en la Especificación 208.05, al costo unitario de contrato correspondiente a Acarreo, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 209
CAPA DE BALASTO

- 209.01 Definición.
- 209.02 Descripción.
- 209.03 Balasto y conglomerante hidráulico.
- 209.04 Colocación.
- 209.05 Compactación.
- 209.06 Aceptación.
- 209.07 Medida.
- 209.08 Pago.

209.01 Definición.

- (a) **Balasto.** Es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.
- (b) **Productos estabilizadores.** Son productos de distintos componentes que adicionados a la capa de superficie de balasto mejoran sus características mecánicas para proporcionarle mayor consistencia, resistencia y durabilidad para reducir el deterioro provocado por el tránsito y los agentes ambientales.

Los productos estabilizadores deberán adecuarse a lo establecido en la Sección 307.04 requisitos de los materiales estabilizadores, correspondientes a las capas de subbase y base estabilizada.

209.02 Descripción.

- (a) **Balasto.** Este trabajo consiste en el suministro, transporte y colocación del material con la humedad requerida; conformación y compactación de la capa de balasto, de acuerdo con el espesor total mostrado en los planos y lo descrito en estas Especificaciones Generales y en las Disposiciones Especiales.
- (b) Cuando se use como capa de rodadura material de balasto o suelo existente con material de aporte y conglomerante hidráulico, esta capa deberá estar mezclada en las proporciones que se definan para cumplir con las condiciones de resistencia establecidas según el diseño. El balasto con conglomerante hidráulico debe formar una sola capa compactada capaz de soportar cargas normales y desgaste producido por el tránsito y que proporcione una transitabilidad adecuada en las carreteras no pavimentadas. Las proporciones

y procedimientos de construcción al ser aplicados, se describen a continuación en esta Sección.

209.03 Balasto y conglomerante hidráulico.

- (a) **Balasto.** Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg/metro³ (90 lb./pie³) determinado por el método AASHTO T 19. El tamaño máximo del agregado grueso del balasto no debe exceder de $\frac{2}{3}$ del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros. El que sea mayor, debe ser separado ya sea por tamizado en el banco de material o según lo autorice el Delegado Residente.

La porción del balasto retenida en el tamiz 4.75 mm (Nº 4), debe estar comprendida entre el 60% y el 40% en peso y debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60, determinado por el método AASHTO T 96. La porción que pase el tamiz 0.425 mm (Nº 40), debe tener un límite líquido no mayor de 35, determinado por el método AASHTO T 89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11, determinado por el método AASHTO T 90. La porción que pase el tamiz 0.075 mm (Nº 200), no debe exceder de 15% en peso, determinado por el método AASHTO T11.

- (b) **Conglomerante hidráulico:** Los componentes de un conglomerante hidráulico para su uso en suelos de conformidad con las normas NTG 41098 y NTG 41098h1 (Conglomerantes Hidráulicos para estabilización de suelos y Métodos de Ensayo) pueden ser los siguientes: Clinker de cemento Portland, Materiales Puzolánicos, Puzolana natural y Puzolana

natural calcinada, Ceniza Volante Silícea y Calcárea, Esquistos calcinados, Caliza, Escoria granulada de alto horno, Cal hidratada y cal hidráulica natural.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

209.04 Colocación.

(a) **Balasto.** Conforme se vaya terminando de construir la subrasante de acuerdo con lo indicado en la Sección 301, se debe colocar la capa de balasto. No se debe dejar sin cubrir la subrasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros. El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 250 milímetros.

Cuando la capa de balasto se deba colocar sobre una subrasante existente, ésta debe ser previamente conformada, escarificada y compactada superficialmente, respetando las líneas, pendientes y Sección Típica establecidas en los planos y especificaciones. En los lugares donde se encuentre material inadecuado, según lo definido en la Especificación 203.01, éstos deben ser removidos hasta una profundidad de por lo menos 300 milímetros y reemplazados con material apropiado. Todas las rocas o piedras grandes que se encuentren en el lecho de la carretera se deben excavar hasta los límites laterales de la misma, mostrados en los planos y a una profundidad por lo menos de 300 milímetros debajo de la subrasante.

(b) **Balasto con conglomerante hidráulico.**

(b.1) **Dosificación.** Se debe seleccionar el porcentaje de conglomerante hidráulico en peso, a adicionar a la capa de balasto o de suelo con material de aporte para su mezcla con el conglomerante hidráulico, basándose en los resultados de los ensayos de granulometría AASHTO T 11 y T 27 y límites de consistencia (Atterberg), AASHTO T 89 y T 90, clasificación AASHTO M 145. con el propósito de obtener la humedad óptima y densidad

máxima en cada una de las mezclas, según la norma AASHTO T-180, para obtener resistencias a la compresión no confinada a los 7 y 28 días y seleccionar el porcentaje en peso de conglomerante hidráulico para obtener una resistencia a la compresión no confinada a los 28 días entre 50 y 70.0, kg/cm². La cantidad de conglomerante hidráulico a utilizar deberá ser autorizada por escrito por el Delegado Residente.

(b.2) **Colocación y mezcla.** El conglomerante hidráulico debe aplicarse uniformemente sobre la superficie del material preparado durante este proceso, el material con el conglomerante no debe permanecer sin disturbar más de 30 minutos y entre la aplicación del agua y terminación de la conformación y compactación inicial no deben de transcurrir más de 2 horas para las operaciones correspondientes para un mismo tramo y adicionalmente no deben de transcurrir más de 2.5 horas desde la aplicación del agua para completar el afinamiento y la compactación final.

La aplicación del conglomerante hidráulico debe efectuarse por medio de maquinaria con equipo distribuidor de tipo de tornillo, caja u otro sistema previamente aprobado por el Delegado Residente. El conglomerante hidráulico no debe aplicarse con operación manual, colocando las bolsas sobre la superficie, ni cuando las condiciones del viento obstaculicen su adecuada distribución en la cantidad especificada y ordenada.

El conglomerante hidráulico que haya sido desplazado de la superficie a tratar, debe ser reemplazado antes de empezar a mezclarse. Inmediatamente después de que el conglomerante hidráulico ha sido aplicado, se debe proceder a efectuar la mezcla, utilizando máquina mezcladora pulverizadora o estabilizadora,

previamente aprobadas por el Delegado Residente.

La mezcla debe continuarse sin interrupción hasta que el conglomerante hidráulico esté homogéneo e íntimamente mezclado con el material, para prevenir la formación de grumos de conglomerante hidráulico cuando se agregue el agua. Inmediatamente después que el material y el conglomerante hidráulico se hayan mezclado, debe agregarse agua en cantidad adecuada y proseguir la mezcla en húmedo hasta lograr la homogeneidad y consistencia apropiadas para la compactación.

El agua debe aplicarse utilizando un distribuidor a presión o con la máquina estabilizadora; y el equipo de abastecimiento y distribución de agua, debe ser capaz de aplicar en menos de 3 horas, la cantidad total para mezclado, en un tramo en construcción.

El personal técnico deberá realizar el control y monitoreo para garantizar que el proceso constructivo sea satisfactorio a través de buenos resultados en la estructura del balasto con conglomerante hidráulico debiendo soportar el tráfico y las condiciones ambientales a las cuales estará sometido.

209.05 Compactación.

(a) **Balasto.** Las capas de balasto se deben compactar como mínimo al 95% de la densidad máxima determinada par el método AASHTO T 180.

El Contratista debe controlar el contenido de humedad adecuado del material, por medio de ensayos de laboratorio y campo, secando el material y determinando la humedad a peso constante o por el método del Carburo de Calcio, AASHTO T 217, a efecto de obtener la compactación especificada. La capa debe ser nivelada con equipo apropiado para asegurar

una compactación uniforme y no se aprobará la compactación, hasta que se llenen los requisitos correspondientes especificados.

(b) **Balasto con conglomerante hidráulico.** Las capas de balasto con conglomerante hidráulico se deben compactar como mínimo al 95% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

La compactación en el campo se podrá comprobar mediante los métodos AASHTO T-191 y T-310, además se pueden utilizar otros métodos incluyendo los no destructivos.

Los principios que rigen la compactación son los mismos que rigen la compactación de suelo cemento. El mezclado y compactado se deberá construir en un plazo no mayor de 2 horas. El espesor de las capas debe ser compatible con el rendimiento de los compactadores, con el fin de lograr una compactación integral en todo el espesor de la capa y evitar el reajuste o nivelación de la misma.

Se realizará el proceso de compactación de la siguiente manera: Inmediatamente después del mezclado se deberá lograr una densidad cercana a la especificada utilizando un rodo de al menos 8 Ton. Posteriormente se deberán realizar ajustes en el perfil de la vía utilizando motoniveladora, finalizar el proceso de compactación con un porcentaje de al menos 95% de AASHTO T-180, utilizando rodo liso vibratorio de 8 a 10 Ton., para garantizar una superficie densa libre de material suelto.

Para la nivelación es necesario utilizar la motoniveladora, para eliminar el material suelto, las imperfecciones e irregularidades de la superficie producidas en la compactación y nivelar las pendientes transversales necesarias para desalojar el agua de lluvias hacia las cunetas, esto se realiza humedeciendo ligeramente la superficie de la mezcla.

(c) **Curado.** La superficie deberá de protegerse para evitar que la humedad de la mezcla compactada

se evapore, para ello se puede utilizar emulsiones asfálticas en una tasa de aplicación variando entre 0.7 a 1.4 lts/m².

El material de curado de tipo asfáltico debe ser aplicado dentro de las 48 horas posteriores a la compactación final. Cuando sea necesario mantener el tránsito sobre la capa se deberá efectuar un riego de material secante como se indica en la Especificación 307.14 (f). Alternativamente antes de aplicar el material de curado de tipo asfáltico, se deberá de mantener un riego continuo de agua siempre que no se sobrepasen los dos días posteriores a la compactación final, garantizando que la superficie de la capa de balasto con conglomerante hidráulico no se reseque en ningún momento.

Debido a efectos del fraguado del conglomerante hidráulico, deben realizarse juntas longitudinales y transversales en la unión del final y principio de las operaciones de cada día de trabajo, estas deben realizarse cortando verticalmente y tallando la orilla o utilizando formaletas de madera o metálicas.

209.06 Aceptación.

Balasto y balasto con conglomerante hidráulico. La compactación se comprobará en el campo, cada 600 metros cuadrados y en forma alterna a lo ancho de la sección, de preferencia mediante el método AASHTO T 191 (ASTM D 1556). Con la aprobación escrita del Delegado Residente, se pueden utilizar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

209.07 Medida. La medida se debe hacer por el número de metros cúbicos de capa de balasto o capa de balasto con conglomerante hidráulico, con aproximación de dos decimales, debidamente construidos por el Contratista y aceptados por el Delegado Residente. El volumen debe ser el del material compactado en su posición final, calculado por procedimientos analíticos. Para el cálculo, la dimensión longitudinal debe ser la realmente cubierta por la capa, medida en proyección horizontal; la

dimensión transversal debe ser el ancho también en proyección horizontal, mostrado en los planos u ordenado por escrito por el Delegado Residente y realmente cubierto por el Contratista; y el espesor, será el mostrado en los planos o descrito en las Disposiciones Especiales y realmente compactado.

209.08 Pago.

- (a) **Balasto.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Capa de Balasto, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.
- (b) **Balasto con conglomerante hidráulico.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a capa de balasto más conglomerante hidráulico, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
Conglomerante hidráulico	NTG 41098H1
Compactación	AASHTO T 180 AASHTO T 191 (ASTM D 1556) AASHTO T 310
Graduación	AASHTO T 27 AASHTO T 11
Abrasión	AASHTO T 96
Límite líquido	AASHTO T 89
Índice plástico	AASHTO T 90
Peso unitario	AASHTO T 19
Determinación de humedad	AASHTO T 217
Resistencia a la compresión no confinada	AASHTO T 208
Agua	AASHTO T 26
Humedad de campo usando carburo	AASHTO T 217
Emulsiones aniónicas	AASHTO M 140
Emulsiones catiónicas	AASHTO M 208

SECCIÓN 210

USO DE EXPLOSIVOS

- 210.01 Definición.
- 210.02 Descripción.
- 210.03 Explosivos y accesorios para la explosión.
- 210.04 Regulaciones.
- 210.05 Programa para el uso de explosivos.
- 210.06 Encargado del uso de explosivos.
- 210.07 Explosión de prueba.
- 210.08 Explosión de producción.
- 210.09 Explosión controlada.
- 210.10 Memoria de la explosión.
- 210.11 Medida y pago.

210.01 Definición. La excavación con explosivos es utilizada cuando el terreno a excavar consiste de roca tan dura que no resulta práctico el uso de maquinaria convencional debido al desgaste excesivo al que se le sometería.

La técnica explosión de producción contempla el uso de explosivos para fracturar roca dentro de los taludes de corte. Posteriormente se utiliza equipo para remover la roca fracturada resultante de la explosión.

La técnica explosión controlada es aquella en la que se utilizan explosivos para formar un plano de corte en la roca a lo largo del talud diseñado.

210.02 Descripción. Este trabajo consiste en fracturar roca y construir taludes estables de corte utilizando técnicas de explosión de producción y de explosión controlada.

MATERIALES

210.03 Explosivos y accesorios para la explosión. Únicamente se deben utilizar explosivos y dispositivos de iniciación de un año o menos de edad. Los explosivos y dispositivos de iniciación incluyen, pero no necesariamente se limitan a, dinamita y otros explosivos, lechadas, gelatinas de agua, emulsiones, agentes para la explosión, explosivos de iniciación, detonadores y cables para la detonación.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

210.04 Regulaciones. El Contratista debe suministrar copias u otras pruebas de todos los permisos y licencias aplicables al Delegado Residente quién lo trasladará al Ingeniero. Se debe cumplir con las regulaciones del Estado relacionadas con la compra, transporte, almacenamiento y uso de material explosivo.

210.05 Programa para el uso de explosivos. El Contratista debe suministrar al Delegado Residente

un programa para el uso de explosivos por lo menos 14 días antes del inicio de las operaciones de perforación o cuando se proponga un cambio en los procedimientos de perforación y explosión. En el mismo se incluirán los aspectos correspondientes al diseño de la voladura el cual debe estar acorde con la geología, geotécnica, equipo de perforación y tipo de explosivos a utilizar. Este programa deberá incluir los detalles completos de los patrones de perforación y uso de explosivos, de las técnicas propuestas para la explosión controlada o para la de producción, incluyendo las medidas para cargar los agujeros húmedos. Este programa deberá ser aprobado por el Ingeniero y el Departamento de Gestión Ambiental de la División de Planificación y Estudios de la Dirección General de Caminos.

Se deberá considerar el uso de dos sismógrafos colocados en cada límite del área afectada por la voladura, para medir y registrar las vibraciones y presiones sonoras al momento de la detonación.

Como mínimo, el programa de uso de explosivos deberá incluir lo siguiente:

- (a) Dimensiones máximas para el ancho, la longitud y la profundidad de las voladuras.
- (b) Plano típico y vista en sección del patrón de perforación para los agujeros, tanto para la explosión controlada como para la de producción. Debe indicar la cara libre, capacidad, diámetros de los agujeros, espaciamientos, inclinaciones y profundidad de la subperforación, si ésta es necesaria.
- (c) Diagrama del patrón de carga que muestre:
 - (1) Localización de cada agujero.
 - (2) Localización y cantidad de cada tipo de explosivo en cada agujero incluyendo el cebo y los iniciadores.

- (3) Localización, tipo y profundidad del tajo.
- (d) Iniciación y métodos de retraso, tiempos de retraso y factor total de explosivos.
- (e) Hojas de datos del fabricante para todos los explosivos, cebos, iniciadores y otros dispositivos de explosión.
- (f) Procedimientos de trabajo y precauciones de seguridad para el almacenaje, transporte y manejo de los explosivos.
- (g) Procedimientos de trabajo y precauciones de seguridad para la explosión.
- (h) Plan de seguridad y contingencia para el manejo, operación y dirección de las actividades de la voladura, dirigido a los operarios y a los usuarios.
- (i) Para todas las operaciones referentes a las medidas de seguridad, transporte, almacenamiento, detonación, supervisión, verificación de resultados de la voladura y limpieza del área afectada, el Contratista deberá contar con las licencias correspondientes emitidas por el Ministerio de la Defensa Nacional.

La aprobación del programa de explosiones no exime al Contratista de la responsabilidad por el uso de tecnologías de perforación y de explosiones existentes y de la obtención de los resultados requeridos.

210.06 Encargado del uso de los explosivos. Por lo menos 10 días antes de la entrega, almacenamiento y uso del material explosivo, el Contratista debe designar, por escrito, un encargado de los explosivos. Asimismo, debe presentar evidencia al Delegado Residente de que el encargado tiene una licencia válida extendida por una entidad autorizada para este tipo de explosiones requeridas.

210.07 Explosión de prueba. Se debe perforar, efectuar la voladura y excavar una o más secciones cortas de ensayo, tal como se propuso en el programa de explosión, antes de efectuar los trabajos de perforación y explosión. Las pruebas podrán efectuarse lejos de o en la línea final del talud.

El espaciamiento entre los agujeros para la explosión controlada debe ser de 750 milímetros para la explosión de prueba inicial. Se debe ajustar el espaciamiento según lo aprobado y se debe utilizar el espaciamiento aprobado en la explosión a escala y en los ensayos subsecuentes, si éstos son necesarios.

Cuando se determine inaceptable una explosión de prueba, se deberá revisar el programa de explosiones y se deberá efectuar una prueba adicional.

El resultado de una prueba es inaceptable cuando ocurra fragmentación más allá de la superficie final de la roca, exista roca fina, vibración, soplos de aire, rotura de más, daños en la superficie final de la roca o se viole cualquier otro requerimiento.

210.08 Explosión de producción.

(a) **Generalidades.** El Contratista debe perforar los agujeros de producción y efectuar la voladura de acuerdo con el programa de explosión. Debe tomar todas las medidas de precaución para minimizar los daños en la superficie final de la roca.

Inmediatamente después de efectuar la voladura, el Contratista debe suspender el trabajo en toda el área de la explosión y revisar si no hay material explosivo sin detonar antes de que los trabajadores retornen a la labor de excavar la roca.

Se debe remover o estabilizar toda la roca suelta, colgante o que represente un peligro potencial en la superficie de corte. Cuando sea necesario, la limpieza se debe efectuar utilizando una barrenadora hidráulica o por medio de explosiones livianas. Las irregularidades menores o las variaciones en la superficie podrán permanecer si no causan peligro. No se deben perforar los agujeros de producción de la siguiente plataforma hasta completar los trabajos de limpieza y de estabilización.

Si las operaciones de explosión de producción causaron fracturas en la cara del talud final, éstas deben ser reparadas o estabilizadas de una manera aprobada. La reparación o estabilización

puede incluir la remoción, la colocación de pernos en la roca, dovelas en la roca u otras técnicas de estabilización.

El Contratista debe suspender las operaciones de explosión si ocurre alguna de las siguientes condiciones:

- (1) Los taludes son inestables.
- (2) Los taludes exceden las tolerancias establecidas.
- (3) Ocurrieron daños en el talud final.
- (4) Peligra la seguridad pública.
- (5) Si afecta o se pone en peligro instalaciones u otras obras de infraestructura.
- (6) Se ha puesto en peligro alguna propiedad o algún elemento natural.
- (7) Se genera roca fina.

(b) **Perforación.** La distancia entre la línea de agujeros para la explosión de producción y la línea de explosión controlada debe ser mayor de 2 metros y estas líneas deben ser paralelas. No se deberán perforar agujeros para explosión de producción más profundos que los perforados para la explosión controlada.

(c) **Explosión.** Se deben utilizar los tipos de explosivos y accesorios para la explosión con los cuales se obtendrá la fragmentación requerida. Se deben liberar las obstrucciones existentes dentro de los agujeros de explosión en toda la profundidad de los mismos. Las cargas deben ser colocadas sin socavar las paredes del agujero.

Se deben utilizar los tipos de explosivos y los accesorios de explosión necesarios para obtener los resultados requeridos. Una carga de fondo podrá ser mayor que las cargas de línea si no ocurre rotura adicional.

Se debe revestir la parte superior de todos los agujeros de explosión con arena seca u otro material granular que pase el tamiz de

9.5 milímetros. Se deben detonar los agujeros de producción en una secuencia de retraso hacia la cara libre resultante de la explosión de producción del tramo anterior.

210.09 Explosión controlada.

(a) **Generalidades.** Se debe perforar y efectuar la voladura de acuerdo con el programa de explosivos. La explosión controlada o la técnica de voladura de precorte, se usará para construir taludes finales de corte mayores de 3 metros de altura, las pendientes mayores de $\frac{1}{3}$ a 1 (horizontal a vertical) deberán definirse de acuerdo con un análisis de estabilidad en función de los estudios geotécnicos, geológicos y de riesgo sísmico de la zona donde se localiza el proyecto.

Las perforaciones para el recorte preliminar de la corona del talud deben ser inclinadas hacia abajo. Se deberán preparar plataformas de trabajo para la explosión controlada. Se debe utilizar el diámetro de barreno establecido para la explosión controlada y un espaciamiento entre agujeros que no exceda de 750 milímetros.

(b) **Perforación.** Se debe remover la capa superficial de suelo y la roca suelta a lo largo de la cima de la excavación hasta el límite del talud de corte. Se deben perforar agujeros para la explosión controlada con un diámetro de 75 ± 25 milímetros a lo largo de la cara del talud de roca.

De preferencia se debe utilizar equipo de perforación con dispositivos mecánicos o mecánicos-eléctricos que controlen con precisión el ángulo de inclinación al penetrar en la roca. La altura entre plataformas debe ser seleccionada de manera que el espaciamiento de los agujeros para la explosión controlada y la alineación del barreno hacia abajo no varíe en más de 225 milímetros del espaciamiento y de la alineación propuestas. Cuando más del 5 por ciento de los agujeros excedan esta tolerancia, se debe reducir la altura entre plataformas y

modificar las operaciones de perforación hasta que los agujeros de explosión estén dentro de la tolerancia permisible. La altura máxima entre plataformas se limitará a 15.00 ± 0.30 metros.

Se podrá ajustar la inclinación de la perforación en el fondo de la última plataforma, para tallar el pie del talud de corte. La plataforma final podrá profundizarse 0.50 metros más de la subrasante final para construir la cuneta.

- (c) **Explosión.** Se deben limpiar los agujeros para la explosión, colocar las cargas y revestir los agujeros de acuerdo con lo indicado en 210.08 (c). No se deberá utilizar nitrato de amonio puro y diésel para ejecutar las explosiones controladas.

Cuando se ejecute la fragmentación previa de la roca, la voladura de la fila de explosión de producción más cercana debe ser retrasada por lo menos 25 milisegundos después de dinamitar la línea de prefragmentación. Se debe prefragmentar un mínimo de 10 metros por adelante de la zona de explosión de producción.

Cuando se ejecute explosión de amortiguamiento, la voladura de la fila de amortiguamiento debe ser retrasada de 25 a 75 milisegundos después de dinamitar la línea de producción más cercana.

210.10 Memoria de la explosión. El Contratista debe presentar una memoria de la explosión por cada sitio de operación. La memoria de explosión deberá incluir lo siguiente:

- (a) Todas las dimensiones de cada voladura incluyendo las profundidades de los agujeros para la explosión, el volumen de roca por cada voladura, espaciamiento, subperforación, revestimiento, carga de explosivos y tiempos.
- (b) Un plano o esquema mostrando la dirección de la superficie o superficies y el trazo físico de la voladura.

210.11 Medida y pago. El costo de esta actividad deberá considerarse dentro del costo unitario de los renglones de pago de la Sección 203, 204 o 205.

SECCIÓN 211
GEOSINTÉTICOS UTILIZADOS EN
MOVIMIENTO DE TIERRAS
PARA TERRAPLENES

- 211.01 Definición.
- 211.02 Descripción.
- 211.03 Requisitos de los materiales.
- 211.04 Generalidades.
- 211.05 Preparación de la subrasante y
traspases.
- 211.06 Procedimientos de construcción.
- 211.07 Medida.
- 211.08 Pago.

211.01 Definición. Esta Sección cubre el uso de materiales geosintéticos: geotextiles, geomallas y geomembranas, utilizados en el movimiento de tierras para terraplenes, con el propósito de separar materiales de distintas características y calidades, favorecer la filtración y el drenaje, la estabilización de los suelos, el reforzamiento de taludes y la protección de la erosión.

211.02 Descripción. Este trabajo consiste en el suministro y la colocación de geosintéticos como parte de la estructura del terraplén, tanto en su base, en el cuerpo del mismo o sobre éste.

MATERIALES

211.03 Requisitos de los materiales.

Las Tablas del 211-1 a 211-9 muestran los requerimientos que deben cumplir los geotextiles de acuerdo con su Tipo y Función para la cual serán utilizados. En las Tablas indicadas la clasificación según Clases y los valores requeridos de resistencia, durabilidad y apertura de poros se definieron usando como referencia las Especificaciones de Geosintéticos para aplicaciones de Carreteras de conformidad con la Norma AASHTO M 288-21.

La Tabla 211-1 proporciona los requerimientos para las Clases de Geotextiles, 1, 2 y 3 en función de su resistencia, durabilidad, resistencia a los esfuerzos de instalación y propiedades de sobrevivencia.

Los Geotextiles deben cumplir con las propiedades requeridas según el tipo de aplicación para la que vayan a ser usados, los requerimientos de Geotextiles usados en Drenaje subsuperficial se indican en la Tabla 211-2, los requerimientos de Geotextiles usados en Funciones de Separación se indican en la Tabla 211-3 y en la Tabla 211-4 se definen las Clases requeridas de conformidad con las condiciones de la subrasante, equipo de construcción y espesores de la capa.

En la Tabla 211-5 se muestran los requerimientos para Geotextiles en Funciones de Estabilización.

En la Tabla 211-6 se muestran los requerimientos para Geotextiles en Función de Control Permanente de la Erosión.

En la Tabla 211-7 se muestran los requerimientos para Geotextiles en Función de Control Temporal de la Erosión.

En la Tabla 211-8 se muestran los requerimientos para Geosintéticos Clase 4 para el uso en la estabilización de subrasantes.

Se hace notar que la Clase de Geotextil es seleccionada para que se eviten daños durante el proceso de instalación, según las condiciones del proyecto y tipo de aplicación o función para la que se usará, sin excluir el cumplimiento de las condiciones mínimas que estén definidas en el diseño correspondiente. A continuación, se incluyen los requerimientos generales según la clase de geotextil y los requerimientos específicos por tipo de aplicación que deben cumplir los geotextiles.

(a) Clasificación y requerimientos generales geotextiles. Geotextiles Clases 1, 2 y 3. En general, los geotextiles son materiales fabricados utilizando polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos de por lo menos 95 por ciento en masa de poliolefinas, poliéster o poliamidas. La fabricación del geotextil, incluyendo los remates en las orillas, debe hacerse dentro de una red estable tal, que los filamentos o hilos mantengan su estabilidad dimensional relativa entre ellos mismos. El geotextil y los hilos utilizados en la costura de éste deben ser resistentes a ataques químicos, moho y al deterioro; y debe estar

libre de desgarres, defectos o fallas, que alteren adversamente sus propiedades físicas.

Los valores presentados en las especificaciones de los geotextiles que sean suministrados para su uso en el proyecto deben estar respaldados por el fabricante mediante certificados de laboratorios acreditados por GSI (Geosynthetic Institute) o GAI-LAP (Acreditación otorgada por el Instituto de Investigaciones de Geosintéticos (GRI) a través del programa de acreditación de laboratorios).

Las propiedades mínimas requeridas de resistencia y durabilidad para los geosintéticos indicadas en esta Sección, corresponden a los valores mínimos promedio del rollo (MARV – Minimum Average Roll Value) en la dirección principal más débil.

El tamaño especificado de la abertura aparente (apparent opening size – AOS) representa el valor máximo promedio del rollo.

Cuando se requieran empalmes cosidos, la resistencia de la costura medida de conformidad con ASTM D4632/D4632M, debe ser igual o mayor del 90% de la resistencia a la tracción especificada.

Los geotextiles Clases 1, 2 y 3 deben cumplir con los requerimientos indicados en la siguiente Tabla 211-1. Las propiedades requeridas para cada clase de geotextil en esta Tabla dependen de su porcentaje de alargamiento.

Tabla 211-1
Requerimientos de resistencia y durabilidad

(Esta tabla es una adaptación de la Tabla 1
 de las Especificaciones de Geosintéticos
 para Carreteras AASHTO M 288-21)

Propiedades	Método de ensayo ASTM	Un.	Clase de geotextil (1)(2)(3)					
			Clase 1 ⁽¹⁾		Clase 2 ⁽¹⁾		Clase 3 ⁽¹⁾	
			Alargamiento		Alargamiento		Alargamiento	
			< 50%	≥ 50%	< 50%	≥ 50%	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tracción grab	D 4632/ D 4632M	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia de la costura	D 4632/ D 4632M	N	1260	810	990	630	720	450
Resistencia al desgarre o corte trapezoidal	D 4533/ D 4533M	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	D 6241	N	2750	1925	2200	1375	1650	990
Permisividad	D 4491	s ⁻¹						
Abertura aparente de poros (apparent opening size AOS)	D 4751	mm	Las propiedades mínimas requeridas de Permisividad, Abertura Aparente de Poros y Estabilidad a los Rayos Ultravioleta, están basadas en el tipo de aplicación del geotextil.					
Estabilidad a los rayos ultravioleta (resistencia retenida)	D 4355/ D 4355M	%	Referirse a Tabla 211-2 para drenaje subsuperficial, Tablas 211-3 y 211-4 para separación, Tabla 211-5 para estabilizaciones y Tabla 211-6 para control permanente de la erosión.					

- ⁽¹⁾ La clase 1 de geotextil está especificada para las más severas o rudas condiciones de instalación donde hay un gran potencial de daño. Las clases 2 y 3 se especifican para condiciones menos severas.
- ⁽²⁾ Todos los valores numéricos corresponden al valor promedio mínimo del rollo (MARV Minimum Average Roll Value) en la dirección principal más débil.
- ⁽³⁾ Todas las mediciones deben estar de acuerdo con ASTM D4632/D4632 M.
- ⁽⁴⁾ Cuando se requieran uniones traslapadas o cosidas consultar la Tabla 211-9.
- ⁽⁵⁾ El valor MARV de resistencia al desgarre para geotextiles tejidos monofilamento es de 250 N.

(b) Geotextiles para drenaje subsuperficial (subdrenajes). Los geotextiles para drenaje subsuperficial deben cumplir con los requerimientos de la Tabla 211-2 que se muestra a continuación y que se refiere a las condiciones requeridas para permitir el paso

a largo plazo del agua hacia los sistemas de subdrenaje, reteniendo las partículas de suelo. Dado que en este caso la función principal de los geotextiles es la de filtración, ésta depende de la graduación y plasticidad de los suelos y sus condiciones hidráulicas.

Tabla 211-2
Requerimientos geotextiles para drenajes subsuperficiales
(Esta tabla es una adaptación de la Tabla 2 de las Especificaciones de Geosintéticos para Carreteras AASHTO M 288-21)

	Método de ensayo ASTM	Unidad	Requerimientos, porcentaje pasa tamiz 200 del suelo <i>in situ</i> (AASHTO T 88)				
			< 15	de 15 a 50	>50		
Clase de geotextil			clase 2 de Tabla 211-1 ⁽¹⁾				
Permisividad ^{(2) (3)}	D 4491	s ⁻¹	0.5	0.2	0.1		
Abertura aparente de poros (AOS) ^{(2) (3)}	D 4751	mm	0.43	0.25	0.22 ⁽⁴⁾		
Estabilidad a los rayos ultravioleta (resistencia retenida)	D 4355 D 4355M	%	50% después de 500 horas de exposición				

- ⁽¹⁾ El geotextil Clase 2 es la selección por omisión. El Contratista podrá especificar geotextil Clase 3 basado en una o más de las siguientes indicaciones:
- El Contratista considera que el geotextil Clase 3 tiene la suficiente supervivencia basado en su experiencia de campo.
 - El Contratista considera que el geotextil Clase 3 tiene la suficiente supervivencia basado en ensayos de laboratorio e inspecciones visuales de muestras de geotextil tomadas de un tramo de prueba construido bajo las condiciones que se anticipan prevalecerán en el campo.
 - La profundidad del subdrenaje es menor de 2 m, el tamaño del agregado es menor de 30 mm y la compactación requerida es menor de 95% de la correspondiente al Proctor Estándar (AASHTO T-99).
- ⁽²⁾ Estos valores de las propiedades de filtración están basados en los tamaños predominantes de las partículas del suelo *in situ*. En adición al valor por omisión de la permisividad, el Delegado Residente puede requerir ensayos de permeabilidad y/o de desempeño basados en diseños de ingeniería para sistemas de drenaje en suelos en condiciones problemáticas.
- ⁽³⁾ El diseño específico del geotextil debe efectuarse especialmente si son encontradas una o más de las siguientes condiciones problemáticas del suelo: inestabilidad o suelos altamente erosionables como en limos no cohesivos, graduaciones discontinuas, estratos laminados en forma alterna de limos y arena, arcillas dispersas y/o polvo de roca.
- ⁽⁴⁾ Para suelos cohesivos con un Índice Plástico mayor de 7, el valor máximo promedio del rollo de la Abertura aparente del geotextil es de 0.30 mm.

(c) **Geotextiles para funciones de separación.** Los geotextiles para funciones de separación deben prevenir la mezcla de los suelos de subrasante con los materiales de las capas superiores tales como: Subbase, base o rellenos con material selecto. Los geotextiles para las aplicaciones de separación deben cumplir con lo indicado en

la Tabla 211-3 que se muestra a continuación. Esta aplicación es adecuada para estructura de pavimentos construidos sobre suelos con una resistencia CBR mayor o igual a 3 o una resistencia al corte mayor a 90 kPa, dado que su función es únicamente de separación, su uso se adecúa a suelos de subrasante no saturados.

Tabla 211-3
Propiedades requeridas geotextiles en funciones de separación
(Esta tabla es una adaptación de la Tabla 3 de las Especificaciones de Geosintéticos para Carreteras AASHTO M 288-21)

	Método de ensayo ASTM	U	Requerimientos
Clase geotextil	Ver Tabla 211-4		
Permisividad	D4491	s^{-1}	0.05 ⁽¹⁾
Abertura aparente de poros (AOS)	D4751	Mm	0.60 Máximo valor promedio del rollo
Estabilidad a los rayos ultravioleta (resistencia retenida)	D 4355/ D4355M	%	50% después de 500 horas de exposición

⁽¹⁾ Valor por omisión. La permisividad del geotextil debe ser mayor de la permisividad del suelo, el Delegado Residente puede requerir que la permeabilidad del geotextil sea mayor que la del suelo.

(d) **Geotextiles según condiciones de subrasante y equipo de compactación.** En la siguiente Tabla 211-4 se indica el grado de sobrevivencia y la Clase de geotextil requerido según las condiciones de la subrasante, las características del equipo de construcción y el espesor de las capas de suelo que se sobrepongan.

Tabla 211-4
Grado requerido de sobrevivencia en función de las condiciones de la subrasante,
del tipo de equipo de construcción y el espesor de la capa.
 (Esta tabla es una adaptación de la Tabla 4 de las
Especificaciones de Geosintéticos para Carreteras AASHTO M 288-21)

	Equipo de presión baja en el suelo	Equipo de presión media en el suelo	Equipo de presión alta en el suelo
	$\leq 25 \text{ kPa}$ ($\leq 3.6 \text{ lbs/plg}^2$)	$> 25 \text{ a } \leq 50 \text{ kPa}$ ($> 3.6 \text{ a } \leq 7.3 \text{ lbs/plg}^2$)	$> 50 \text{ kPa}$ ($> 7.3 \text{ lbs/plg}^2$)
La subrasante ha sido limpia de todos los obstáculos exceptuando grama, hierbas, hojas y deshechos finos de madera, la superficie es lisa y nivelada con altibajos o desniveles que no exceden de 450 mm.	Grado sobrevivencia bajo: Clase 3	Grado sobrevivencia moderado: Clase 2	Grado sobrevivencia alto: Clase 1
La subrasante ha sido limpia de los obstáculos medianos, ramas y rocas, los troncos y tocones deben ser removidos o cubiertos parcialmente. Los altibajos o desniveles no deben de exceder de 450 mm y las depresiones mayores deben ser llenadas.	Grado sobrevivencia moderado: Clase 2	Grado sobrevivencia alto: Clase 1	Grado sobrevivencia muy alto: Clase 4A
Se requiere mínima preparación del área, los árboles pueden ser derribados, desramados y dejados en el lugar. Los tocones deben ser cortados para que no sobresalgan más de 150 mm arriba de la subrasante. El geotextil puede ser envuelto directamente sobre los troncos de árbol, tocones, depresiones grandes, bordos, agujeros, canales y piedras grandes y deben ser removidos si al colocar el geotextil y el material de relleno altera la superficie final de la carretera.	Grado sobrevivencia alto: Clase 1	Grado sobrevivencia muy alto: Clase 4A ⁽²⁾	Grado sobrevivencia muy alto: Clase 4A
Las propiedades requeridas para las Clases 1, 2 y 3 son las indicadas en la Tabla 211-1. Las propiedades requeridas para la Clase 4A son las correspondientes a aplicaciones de estabilización de la subrasante indicadas en la Tabla 211-8			

- ⁽¹⁾ Las recomendaciones son aplicables para capas con un espesor inicial de 150 a 300 mm, para otros espesores se ajustarán los valores de la sobrevivencia requerida, de la siguiente manera:
- Espesores de capa de 300 a 450 mm, reducir los requerimientos de sobrevivencia un nivel.
 - Espesores de capa de 450 a 600 mm, reducir los requerimientos de sobrevivencia dos niveles.
 - Para espesores iniciales de capa mayores de 600 mm, reducir los requerimientos de sobrevivencia tres niveles.

Para técnicas especiales de construcción de surcos o rodaderas (*prerutting*) se debe incrementar un nivel los requerimientos de sobrevivencia del geotextil. La colocación de un espesor excesivo en la capa inicial de recubrimiento puede ocasionar la falla en el valor soporte de la subrasante.

- ⁽²⁾ Selección por omisión, el Contratista con la aprobación del Delegado Residente, puede especificar geotextiles Clase 1 de la Tabla 211-1 basado en una o más de las siguientes condiciones:
- El Contratista ha encontrado, basado en experiencias de campo, que esta clase de geotextil posee suficiente sobrevivencia.
 - El Contratista ha encontrado que esta clase de geotextil posee suficiente sobrevivencia, basado en ensayos de laboratorio e inspecciones visuales de muestras del geotextil extraídas de una sección de prueba construida bajo las condiciones de campo que se anticipan.

(e) Geotextiles para funciones de estabilización.

En la siguiente Tabla 211-5 se indican los requerimientos de los geotextiles para cumplir con la función de estabilización, la que orienta su uso sobre suelos en condiciones saturadas para proporcionar la función combinada de separación y filtración. Los geotextiles, en este caso, se consideran como un tratamiento

mecánico para incrementar la estabilidad de la masa del suelo. La estabilización del suelo es aplicable para materiales de relleno y estructuras del pavimento construidas sobre suelos con una resistencia CBR comprendida en el rango del 1 al 3 por ciento, equivalente aproximadamente a una resistencia al corte entre 30 kPa y 90 kPa.

Tabla 211-5
Propiedades requeridas geotextil para estabilizaciones
 (Esta tabla es una adaptación de la Tabla 5 de las
 Especificaciones de Geosintéticos para Carreteras AASHTO M 288-21)

	Método de ensayo ASTM	U	Requerimientos
Clase Geotextil			Clase 1 Tabla 211-1 ⁽¹⁾
Permisividad	D 4491	s ⁻¹	0.05 ⁽²⁾
Abertura Aparente de Poros (AOS)	D 4751	mm	0.43 Máximo valor promedio del rollo
Estabilidad a los Rayos Ultravioleta (Resistencia Retenida)	D 4355/ D 4355M	%	50% después de 500 horas de exposición

⁽¹⁾ Selección de la Clase de Geotextil por Omisión, a propuesta del Delegado Residente, el Ingeniero puede aprobar el uso de Geotextiles Clases 2 o 3 de la Tabla 211-1 de conformidad con lo siguiente:

El Ingeniero y el Delegado Residente han encontrado una clase de geotextil que tenga suficiente sobrevivencia de acuerdo a experiencias de campo o de conformidad con ensayos de laboratorio e inspección visual de una muestra de geotextil obtenida de un tramo de prueba construido según las condiciones que se anticipa se registrarán en el campo.

⁽²⁾ Valor por Omisión. La permisividad del geotextil debe ser mayor que la del suelo. El Delegado Residente también puede requerir que la permeabilidad del geotextil sea mayor que la del suelo.

(f) Geotextiles para control permanente de la erosión. En la Tabla 211-6 se indican los requerimientos para los geotextiles empleados en las aplicaciones de control permanente de la erosión. Este tipo de geotextil se coloca intermedio entre el suelo y los recubrimientos de prevención de la erosión y disipación de energía hidráulica, tales como cubiertas de piedra o enrocados, se usa como separación entre el recubrimiento y la superficie del suelo que le sirve de soporte. Estas especificaciones no son aplicables a esteras de refuerzo ni a productos enrollados para el control de la erosión, las que deberán cumplir con lo indicado en las Secciones 807 y 808 según corresponda.

Los geotextiles usados en el control permanente de la erosión tienen como función principal la de servir de filtro, cuyas propiedades de filtración dependen de las condiciones hidráulicas y de la granulometría del suelo en el lugar, su densidad y plasticidad. Para esta aplicación no se permite el uso de geotextiles compuestos de hebras planas tejidas.

En la siguiente Tabla 211-6 los valores indicados con excepción de los de Abertura aparente de poros (AOS) corresponden al valor promedio mínimo del rollo (MARV) en la dirección principal más débil. Los valores indicados de AOS corresponden al valor máximo promedio del rollo.

Tabla 211-6
Requerimientos geotextiles para control permanente de erosión
(Reproducida de Tabla 6 AASHTO M 288-21)

Clase geotextil	Método de ensayo ASTM	U	Requerimientos, según porcentaje pasa tamiz 200 ^a del suelo <i>in situ</i>				
			< 15	de 15 a 50	>50		
Tejido monofilamento			clase 2 de Tabla 211-1 ^b				
Todos los demás geotextiles			clase 1 de Tabla 211-1 ^{b,c}				
Permisividad ^{a,d}	D 4491	s ⁻¹	0.7	0.2	0.1		
Abertura aparente de poros (AOS) ^{c,d,e}	D 4751	mm	0.43 Max Valor Prom del Rollo	0.25 Max Valor Prom del Rollo	0.22 Max Valor Prom del Rollo ^e		
Estabilidad a los rayos ultravioleta (resistencia retenida)	D 4355/ D 4355M	%	50% después de 500 horas de exposición				

- a) Basado en el tamaño de las partículas de suelo de conformidad con AASHTO T 88.
- b) Como regla general la selección por omisión es adecuada para condiciones de igual o menor severidad que las siguientes:
 - 1. El peso de la capa de protección de piedra no excede de 100 kg, la altura de caída de la piedra es menor de 1 m y no requiere lecho de agregados.
 - 2. El peso de la capa de protección de piedra es mayor de 100 kg, la altura de caída de la piedra es menor de 1 m y el geotextil está protegido por una cuna de agregados de 150 mm de espesor, diseñada para ser compatible con la capa de protección. Aplicaciones para condiciones más severas requiere una evaluación de la sobrevivencia del geotextil, basada en una sección de prueba y puede requerir un geotextil con mayores propiedades de resistencia.
- c) El Delegado Residente con la aprobación del Ingeniero puede autorizar el uso de un geotextil Clase 2 de la Tabla 211-1 basándose en una o más de las siguientes condiciones:
 - 1. Los geotextiles Clase 2 de conformidad con experiencia de campo tienen suficientes condiciones de sobrevivencia.
 - 2. En base a ensayos de laboratorio e inspecciones visuales en una muestra obtenida de una sección de prueba construida bajo las condiciones de campo que se anticipan, se ha encontrado que los geotextiles Clase 2 tienen suficientes condiciones de sobrevivencia.
 - 3. El peso de la capa de protección de piedra no excede de 100 kg, la altura de caída de la piedra es menor de 1 m y el geotextil está protegido por una cuna de agregados de 150 mm de espesor, diseñada para ser compatible con la capa de protección.
 - 4. El peso de la capa de protección de piedra no excede de 100 kg y la piedra es colocada en posición sin dejarla caer.
- d) Los valores de las propiedades filtrantes están basados en el tamaño predominante del suelo en el lugar de la obra. En adición al valor por omisión indicado de la permisividad, el Delegado Residente puede requerir ensayos de permeabilidad y desempeño basados en un diseño de ingeniería para los sistemas de drenajes para las condiciones problemáticas de los suelos.
- e) Tomar en cuenta lo siguiente:
 - 1. Se requiere un diseño específico del Geotextil para el lugar de la obra especialmente si se encuentran una o más de las siguientes condiciones problemáticas de los suelos tales como inestabilidad, tendencia alta a la erosión como en limos no cohesivos, graduaciones discontinuas, suelos laminados con capas alternas de arena y limo o polvo de roca.
 - 2. Para suelos cohesivos con un índice plástico mayor de siete, el valor máximo promedio del rollo para la apertura aparente es de 0.30 mm.

(g) Geotextiles para el control temporal de la erosión. En la Tabla 211-7 se indican los requerimientos para los geotextiles empleados en las aplicaciones de control temporal de la erosión. Este geotextil se coloca en forma vertical

como una membrana permeable para remover las partículas de suelo en suspensión en los flujos de agua y permitir la sedimentación, impidiendo el transporte del suelo a otras áreas distantes de la zona de construcción.

Tabla 211-7
Requerimientos geotextiles para control temporal de erosión
 (Reproducida de Tabla 7 AASHTO M 288-21)

Clase geotextil	Método de ensayo ASTM	U	Cerco con soportes	Requerimientos, según longitud sin soporte del cerco retención de limos	
				Elongación geotextil $\geq 50\%$	Elongación geotextil $< 50\%$
Espaciamiento máximo de postes		m	1.2	1.2	2.0
Resistencia a la tracción grab	D 4632/ D 4632M	N			
Dirección principal			400	550	550
Dirección más débil			400	450	450
Permisividad	D 4491	Sec ⁻¹	0.05	0.05	0.05
Tamaño abertura aparente promedio rollo	D 4751	mm	0.6 máx	0.6 máx	0.6 máx
Resistencia retenida radiación ultravioleta	D 4355/ D 4355M	%	70% después de 500 horas de exposición		

Notas:

- El soporte de los cercos consiste en malla de alambre calibre 14 con espaciamiento de 150x150 mm o malla de polímero con resistencia equivalente.
- El porcentaje de elongación se define según ASTM D 4632/4632M.
- La filtración proporcionada se basa en evidencia empírica de distintos tipos de sedimentos para áreas sensibles a la acumulación de sedimento se determinará la eficiencia como filtro y la tasa de flujo de la tela geotextil.

(h) Geotextiles y geomallas para estabilización de la subrasante.

Los geosintéticos usados para la estabilización de la subrasante deben de cumplir con los requerimientos establecidos en la Tabla 211-8. Todos los valores indicados en esta

tabla, con excepción del Tamaño Aparente de Abertura (AOS) y el porcentaje de área libre, corresponden al valor promedio mínimo del rollo en la dirección principal más débil. Los valores de AOS representan valores máximos promedio del rollo, y los valores de área libre o abierta corresponden a valores típicos promedio.

Los valores de las propiedades indicadas en la Tabla 211-8 representan los valores por omisión que proporcionan a los geosintéticos una adecuada sobrevivencia bajo las condiciones de construcción más severas. Los valores especificados en la tabla en referencia están basados en las condiciones de sobrevivencia aplicables a geomallas biaxiales comunes usadas en carreteras.

El uso de otros geosintéticos con características y especificaciones de desempeño especiales deben ser evaluados para poder ser usados como alternativa a los productos de las clases indicadas en la Tabla 211-8. Dicha evaluación debe estar basada en experiencias de campo documentadas y en el análisis por un laboratorio independiente en forma razonable simule las condiciones que se prevea se puedan presentar en el campo.

Tabla 211-8
Propiedades requeridas de geosintéticos Clase 4 para el uso en la estabilización de subrasantes.
(Reproducida de Tabla 12 AASHTO M 288-21)

	Método de ensayo	Unidades	Clase y tipo de Geosintéticos			
			Clase 4A ^a Geotextil	Clase 4B ^b Geomalla	Clase 4C ^b Geomalla	Clase 4D ^b Geomalla
Resistencia a la tensión en ancho amplio del geotextil	ASTM D 4595	kN/m	70	-----	-----	-----
Permisividad	ASTM D 4491	Sec ⁻¹	0.2 ^c	-----	-----	-----
Tamaño Aparente de Abertura (AOS)	ASTM D 4751	mm	0.60 (MARV)	-----	-----	-----
Resistencia a la tensión en ancho amplio de la geomalla	ASTM D 6637/ D 6637M	kN/m	-----	26	18	12
Resistencia a la tensión al 2% de deformación	Método B		-----	8.0	5.8	3.6
Resistencia en las uniones	ASTM D 7737 Método A	N	-----	200	156	111
Porcentaje de área abierta	Medida directa	%	-----	70 (valor típico)		
Estabilidad a los rayos ultravioleta (Resistencia retenida)	ASTM D 4355 / D4355M	%	70% después de 500 horas de exposición			

- a) El grado requerido de sobrevivencia de los geotextiles se indica en la Tabla 211-4. Los geotextiles Clase 4A se especifican para las condiciones más severas de instalación y en donde hay un elevado potencial para que se produzcan daños en el geotextil.
- b) La geomalla Clase 4B puede ser usada para todas las condiciones de sobrevivencia previstas, y es la selección por omisión para condiciones severas de sobrevivencia. La geomalla Clase 4C es la selección por omisión para condiciones moderadas de sobrevivencia.

Si la clase de geomalla no está especificada en los planos el Delegado Residente, para condiciones leves de sobrevivencia, puede especificar el uso de geomallas Clase 4D para una de las dos condiciones que se indican a continuación:

1. El Delegado Residente basado en experiencias de campo ha encontrado que esta clase de geomalla sí cumple las condiciones de sobrevivencia requeridas.
 2. El Delegado Residente basado en pruebas de laboratorio e inspección visual de muestras de geomalla obtenidas de un tramo de prueba construido bajo las condiciones que se anticipan se presentarán en el campo durante la construcción
- c) Los valores por omisión de la permisividad del geotextil deben ser mayores que la permisividad del suelo. El Delegado Residente también puede requerir que la permeabilidad del geotextil sea mayor que la permeabilidad del suelo.

Los rollos de geosintéticos deben ser almacenados, manejados e identificados de acuerdo con ASTM D4873 y las recomendaciones del fabricante, de tal forma que se mantengan secos y protegidos contra los elementos atmosféricos. Si los rollos se almacenan a la intemperie, deben ser elevados y protegidos con una cubierta impermeable. Cuando se utilice tela geotextil para una instalación permanente, la exposición a la radiación ultravioleta del geotextil debe limitarse a menos de 10 días.

El Contratista debe suministrar un certificado de calidad de fabricante, así como las especificaciones técnicas del producto que incluya el nombre del fabricante, el nombre del producto, número de estilo, composición química de los hilos o filamentos y cualquier otra información pertinente que describa totalmente la tela geotextil. Los valores presentados en las especificaciones de los geotextiles deben acompañarse del certificado de laboratorio acreditado por GSI (Geosynthetic Institute) o GAI-LAP (Acreditación otorgada por el Instituto de Investigaciones de Geosintéticos (GRI) a través del programa de acreditación de laboratorios).

Cuando se requieran muestras, se removerá una porción de 1 metro de longitud por el ancho completo de un tramo ubicado después de la primera vuelta del rollo. Se debe etiquetar la muestra con el número del lote y de partida, la fecha de la toma de la muestra, nombre y número del proyecto, número del Renglón, nombre del fabricante y nombre del producto.

Adicionalmente, cuando las uniones de la tela geotextil sean tejidas o cosidas, se debe proporcionar una descripción del patrón de la costura y una muestra del material de costura, el cual debe consistir en hebras de polipropileno o poliéster de alta resistencia, no se deberán usar costuras de nylon. La descripción del patrón de costura debe incluir lo siguiente: tipo de puntada, número(s) y tipo(s) del hilo utilizado para la costura, densidad de la puntada y medida de la puntada. Si las costuras son realizadas en ambas direcciones, es decir, en la dirección de la máquina y en la dirección transversal a la máquina, se debe proveer muestras de las costuras tejidas que estén orientadas en ambas direcciones, de la máquina

y transversales a la misma. Se debe suministrar una muestra cosida que tenga por lo menos 2 metros de costura por un ancho de 1.50 metros. Las costuras de la muestra deben ser cosidas con el mismo equipo y siguiendo los mismos procedimientos que se utilizarán para la producción de la costura en el proyecto. Las costuras en campo, deben cumplir con las recomendaciones del fabricante. En este caso, se debe obtener aprobación de la costura antes de su instalación.

En general, en cualquier aplicación en que se utilice un geotextil durante la etapa de construcción, debe evitarse la contaminación del geotextil con el suelo o cualquier otro material. El geotextil contaminado debe ser removido y reemplazado a costa del Contratista. Cualquier geotextil dañado debe ser reparado colocando un parche que se extienda 100 centímetros, en todas direcciones, más allá del área afectada. Los geotextiles dañados deben ser reemplazados sin costo alguno para el Estado.

Cuando se utilicen geomallas como elementos de refuerzo en las aplicaciones de suelo reforzado para mejorar la estabilidad de los taludes de los terraplenes y muros de contención, las geomallas deberán de cumplir con todos los requerimientos indicados en la Sección 255.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

211.04 Generalidades. En las áreas en las cuales se colocará un geosintético sobre terreno natural, éstas se deben preparar y limpiar de toda vegetación protuberante tal como raíces, árboles, desechos u obstrucciones que puedan dañar el mismo. Se deben cortar los árboles y arbustos al nivel de la superficie del terreno y remover todos los objetos cortantes, punzocortantes y rocas grandes. Luego se deben llenar las depresiones o agujeros con material adecuado de acuerdo con estas Especificaciones, para proporcionar una superficie uniforme. Las áreas en las que haya material inadecuado, serán tratadas de acuerdo a lo establecido en la Especificación 203.04 (e). Estas áreas se estabilizarán con el uso de un geosintético colocado en el fondo de la excavación antes de iniciar la construcción del relleno.

Si el geosintético es un geotextil y éste se encuentra dañado, rasgado, perforado, contaminado o con moho se debe reemplazar o reparar de inmediato. Se debe remover el área dañada y colocar un pedazo del mismo tipo de geotextil (parche) traslapándolo 1 metro, como mínimo, más allá del perímetro del área dañada. En caso existan materiales inadecuados por debajo del geotextil, se debe coser el parche, conforme lo indicado en el último párrafo de la Especificación 211.03 (a). El Contratista debe reparar el geosintético dañado a su costa.

211.05 Preparación de la subrasante y traslapes. Cuando se utilice el geosintético sobre la subrasante, la misma se debe preparar de acuerdo con lo indicado en la Especificación 211.04. Los rollos de geosintético

deben ser desenrollados tan lisos como sea posible sobre la superficie preparada. El geosintético debe ser colocado en forma uniforme y libre de tensión, sobre peso o arrugas. El traslape se hará en la dirección de la construcción, es decir, en la dirección de la colocación del material de relleno. El geosintético debe ser traslapado o unido de acuerdo con los requerimientos mínimos proporcionados en la Tabla 211-9. No se efectuarán traslapes longitudinales debajo de la línea de paso de las llantas (carrileras). Si el geosintético es una geomalla, las instrucciones y detalles de la instalación y uso de la misma deberán ser proporcionados por el fabricante y sometidas a la consideración del Delegado Residente para su aprobación.

Tabla 211-9
Requerimientos mínimos recomendados para traslape o costura de geotextiles⁽¹⁾

Localización del traslape	Resistencia del terreno (CBR)	Traslape mínimo (mm)
Traslape de rollos de geosintético adyacentes	CBR > 3	300 - 500
	1 < CBR ≤ 3	600 – 1,000
	0.5 < CBR ≤ 1	1,000 o costura
	CBR ≤ 0.5	Costura(1)
Traslape de terminaciones de rollos de geosintético		1,000 o costura

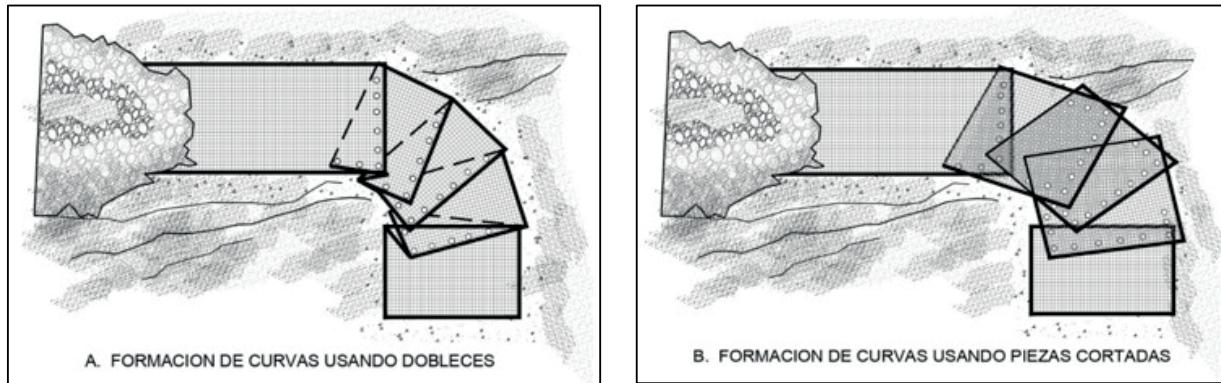
(1) Adaptación de la Tabla X1.1 de la Especificación AASHTO M 288-21

211.06 Procedimientos de construcción. El geosintético debe ser cortado y doblado conforme a las curvas como lo ilustra la figura 211-1. El geosintético se debe fijar en el sitio con pines, grapas o pequeños promontorios de material de relleno.

capa, se debe reparar el área dañada volviendo a compactar la misma con equipo sin vibración.

La preparación del área debe hacerse según lo indicado en la Especificación 211.04, en particular el material del relleno debe estar colocado sobre

Figura 211-1
Colocación del Geotextil en curvas (FHWA)



Nota: Anclas deben ser colocadas cada 60 cm de distancia como mínimo

El material de relleno debe descargarse desde el extremo en que se inicia la construcción del relleno a efecto de que no circule tráfico sobre el geosintético mientras éste no se haya recubierto con una capa de material de relleno con un espesor mínimo de 300 milímetros. En caso se encuentre material inestable o inadecuado (de acuerdo con lo indicado en la Especificación 203.01) se puede colocar una primera capa de 500 milímetros de espesor. En ambos casos la primera capa debe ser compactada con una compactadora de neumáticos o con un rodillo de tambor liso sin vibración. Durante el proceso de construcción de la primera capa, deben evitarse las paradas súbitas o repentinamente, arranques o giros bruscos del equipo de construcción para que ésta sea uniforme. Previo al inicio de las operaciones de compactación, deben rellenarse todas las huellas o surcos del equipo de construcción con material adicional de relleno. No se deben nivelar las huellas o surcos con equipo que regenere la aparición de éstas.

Las capas subsiguientes de material de relleno se deben colocar tal como se establece en la Especificación 203.07. Se podrá emplear equipo vibratorio para la compactación de las capas subsiguientes. De producirse una falla en la segunda

el geotextil de tal manera que un mínimo de 200 milímetros de material de relleno quede todo el tiempo entre las llantas o bandas del equipo y el geotextil. Se debe limitar el paso de vehículos de construcción sobre la capa inicial, en cuanto a tamaño y peso, a efecto de que la huella o surco, por encima del geotextil, no sea mayor de 75 milímetros de profundidad, para prevenir un exceso de esfuerzo sobre el geotextil.

Si el geotextil está rasgado, perforado o la unión cosida o termo fijada está alterada y si existen evidencias visibles de un daño en el geotextil, bombeo de la subrasante, intrusión o distorsión del camino, el relleno alrededor del área dañada o desplazada debe ser removido y el área dañada debe ser reparada o reemplazada por el Contratista, a su costa. La reparación debe consistir de un parche del mismo tipo de geotextil colocado sobre el área dañada y debe ser cosido o termo fijado en toda la orilla conforme la recomendación del fabricante.

Debe cuidarse de que la construcción del terraplén se mantenga simétrica todo el tiempo, para prevenir fallas localizadas de capacidad soporte por debajo del terraplén o de una inclinación lateral o un deslizamiento del terraplén. Cualquier relleno

colocado directamente sobre el geotextil debe ser esparcido inmediatamente. No debe permitirse acumulación de relleno en forma de pilas sobre el geotextil.

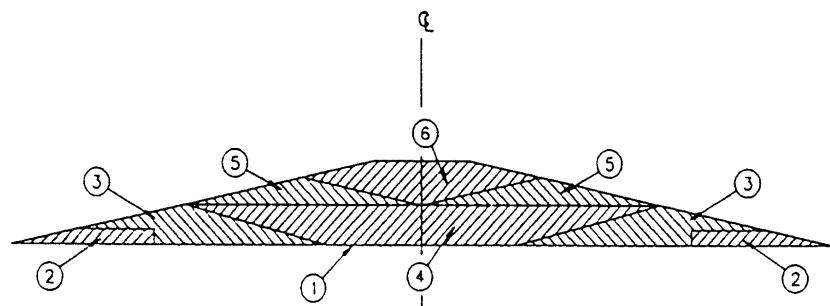
Para subrasantes de condiciones moderadas, el terraplén debe ser compactado usando el Método B descrito en esta misma Especificación. No se debe usar rodillos vibratorios o compactadoras tipo pata de cabra para compactar el relleno hasta tener un mínimo de 500 milímetros de relleno cubriendo la capa de geotextil inferior y hasta un mínimo de 300 milímetros de relleno cubriendo cada capa de geotextil subsiguiente por encima de la capa inferior.

El geotextil debe ser tensado durante la instalación utilizando cualquiera de los Métodos A o B que se describen más adelante en esta Especificación. El método seleccionado dependerá si se forman o no ondulaciones durante la colocación de la primera o segunda capa. Si se forma una ondulación a medida que el relleno es empujado sobre la primera capa de geotextil, el método A debe ser utilizado y debe continuar siendo utilizado hasta que la formación de la onda cese a medida que el relleno es colocado y esparcido. Una vez que la formación de ondas cesa, el método B debe ser utilizado hasta que la última capa superior de geotextil sea cubierta con un mínimo de 300 milímetros de material de relleno. Estos métodos especiales de construcción no son necesarios para construir el relleno por encima de este nivel. Si la onda no se forma al empujar el material del relleno sobre la primera capa de geotextil, entonces el método B debe ser utilizado desde la primera hasta que la última capa superior de geotextil sea cubierta con un mínimo de 300 milímetros de material de relleno.

Método A. La primera capa de geotextil debe ser colocada en paños continuos en forma transversal y las uniones entre éstos cosidas o termo fijadas. El geotextil debe ser tensado manualmente para asegurar que no se presentarán arrugas en el geotextil. El relleno debe ser descargado y esparcido desde el extremo del geotextil. El relleno debe ser colocado a lo largo de los extremos externos del geotextil para formar caminos de acceso. Estos caminos de acceso servirán para tres propósitos: asegurar los

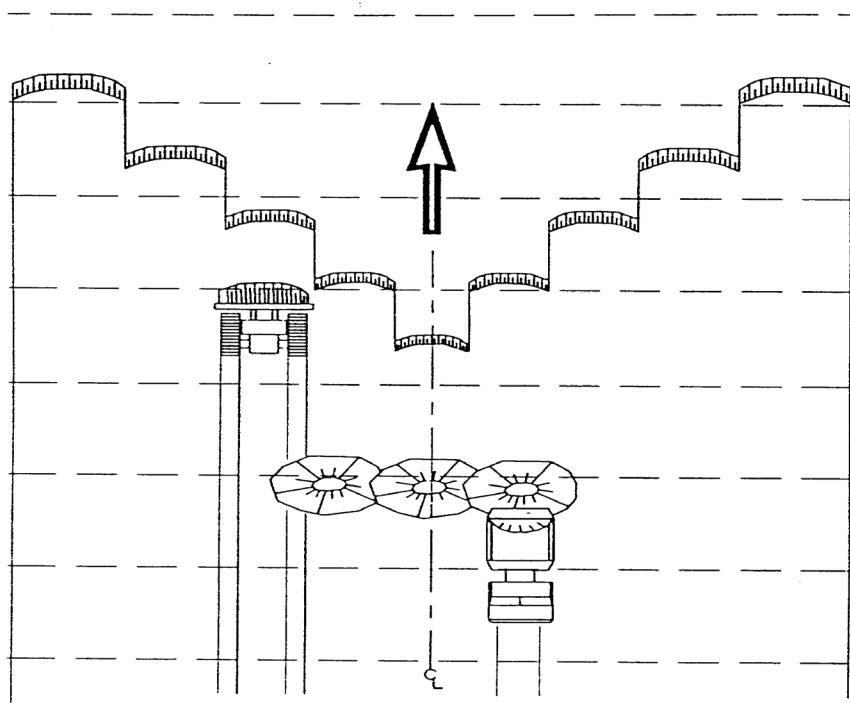
extremos del geotextil en el lugar, para contener la ondulación y para proveer el acceso necesario para colocar el relleno en el centro del terraplén. Estos caminos de acceso deben ser aproximadamente de 5 metros de ancho. Los caminos de acceso en las orillas del geotextil deben tener una altura mínima de 600 milímetros cuando están terminados. Una vez que el camino de acceso tenga aproximadamente 15 metros de longitud, el material de relleno debe ser mantenido delante de las operaciones de relleno y el camino de acceso debe mantenerse aproximadamente 15 metros delante de esta operación de relleno como se muestra en las Figuras No. 211-2 y 211-3. Manteniendo la ondulación delante de la operación de relleno, así como evitando el desplazamiento de las orillas del geotextil mediante el uso de caminos de acceso, se mantendrá efectivamente pretensado el geotextil. El geotextil debe ser colocado no más de 6 metros delante del final del camino de acceso en todo momento, para prevenir un exceso de esfuerzo en las costuras del geotextil. El geotextil debe ser cubierto dentro de las 48 horas de su colocación. El procedimiento indicado también es aplicable para reforzar la superficie de la subrasante para la construcción de terraplenes sobre suelos extremadamente blandos.

Figura 211-2 Método A, sección
Secuencia de la construcción para subrasante extremadamente blandas
(cuando la ondulación u ola de lodo se forma)



1. Coloque el geosintético en paneles transversos continuos. Cosa los paneles juntos.
2. Descargue por el extremo los caminos de accesos o bermas.
3. Construya las secciones de exterior para anclar en geosintético.
4. Construya las secciones del interior para asentar el geosintético.
5. Construya las secciones del interior para tensionar el geosintético.
6. Construya la sección central final.

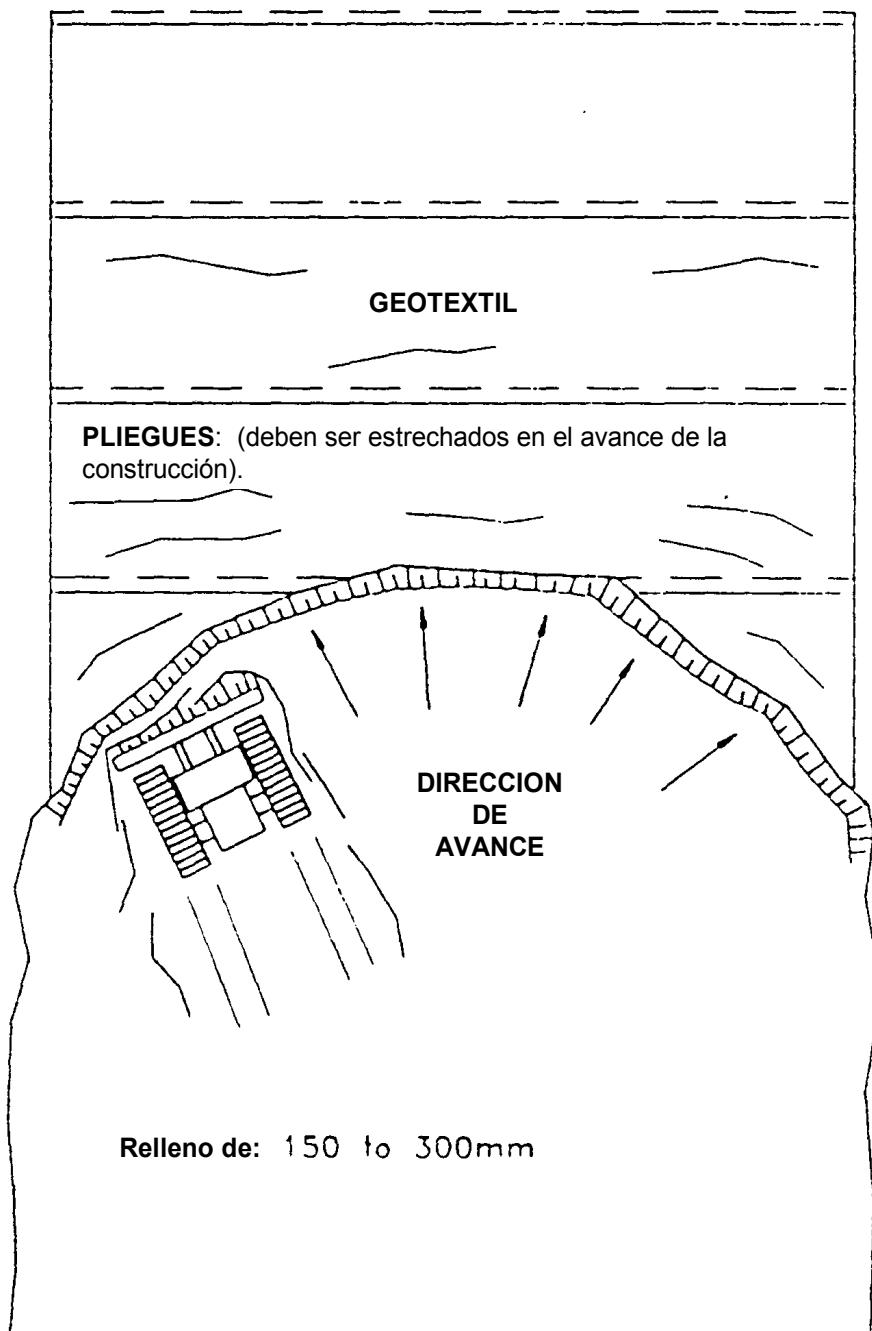
Figura 211-3 Método A, planta



Colocación del Relleno entre los caminos de acceso o bermas sobre Subrasantes Extremadamente Blandas ($CBR < 1$) y con la Anticipación de la ondulación u Ola de Lodo

Figura 211-4
Colocación del relleno para tensionar el geosintético sobre subrasante de condiciones moderadas ($CBR > 1$); no formación de la ola de lodo.

Método B



Referencia de las Figuras 211-1 a 211-4:

- Holtz, Robert; Barry Christopher, y Ryan Berg. *Guía para el Diseño y Construcción con Geosintéticos*, de la Administración Federal de Carreteras (FHWA) del Departamento de Transporte, Instituto Nacional de Carreteras, Publicación No. FHWA HI-95-038, mayo 1995.

Método B. La primera capa de geotextil debe ser colocada, cosida o termo fijada como en el método A. La primera capa de material de relleno debe ser esparcida desde los extremos del geotextil en forma simétrica. Para mayor seguridad, el centro de la capa de relleno debe avanzar delante de los extremos externos de la capa, en forma de una “U” invertida, como se muestra en la Figura 211-4. El geotextil debe ser tensado manualmente a medida que el relleno avanza. La construcción del terraplén debe continuar de esta manera para las subsiguientes capas hasta que la última capa superior de geotextil esté completamente cubierta con 300 milímetros de relleno compactado.

Cuando se utilicen geomallas para la estabilización y refuerzo de terraplenes sobre suelos blandos, se deberá cumplir con lo indicado en la Sección 255 y los terraplenes se deberán construir conforme los métodos A y B, según sea el caso, descritos anteriormente o usando las guías de instalación del fabricante con la aprobación del Delegado Residente.

En el diseño se debe indicar la separación de la malla para cumplir con el límite máximo y el mínimo dado para la abertura entre los elementos de la malla en cualquier dirección. Las uniones en los puntos de cruce de los elementos de la geomalla deben ser íntegramente conectados a través de extrusión de la malla a sí misma o soldando los puntos de cruce, de tal manera que los elementos no se separen entre sí, tanto en las operaciones de instalación, como durante las actividades de construcción, ni bajo niveles de esfuerzo y condiciones anticipadas del medio ambiente que puedan afectar la vida de la estructura.

Los geosintéticos deben ser protegidos y almacenados adecuadamente de manera de que se mantengan secos y protegidos contra los elementos atmosféricos. Los geosintéticos deben ser estirados para remover las arrugas o dobleces y deben asegurarse en el lugar con grapas, pines o material de relleno.

Cuando se usen geomallas, las unidades adyacentes deben ser traslapadas en sus orillas

perpendiculares al lado del talud del terraplén conforme lo indicado en los planos. De igual forma se deben traslapar o fijar mecánicamente por medio de conectores cuya resistencia principal cumpla con los requerimientos del diseño.

El material de relleno debe ser colocado sobre la parte superior de la geomalla y compactado en capas conforme a lo indicado en los planos y estas Especificaciones. Todo material de relleno debe ser colocado, esparcido y compactado de tal manera que no se produzcan arrugas o movimientos de las geomallas. No se debe permitir que el equipo de construcción opere directamente sobre la geomalla, deben evitarse las paradas súbitas o repentinias, arranques o giros bruscos del equipo de construcción. Una capa mínima de material de relleno de 300 milímetros debe mantenerse en todo momento, entre las llantas o bandas del equipo y la geomalla. El Contratista debe reparar cualquier daño que se suscite en las geomallas o reemplazarlas a su costa.

211.07 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cuadrados efectivamente colocados, excluyendo los traslapos, con aproximación de dos decimales, de Geosintéticos para Terraplenes satisfactoriamente colocados de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

211.08 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Geosintéticos para Terraplenes. En el costo unitario correspondiente a este Renglón deben incluirse las uniones, grapas, pines y todos aquellos aditamentos o accesorios necesarios para la debida colocación de los geosintéticos, ya que no se reconocerá pago adicional por ellos.

DIVISIÓN 250
TERRAPLENES ESTRUCTURALES

SECCIÓN 251
ZAMPEADO

- 251.01 Definición.
- 251.02 Descripción.
- 251.03 Requisitos de los materiales.
- 251.04 Zampeado sin mortero.
- 251.05 Zampeado con mortero.
- 251.06 Colocación del geotextil, si requerido.
- 251.07 Medida.
- 251.08 Pago.

251.01 Definición.

Zampeado. Es una medida constructiva de protección de taludes, márgenes y estructuras de drenaje por medio de rocas que pueden ser sueltas o ligadas con mortero para reducir la exposición de la estructura al riesgo de erosión. Su aplicación se limita a la protección de la erosión y no tiene una función estructural.

251.02 Descripción. Este trabajo consiste en el transporte, suministro, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción; así como la preparación de las superficies donde se debe colocar el zampeado, conformándolas y compactándolas, en las cuales, a veces es necesario ejecutar alguna excavación. El zampeado, con o sin mortero, se puede colocar a mano o mecánicamente, sobre una superficie lisa. Cuando se indique en los planos, en las Disposiciones Especiales o así lo ordene el Delegado Residente se debe colocar, sobre la superficie lisa, el geotextil especificado.

MATERIALES

251.03 Requisitos de los materiales. Los materiales para la construcción del zampeado deben cumplir con lo establecido a continuación:

(a) **Roca.** El Contratista debe suministrar roca dura, durable y angular que sea resistente a la intemperización, a la acción del agua y que esté libre de materia orgánica y de desperdicio. No se deben utilizar cantos rodados, esquisto o rocas con fisuras. Además, la roca debe cumplir con lo siguiente:

- | | |
|---|--------------|
| (1) Gravedad específica aparente, AASHTO T 85 | 2.30 mínimo |
| (2) Absorción, AASHTO T 85 | 4.2 % máximo |

- | | |
|---|-------------|
| (3) Índice de durabilidad (agregado grueso), AASHTO T 210 | 52 mínimo |
| (4) Graduación para la clase especificada | Tabla 251-1 |

(b) **Mortero.** El mortero debe consistir en una mezcla de una parte de cemento para mampostería, cemento hidráulico o cemento hidráulico inclusor de aire, con dos partes de agregado fino AASHTO M 45, en volumen. Se podrá agregar cal o ceniza muy fina en una cantidad que no exceda del 10 por ciento del cemento hidráulico en masa. En vez de cemento inclusor de aire, se podrá utilizar cemento hidráulico con un aditivo inclusor de aire según la Especificación NTG 41069 (ASTM C 260) y de acuerdo con lo indicado en la Sección 551.

El mortero debe tener una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 17.2 MPa (2,500 lb./pulg²) de acuerdo con las Normas NTG 41050 Mortero de Pega para Unidades de Mampostería y el Método de Ensayo NTG 41003 h4.

(c) **Geotextiles.** Cuando se requiera el uso de geotextiles, el geotextil y los hilos utilizados en la costura de éste, deben ser resistentes a ataques químicos, moho y al deterioro; y debe estar libre de desgarres, defectos o fallas, que alteren adversamente sus propiedades físicas. Los geotextiles deben cumplir con los requerimientos para el control permanente de la erosión indicados en la Tabla 211-6 y también deben cumplir con las características de resistencia y supervivencia durante la instalación indicadas en la Tabla 211-1, correspondientes a geotextiles tejidos monofilamento Clase 2 y para otros geotextiles los valores correspondientes a la Clase 1, ambos de conformidad con la Especificación AASHTO M 288.

Tabla 251-1
Requerimientos de graduación para zampeado

Clase	Porcentaje de roca en masa	Masa (Kg)	Dimensión cúbica aproximada ⁽²⁾⁽³⁾ (mm)
1	20	10 a 15	150 a 200
	30	5 a 10	125 a 150
	40	0.5 a 5	50 a 125
	10 ⁽¹⁾	0 a 0.5	0 a 50
2	20	25 a 50	200 a 250
	30	10 a 25	150 a 200
	40	1 a 10	75 a 150
	10 ⁽¹⁾	0 a 1	0 a 75
3	20	100 a 150	350 a 400
	30	50 a 100	250 a 350
	40	5 a 50	125 a 250
	10 ⁽¹⁾	0 a 5	0 a 125
4	20	250 a 350	450 a 500
	30	100 a 250	350 a 450
	40	10 a 100	150 a 350
	10 ⁽¹⁾	0 a 10	0 a 150
5	20	700 a 1000	650 a 700
	30	350 a 700	500 a 650
	40	25 a 350	200 a 500
	10 ⁽¹⁾	0 a 25	0 a 200
6	20	850 a 1600	700 a 850
	30	500 a 850	550 a 700
	40	50 a 500	250 a 550
	10 ⁽¹⁾	0 a 50	0 a 250

1. El Contratista debe suministrar fragmentos y lajas de piedra graduadas para proveer una masa densa y estable.
2. El volumen de una roca con estas dimensiones cúbicas tendrá una masa aproximadamente igual a la masa especificada para la roca.
3. El Contratista debe suministrar rocas con un ancho y un espesor igual a por lo menos un tercio de su longitud.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

251.04 Zampeado sin mortero. Antes de iniciar los trabajos de construcción del zampeado, se deben ejecutar los trabajos correspondientes a la Sección 205. El talud se debe revestir a manera de producir una superficie lisa.

La superficie de las rocas antes de colocarlas se debe lavar usando hidrolavadora a una presión mayor a 3500 psi que asegure la limpieza completa, con el objeto de remover el exceso de finos o cualquier materia extraña. Se deben rechazar las rocas cuyos defectos no se puedan remover por medio del lavado con agua.

Se debe excavar una zanja de cimentación a lo largo del pie del talud, tal como se indique en los planos. Las rocas más grandes deben ser colocadas en la zanja de cimentación. Las rocas deben ser colocadas con su eje longitudinal perpendicular al rostro del zampeado y de tal manera que cada roca colocada sobre la capa de cimentación tenga un apoyo en 3 puntos sobre las rocas inferiores. La capa de cimentación es la capa colocada sobre el talud en contacto con la superficie. Las rocas deben ser colocadas cuidadosamente, mecánica o manualmente, sobre la superficie, de tal manera, que queden en contacto directo. No se permitirá el apoyo sobre rocas más pequeñas que sean utilizadas para el relleno de vacíos. Tampoco se permitirá el vertido de rocas sobre el talud para su colocación. No se debe dejar caer las rocas desde una altura mayor a 300 mm. Las rocas mayores de 100 kilogramos no deben deslizarse a lo largo de la pendiente del talud. Las rocas de tamaño pequeño o el agregado para protección del geotextil no deben ser vertidas desde una altura mayor a un metro.

Las irregularidades locales en la superficie del talud no deben variar de la pendiente diseñada en más de 300 milímetros medidos a ángulos rectos del talud.

Como alternativa al procedimiento anterior y con el objeto de tener un mínimo de vacíos, las rocas grandes pueden ser colocadas en la capa

del pie del talud y en la superficie exterior de la protección del talud.

Para asegurar y engrapar las rocas y si la granulometría de éstas es mayor que la Número 4 indicada en la Tabla 251-1, éstas pueden ser fijadas en su posición, sobre la superficie previamente preparada, golpeándolas con un peso de rostro plano, con dimensiones de 1.2 por 1.5 metros, con una masa aproximada de 2,000 kilogramos. No se debe golpear las rocas que se encuentren debajo del nivel del agua.

Al finalizar la construcción del zampeado, la zanja de cimentación debe ser rellenada con material selecto, pero no se requerirá la compactación de éste.

251.05 Zampeado con mortero. El zampeado con mortero no es más que roca colocada utilizando cualquiera de los dos métodos indicados en la Especificación 251.04, pero rellenando los vacíos con mortero de cemento.

El mortero debe ser colocado únicamente cuando la temperatura esté arriba de 5 °C y esté subiendo. El mortero debe ser colocado de manera que se evite la segregación. Todos los vacíos deben ser llenados sin perturbar la posición de las rocas. Se debe proveer agujeros de drenaje a través del zampeado según sea requerido.

El mortero podrá ser colocado por medio de canales, tubos o cubetas o puede ser colocado por medio de equipo neumático u otros medios mecánicos, siempre en una operación continua para cada jornada de trabajo. En ningún caso se debe permitir la colocación del mortero sobre la protección a distancias en exceso de 3 metros. Inmediatamente después de colocarlo, el mortero debe ser consolidado con una paleta y nivelado a su posición por medio de escantillones, llanas u otros métodos aprobados hasta que la penetración mínima sea la indicada en los planos. Después de colocar el mortero, se debe cepillar las piedras para que su superficie quede expuesta. Las rocas externas deben proyectarse fuera de la superficie del mortero, de 0.33 a 0.25 veces su diámetro.

El zampeado con mortero debe mantenerse húmedo durante 3 días después de haber sido terminado. No se debe aplicar ninguna carga exterior sobre el mismo, por lo menos durante 4 días después de haber terminado el trabajo.

251.06 Colocación del geotextil, si es requerido. El geotextil, si su uso ha sido especificado, debe ser colocado antes de colocar la roca sobre el talud. Se debe colocar de acuerdo con los detalles mostrados en los planos y según lo indicado en estas Especificaciones Generales.

Antes de colocar el geotextil, la superficie sobre la cual se colocará debe ser preparada de manera que quede libre de materiales sueltos o extraños y de objetos puntiagudos que puedan dañar el geotextil durante su instalación.

El geotextil debe ser colocado suelto, sobre o contra la superficie, de manera que se acomode sobre la misma y no ocurran daños al colocar la roca sobre el geotextil.

El geotextil debe ser colocado con la dirección principal paralela a la dirección de la corriente del agua. En el caso de protección de taludes contra la erosión, se debe colocar paralelo a la pendiente del talud y en el caso de protección de canales paralelo al eje del canal.

La junta de dos tramos de geotextil podrá ser cosida o traslapada. Cuando las juntas sean traslapadas, todas las orillas adyacentes del geotextil deben traslaparse una longitud no menor de 300 milímetros, excepto cuando se coloque por debajo del nivel del agua en cuyo caso el traslape mínimo debe ser de 900 milímetros. Los traslapos de tramos de tela perpendiculares a la dirección del flujo del agua deben estar separados 1.50 metros, es decir, no se debe hacer el traslape entre tramos adyacentes en una misma alineación continua. El traslape debe hacerse en dirección de la corona del talud hacia el pie o en dirección aguas arriba hacia aguas abajo, cuando se trate de taludes de corte y canales, respectivamente. Es decir que, cuando se trate de taludes, el tramo de tela superior colocado a partir de la corona del talud debe quedar sobre el tramo de

tela inferior y así sucesivamente hasta llegar al pie del talud. En el caso de los canales se debe proceder de forma similar, en función de la dirección de la corriente de agua. Se deben colocar pines en todos los traslapos, con un espaciamiento entre 600 a 900 milímetros, centro a centro, a efecto de mantener el traslape en su lugar durante la colocación del zampeado. Se recomienda que los pines sean de 4.76 milímetros de diámetro, 450 milímetros de largo, con punta en el extremo y fijados con una arandela de 38 milímetros de diámetro en el otro extremo.

Cuando la unión sea cosida, la costura debe ser hecha con un hilo de color que contraste. El tamaño y la composición del hilo deben ser las recomendadas por el fabricante. Se debe coser aproximadamente 5 a 7 puntadas por cada 25 milímetros. La resistencia de las uniones cosidas debe ser la misma que la especificada para la tela, excepto cuando las uniones estén orientadas de arriba hacia abajo en un talud, en cuyo caso la resistencia debe ser un mínimo del 80% de la especificada para el geotextil.

Se debe reemplazar o reparar el geotextil que se haya dañado durante la colocación, de acuerdo con las indicaciones del Delegado Residente y a costa del Contratista. El geotextil que, a criterio del Delegado Residente, no pueda ser reparado, debe ser reemplazado. La reparación consistirá en la colocación de nuevo geotextil sobre el área dañada. Para las uniones traslapadas de la reparación, el traslape mínimo desde la orilla del área dañada debe ser de un metro. Si el parche a colocar en el área dañada es cosido en vez de traslapado, la costura debe llenar los requisitos de resistencia indicados en el párrafo anterior.

El anclaje del geotextil debe hacerse construyendo zanas de fijación en la corona y en el pie del talud. En el pie del talud se puede proponer otro sistema para anclar el geotextil en combinación con la roca, siempre que se demuestre que existirá inmovilidad del geotextil durante la colocación del zampeado. En aplicaciones bajo el nivel del agua, el geotextil y el zampeado deben ser colocados el mismo día.

251.07 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación

de dos decimales, de Zampeado con Mortero incluyendo geotextil si éste fue requerido o del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Zampeado sin Mortero incluyendo el geotextil si éste fue requerido, satisfactoriamente construidos y aceptados conforme a los planos y estas Especificaciones Generales.

251.08 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados o de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato, correspondiente a Zampeado con Mortero o Zampeado sin Mortero, con o sin geotextil según haya sido especificado, respectivamente cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

SECCIÓN 252
MUROS SECOS Y PEDRAPLENES

- 252.01 Definición.
- 252.02 Descripción.
- 252.03 Requisitos de la roca.
- 252.04 Colocación de la roca.
- 252.05 Medida.
- 252.06 Pago.

252.01 Definición. Los muros secos y pedraplenes son estructuras formadas de rocas unidas unas con otras, sin uso de mortero, acomodadas de tal manera que dejen entre sí la menor cantidad de espacios vacíos, sin necesidad de formar hiladas uniformes. La forma de los muros secos o pedraplenes puede ser regular o irregular, pero siempre de consistencia sólida y rígida. La inclinación de los taludes se establecerá de conformidad con las Especificaciones Especiales y como se indique en los planos correspondientes.

252.02 Descripción. Este trabajo consiste en el transporte, suministro y colocación, manual o mecánicamente, de la roca en los lugares donde

sea requerida. También se incluye en este trabajo la preparación de las superficies de cimentación de los muros o rellenos de roca, en las cuales a veces es necesario ejecutar alguna excavación.

MATERIALES

252.03 Requisitos de la roca.

(a) **Roca colocada mecánicamente.** El Contratista debe suministrar roca dura y durable de forma angular, resistente a la intemperización y bien graduada de acuerdo con lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla 252-1
Graduación para roca colocada mecánicamente

Porcentaje en masa de Fragmentos de roca	Masa en kilogramos	Dimensión cúbica equivalente (mm)
50	Mayor que 900	Mayor que 700
50	40 a 900	250 a 700

(b) **Roca colocada manualmente.** El Contratista debe suministrar roca dura y durable de forma angular, resistente a la intemperización y bien

graduada de acuerdo con lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla 252-2
Graduación para roca colocada manualmente

Porcentaje en masa de fragmentos de roca	Masa en kilogramos	Dimensión cúbica equivalente (mm)
75	Mayor que 75	Mayor que 300
25	40 a 75	250 a 300

(c) **Otros requerimientos de la roca.** Adicionalmente, ya sea que la roca sea colocada mecánicamente o manualmente, ésta debe cumplir con lo siguiente:

- | | |
|--|--------------|
| (1) Gravedad específica aparente, AASHTO T 85 | 2.30 mínimo |
| (2) Absorción, AASHTO T 85 | 4.2 % máximo |
| (3) Índice de durabilidad (grueso), AASHTO T 210 | 52 mínimo |

REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

252.04 Colocación de la roca. Antes de colocar la roca, se deben efectuar los trabajos de Excavación y Terraplenes, Excavación Estructural y Relleno para Estructuras, correspondientes, a las Secciones 203, 205 y 206, respectivamente. La roca se debe colocar con una orientación estable con un mínimo de vacíos y de tal forma que se produzca un patrón aleatorio en la colocación. Se deben utilizar fragmentos de roca con un tamaño menor que el tamaño mínimo de la roca para acuñar las rocas más grandes fijamente en su posición y para llenar los vacíos existentes entre las rocas grandes.

El rostro expuesto de la masa de roca debe quedar razonablemente uniforme sin proyecciones extendiéndose fuera de la alineación de la pendiente. La tolerancia en la proyección es de 300 milímetros para las rocas colocadas mecánicamente o de 150 milímetros para las rocas colocadas a mano.

252.05 Medida. La medida se debe hacer por el número de metros cúbicos en el lugar, con aproximación de dos decimales, de Muros secos o pedraplenes construidos satisfactoriamente y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, los planos y las Disposiciones Especiales.

252.06 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Muros o Rellenos de Roca, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 253
GAVIONES Y COLCHONES
PARA REVESTIMIENTO

- 253.01 Definición.
- 253.02 Descripción.
- 253.03 Requisitos de los materiales.
- 253.04 Generalidades.
- 253.05 Montaje de los gaviones tipo caja.
- 253.06 Instalación de la estructura.
- 253.07 Rellenado de las cajas.
- 253.08 Relleno trasero.
- 253.09 Gaviones tipo colchón para revestimiento.
- 253.10 Medida.
- 253.11 Pago.

253.01 Definición.

Gaviones tipo caja y tipo colchón para revestimiento. Son las estructuras formadas por receptáculos de malla de alambre, llenos de roca, construidos de tal manera que mantengan una forma definida, de consistencia sólida y flexible, utilizados para muros de contención, y protección de márgenes y carreteras, apoyo de puentes, etc.

253.02 Descripción. Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento y construcción de los receptáculos de malla de alambre; el transporte, suministro y colocación del material de relleno dentro y atrás de los receptáculos de malla de alambre, así como el material geosintético para cubrir la cara posterior de los gaviones del lado del relleno.

MATERIALES

253.03 Requisitos de los materiales. Los materiales para la construcción de Muros de Gaviones y colchones para revestimientos deben cumplir con lo indicado a continuación:

(a) **Material de las mallas para los gaviones tipo caja y tipo colchón.** La malla para las canastas de las cajas y los colchones debe ser de malla hexagonal a doble torsión de conformidad con la Especificación ASTM A 975, la torsión mediante el entrecruzado de dos hilos con tres medios giros. La malla de alambre de acero galvanizado con recubrimiento de zinc deberá cumplir con ASTM A641 M Estilo 1 Clase 3 o ASTM A809 para alambre de acero con revestimiento de aluminio y zinc, deberá cumplir con ASTM A856/A856 M. Se debe utilizar alambre con una resistencia media a la tensión de 415 MPa cuando sea ensayado de acuerdo con AASHTO T 244 o ASTM A 370. El revestimiento galvanizado o de aluminio puede ser aplicado después de fabricar la malla.

Cuando se especifique el uso de malla soldada, ésta deberá cumplir con la Especificación ASTM A 974.

(1) **Gaviones tipo caja (0.3 Metros o más en la dimensión vertical).** La malla para las canastas de los gaviones tipo caja galvanizada, aluminada o revestida con cloruro de polivinilo, debe ser fabricada con alambre de tamaño nominal de 2.7 milímetros o más de diámetro, del tipo 8 x 10. Los bordes perimetrales de la malla para cada panel deben ser de alambre de 3.0 milímetros o más de diámetro. El alambre perimetral debe tener por lo menos la misma resistencia que el de la malla. Las aberturas de la malla deben ser de un tamaño menor que la roca a ser utilizada con la malla del gavión, pero no mayor que 120 milímetros, con un área menor que 7,000 mm².

Para las canastas de malla soldada con revestimiento galvanizado o aluminado, cada conexión debe ser soldada hasta obtener un esfuerzo cortante mínimo promedio de la soldadura de 2,600 Newtons sin que ningún valor sea menor que 2,000 Newtons, de acuerdo con ASTM A 974. Para las canastas con revestimiento de cloruro de polivinilo, cada conexión debe ser soldada hasta obtener un esfuerzo cortante mínimo promedio de la soldadura de 2,100 Newtons sin que ningún valor sea menor que 1,600 Newtons.

Las canastas para los gaviones se deben fabricar con las dimensiones requeridas con una tolerancia en cada dimensión de ± 5 por ciento. Cuando la longitud de un gavión excede 1.5 veces su ancho, se debe dividir en celdas de menor tamaño o igual al ancho de la canasta por diafragmas del mismo tipo y tamaño que la de los paneles

de la canasta. Cada canasta con los paneles y diafragmas necesarios debe ser prefabricada asegurándose que rotén a su posición.

(2) Gaviones tipo colchón (menos de 0.3 Metros en su dimensión vertical). La malla para los gaviones tipo colchón galvanizado, aluminado o revestido con cloruro de polivinilo debe cumplir con la norma ASTM A 975, la malla se debe fabricar con alambre de tamaño nominal de 2.2 milímetros o más de diámetro, del tipo 6 x 8. Los bordes perimetrales de la malla para cada panel deben ser de un alambre de 2.7 milímetros o más de diámetro. Este alambre debe tener por lo menos la misma resistencia que el de la malla. Las aberturas de la malla deben ser, en su dimensión máxima, menores que 100 milímetros.

Para los gaviones tipo colchón con malla con conexiones soldadas, con revestimiento galvanizado, aluminado o de cloruro de polivinilo, cada conexión debe ser soldada hasta obtener un esfuerzo cortante mínimo promedio de la soldadura de 1300 Newtons

sin que ningún valor sea menor que 1000 Newtons, según ASTM A 974.

Los colchones para revestimiento deben ser fabricados con las dimensiones requeridas con una tolerancia de ± 5 por ciento en la longitud y en el ancho y de ± 10 por ciento en la altura. Los colchones se deben dividir en celdas que dividan el colchón de metro en metro, utilizando diafragmas del mismo tipo y tamaño de malla que los paneles del colchón. Cada colchón con los paneles y diafragmas necesarios debe ser prefabricado asegurándose que rotén a su posición.

(b) Revestimiento con cloruro de polivinilo.

Cuando así se especifique, se debe utilizar un revestimiento ligado a fusión o estirado a presión para revestir la malla galvanizada o aluminada. El revestimiento con cloruro de polivinilo puede ser sustituido por polímeros termoplásticos siempre que su desempeño sea equivalente al del recubrimiento con PVC. El recubrimiento debe cumplir con las propiedades de la siguiente Tabla 253-1:

Tabla 253-1
Propiedades del revestimiento de PVC

Especificación	Valores
<ul style="list-style-type: none"> Color Espesor Gravedad específica, ASTM D 792 Resistencia a la tensión, ASTM D 638 Dureza Shore "D", ASTM D 2240 Temperatura al rompimiento, ASTM D 746 Doblez con mandril, doblez de 360° a $-18^\circ C$ alrededor de un mandril con un diámetro igual a 10 veces el diámetro del alambre 	<ul style="list-style-type: none"> Negro o gris 0.40 mm mínimo 1.20 a 1.40 20.6 MPa mínimo 50 - 60 $-9^\circ C$ máximo No deben ocurrir roturas ni agrietamientos en el revestimiento.

(c) Alambre de amarre y refuerzos.

(1) Alambre de amarre y atirantamiento.

Se debe suministrar alambre de tamaño nominal de 2.2 milímetros de diámetro del mismo tipo, resistencia y revestimiento que la malla de la canasta del gavión o del colchón.

Como alternativa, se pueden colocar refuerzos que estén de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante de las canastas.

(2) Refuerzos en espiral. La espiral se debe formar con alambre que tenga por lo menos el mismo diámetro, tipo, resistencia y revestimiento que la malla de la canasta.

(3) Refuerzos alternos. Se deben suministrar sujetadores de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante de la canasta y que permanezcan cerrados cuando se sometan a una fuerza de tensión de 2600 Newtons mientras confinen el número máximo de alambres a ser confinados en la estructura de gaviones o de colchones. El Contratista debe proporcionar las especificaciones del fabricante y los resultados de los ensayos efectuados sobre los sujetadores y los procedimientos a usar en la instalación.

(d) Roca para el relleno de los gaviones y los colchones. El material de relleno de los gaviones debe ser roca de buena calidad, resistente a la intemperie y razonablemente libre de material orgánico y de desperdicio, que cumpla con lo siguiente:

Tabla 253-2
Especificaciones de la roca de relleno del Gavión

Especificación	Gaviones	Colchones
<ul style="list-style-type: none"> Índice de durabilidad (grueso), AASHTO T 210 Masa unitaria llena Graduación, dimensión máx./mín. Abrasión máxima AASHTO T 96 	<ul style="list-style-type: none"> 50 mínimo 1,600 kg/m³ 200 mm/100 mm 50 % 	<ul style="list-style-type: none"> 50 mínimo 1,600 kg/m³ 150 mm/75 mm 50 %

(e) Material de relleno a colocar atrás de los Muros de Gaviones y de los colchones para revestimiento. El Contratista debe suministrar un material de relleno que puede consistir en canto rodado, material de cantera o material de deshechos adecuados, pero teniendo siempre el cuidado de no usar material deleznable, que

contenga óxido de hierro, de excesiva alcalinidad o compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre del colchón, libre de exceso de humedad, turba, raíces, césped u otro material deletéreo. Este material debe cumplir con lo siguiente:

Tabla 253-3
Especificaciones para el material de relleno trasero

Especificación	Valores
<ul style="list-style-type: none"> Material que pasa el tamiz de 75 µm, (AASHTO T 27 y T 11) Límite líquido (AASHTO T 89) Dimensión máxima <ul style="list-style-type: none"> 1. Gaviones tipo caja 2. Gaviones tipo colchón 	<ul style="list-style-type: none"> 15 % máximo 30 % máximo <ul style="list-style-type: none"> 75 mm 50 mm

(f) Geotextil. El Geotextil de separación del relleno trasero y los hilos utilizados en la costura de éste, deben ser resistentes a ataques químicos, moho y al deterioro. Debe estar libre de desgarres, defectos o fallas, que alteren adversamente sus propiedades físicas. El geotextil a usar deberá ser Clase 1 con las condiciones de sobrevivencia indicadas en la Tabla 211-1 y se podrán usar geotextiles Clase 2 si son de tejido monofilamento. En ambos casos para su uso, deberán cumplir con los requerimientos indicados en la Tabla 211-6, correspondiente a aplicaciones de control permanente de la erosión.

REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

253.04 Generalidades. Se debe efectuar un levantamiento topográfico de acuerdo con lo indicado en la Sección 152 y se deben verificar los límites para la instalación del muro de gaviones. Los planos de instalación deben ser preparados y suministrados de acuerdo con lo indicado en 105.05, ejecutando el trabajo indicado en las Secciones 205 y 206, si fuere necesario. Por lo general, la forma de las canastas para los gaviones es rectangular o cuadrada, y el enrejado de la malla es de doble torsión, en forma de hexágono alargado en el sentido de una de sus diagonales. Las dimensiones de los receptáculos, enrejados y la forma de construcción deben estar de acuerdo con los detalles indicados en los planos.

253.05 Montaje de los gaviones tipo caja. Se debe tener especial cuidado de no dañar el revestimiento de los alambres durante el montaje de las canastas, la instalación de la estructura, el relleno de las celdas o la construcción del relleno. Los paneles de las canastas deben ser rotados hasta alcanzar su posición final y se deben unir las orillas verticales con refuerzos de acuerdo con lo indicado en la Especificación 253.06. Para el montaje de las canastas se podrán utilizar refuerzos temporales si éstos son reforzados permanentemente al realizar la instalación de la estructura, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 253.06. También se deben rotar los diafragmas hasta alcanzar su posición final y se deben unir las orillas verticales.

253.06 Instalación de la estructura. Las canastas vacías de los gaviones deben ser colocadas sobre el lecho de cimentación y se deben interconectar las canastas adyacentes a lo largo de las orillas verticales y de la parte superior, utilizando refuerzos permanentes.

Cuando se utilice alambre de amarre este deberá cumplir con lo indicado en la Especificación 253.03 (c) (1) y se deberá enrollar alternadamente con una y con dos vueltas en cada abertura de la malla y con una separación no mayor de 150 milímetros. Cuando se utilicen amarres en forma de espiral, se debe doblar hacia adentro los extremos para asegurar los amarres en su posición. Cuando se utilicen sujetadores alternos, los sujetadores deben espaciarse a cada abertura de la malla con no más de 150 milímetros de separación.

De la misma forma, se debe interconectar cada capa vertical de canastas con la capa inferior de canastas, a lo largo del frente, de la parte trasera y de los lados. Las juntas verticales entre canastas de filas y capas adyacentes se deben colocar en tresbolillo con, por lo menos, una longitud de celda de desfase.

253.07 Rellenado de las cajas. Se deben enderezar todos los dobleces existentes en la malla de alambre o en los bordes y se deben alinear adecuadamente las canastas para colocar cuidadosamente las rocas en las celdas de las canastas evitando el pandeo de las canastas y minimizando los vacíos en el relleno con roca. Se debe mantener la alineación de las canastas.

Se deben colocar alambres para conectar internamente cada canasta exterior que no esté restringida y con una altura mayor que 0.3 metros. Esto incluye las canastas interiores que quedaron temporalmente sin restricción. Los alambres para conexión interna deben ser colocados simultáneamente con la colocación de la roca.

Las celdas de cada fila o capa deben ser llenadas de tal forma que ninguna celda esté llena a una altura de más de 0.3 metros arriba de la celda adyacente. Este proceso se debe repetir hasta que la canasta esté llena y la tapadera se apoye sobre la capa final de roca.

La tapadera se debe asegurar a los lados, en los extremos y en los diafragmas de acuerdo con lo indicado en la Especificación 253.06. La superficie de todas las canastas expuestas debe quedar lisa y limpia sin puntas de roca saliendo de la malla.

253.08 Relleno trasero. Se debe colocar geotextil sobre el rostro trasero de la estructura de gaviones. Simultáneamente a la operación de relleno de las celdas, se debe colocar el relleno en el área detrás de la estructura de los gaviones utilizando material para relleno estructural de acuerdo con lo indicado en la Especificación 253.03 (e). Cada capa debe ser compactada de acuerdo con lo indicado en dicha Sección 206, excepto que se deberá utilizar un compactador mecánico o vibratorio liviano para compactar el suelo ubicado dentro de una franja de 1 metro medido detrás de la estructura de gaviones.

253.09 Gaviones tipo colchón para revestimiento. Si se especifica el uso de material geosintético, este debe ser colocado de acuerdo con lo indicado en la Especificación 251.06. Luego se debe construir el revestimiento con colchones siguiendo los pasos indicados de las Especificaciones 253.05 a 253.07, en lo que sea aplicable.

Los colchones deben ser anclados en su posición final. Se debe colocar geotextil enfrente de las orillas verticales de los colchones y se debe colocar el relleno en la parte de atrás contra el geotextil utilizando el material para relleno u otro material aprobado. Los colchones de revestimiento deben ser llenados de 30 a 50 milímetros más alto que el nivel en la tapadera.

253.10 Medida. La medida se debe hacer por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Gaviones o Colchones para Revestimiento suministrados y construidos satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales, los planos y las Disposiciones Especiales.

253.11 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Gaviones o Colchones para Revestimiento cuyo

costo incluye el costo del geotextil colocado en el rostro trasero de los gaviones o colchones para revestimiento y los trabajos estipulados en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 254
MUROS DE HUACALERAS

- 254.01 Definición.
- 254.02 Descripción.
- 254.03 Requisitos de los materiales.
- 254.04 Generalidades.
- 254.05 Construcción.
- 254.06 Relleno.
- 254.07 Medida.
- 254.08 Pago.

254.01 Definición. Muros de Huacaleras también denominados usualmente como muros de criba o muros de jaula, son las estructuras formadas por la unión de elementos prefabricados compuestos por vigas cortas para ser entrelazadas y para formar celdas cuadradas de huacaleras de concreto prefabricado, metal o madera que se construyen y colocan para formar muros de retención o protección. La unión entre los elementos prefabricados en los puntos de intersección se efectúa por un sistema de muescas en un elemento en donde encajan otros elementos con ensanchamientos en sus extremos. Las dimensiones de los muros, así como las de sus elementos, componentes y tipos de unión deberán estar definidos en los planos de conformidad con el diseño estructural correspondiente. Su altura está limitada a un máximo de 4 metros.

254.02 Descripción. Este trabajo consiste en el suministro, elaboración, transporte, manejo y almacenamiento de los elementos prefabricados y la construcción del muro de huacaleras de concreto, metal o de madera, rellenas de material granular y fragmentos de roca para contribuir a la estabilidad de la estructura. También se incluyen en este trabajo, todas las operaciones necesarias para la correcta colocación de las piezas de las huacaleras y su relleno, de conformidad con las líneas, pendientes y dimensiones que se muestran en los planos.

MATERIALES

254.03 Requisitos de los materiales. Los materiales para la construcción de las huacaleras deben cumplir con lo siguiente:

(a) **Huacaleras de madera.** Si se utilizan huacaleras de madera, éstas deben cumplir con los requisitos de AASHTO M 168. Todos los cortes e incisiones deben efectuarse antes de aplicar el tratamiento a presión. La madera debe ser tratada de acuerdo

con lo indicado en la norma AASHTO M 133. Cuando se vaya a pintar la madera, se debe utilizar un preservante de arseniato amoniacial de cobre o arseniato cromado de cobre.

Los pernos comunes, pernos ciegos y las dovelas deberán ser de acero. Las roldanas deben ser fabricadas con hierro gris o hierro maleable, a menos que se especifique el uso de roldanas estructurales.

Se deben utilizar pernos y tuercas de cabeza cuadrada. Se debe utilizar un clavo estándar de tipo comercial cortado, redondo, o según se especifique. Toda la ferretería a usarse debe ser galvanizada de acuerdo con AASHTO M 232 o revestida con lámina de cadmio de acuerdo con ASTM B 766, Clase 12, Tipo III.

Los conectores para los elementos de madera deben ser del tipo de anillo de lámina de corte de acuerdo con las Especificaciones Estándar de Puentes para Carreteras de la AASHTO, División II, artículo 16.2.6 y su actualización Especificaciones de Diseño de Puentes LRFD (Standard Specifications for Highway Bridges HB-17 and AASHTO LRFD Design Specifications).

(b) **Huacaleras metálicas.** Los miembros deben ser fabricados del tipo y clase de material especificado en las Disposiciones Especiales. Deben cumplir las normas para Lámina Corrugada para Tuberías según el tipo de material, de la manera siguiente: Láminas de Acero Galvanizado, AASHTO M 218; Láminas de Aluminio, AASHTO M 197M; Láminas de Acero revestido con Aluminio, AASHTO M 274; Pernos y Tuercas, ASTM A 307, grado A.

El Contratista debe suministrar cabezas hexagonales resistentes y tuercas sin arandelas

o cabezas hexagonales y tuercas con 2 arandelas de placa. Las arandelas deben ser fabricadas con placas redondas de acero de 3.3 milímetros de espesor incluyendo el revestimiento y con agujeros con un diámetro no mayor al diámetro del perno más 1.6 milímetros. Todos los pernos, tuercas y arandelas deben ser galvanizados de acuerdo con AASHTO M 232.

- (c) **Huacaleras de concreto prefabricado.** Las unidades deben ser fundidas en formaletas de acero. Se debe proveer el acero de refuerzo adicional necesario para el manejo de las unidades. Se debe utilizar concreto que tenga una resistencia a los 28 días de 21 MPa (3,000 Lb./pulg.²) mínima. Cuando así se especifique, el contenido de aire por volumen será de 5 % mínimo, para un tamaño máximo del agregado igual a 9.5 mm y será de 4% mínimo, para un tamaño máximo de agregado mayor a 9.5 mm.

Las unidades deben ser curadas de acuerdo con lo indicado en AASHTO M 170 M. Se debe preparar un número suficiente de cilindros de

concreto por cada unidad para efectuar ensayos de compresión a los 3, 7, y 28 días. Se deben preparar por lo menos 3 cilindros para cada ensayo. Si el requisito de resistencia es alcanzado a los 7 días, las unidades serán certificadas para su uso 28 días después de la fecha de fundición. No más del 10% de los cilindros probados deben caer por debajo de la resistencia especificada del concreto. En ningún caso, ningún cilindro ensayado debe caer por debajo del 80% de la resistencia especificada del hormigón. No se aceptarán elementos prefabricados cuando la extensión o profundidad de las áreas con ratoneras afecten la resistencia o integridad de dicho elemento prefabricado.

- (d) **Material de relleno a colocar dentro de las Huacaleras.** El Contratista debe suministrar material granular resistente y durable, libre de materia orgánica u otro material deleznable, tal como esquisto u otras partículas suaves de poca durabilidad, que cumpla con las siguientes especificaciones:

(1) Masa unitaria, AASHTO T 19M	1,900 Kg./m ³ mínimo
(2) Ángulo de fricción interna, AASHTO T 236	32° mínimo
(3) Pérdida de la estabilidad al sulfato de sodio, 5 ciclos, AASHTO T 104	15 % máximo
(4) Abrasión, AASHTO T 96	50 % máximo
(5) Límite líquido, AASHTO T 89	30 máximo
(6) Graduación, de acuerdo con la siguiente tabla:	

Tabla 254-1
Graduación del material para relleno de las huacaleras

Tamaño del tamiz	Porcentaje en masa que pasa el tamiz designado (AASHTO T 27 y T 11)
75 mm	100
4.75 mm	25-70
300 µm	5-20
75 µm	0-5

Las capas de material se deben compactar de acuerdo con AASHTO T 236, al 95% de la densidad seca máxima determinada de acuerdo con AASTHO T 99, Método C o D y corregida para material grueso de acuerdo con AASHTO T 99, Nota 7.

El material deberá cumplir también con los siguientes requisitos electroquímicos:

(1) Resistividad, AASHTO T 288	3000Ω(ohm)/cm mínimo
(2) pH, AASHTO T 289	5 a 10
(3) Contenido de sulfatos, AASHTO T 290	1000 ppm máximo
(4) Contenido de cloruros, AASHTO T 291	200 ppm máximo

No se requerirá la ejecución de los ensayos de contenido de sulfatos y cloruros cuando el pH esté entre 6 y 8 y la resistividad sea mayor que 5000 ohm por centímetro.

(e) **Material de relleno estructural para colocar detrás del muro.** Debe cumplir con los requisitos del material de relleno estructural tal como se indica en la Especificación 206.03 (a).

REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

254.04 Generalidades. Se debe efectuar un levantamiento topográfico de acuerdo con los requisitos de la Sección 152 y se deben verificar los límites establecidos para la construcción del muro. Los planos de instalación deben ser preparados y presentados para su aprobación de acuerdo con lo indicado en 105.05. Previamente, se deben efectuar los trabajos correspondientes a las Secciones 205 y 206. Cuando el fondo de la base de la cimentación del muro esté sobre un lecho rocoso, la roca del lecho debe ser removida en un espesor de 200 milímetros y reemplazado con una capa niveladora de material para Subbase. La cantidad, la forma de colocación y el ordenamiento de las huacaleras deben ser las indicadas en los planos.

254.05 Construcción. El Contratista debe suministrar todos los materiales necesarios para completar

el montaje de las huacaleras y formar un muro continuo de unidades interconectadas. Las capas de material para llenar las huacaleras deben ser compactadas al 95% de la densidad seca máxima determinada de acuerdo con AASTHO T 99, Método C o D y corregida para material grueso de acuerdo con AASHTO T 99, Nota 7. En las alineaciones curvas, se debe obtener la curvatura especificada para el rostro utilizando para ello unidades más cortas en los paneles frontales o traseros. El muro debe construirse con una tolerancia de 25 milímetros en 3 metros, respecto a los niveles y las alineaciones mostradas en los planos.

- (a) **Muro de huacaleras de concreto.** Se deben remover y reemplazar todas las unidades de concreto que estén dañadas o rajadas.
- (b) **Muro de huacaleras metálicas.** El torque de los pernos para los muros de huacaleras metálicas debe ser de por lo menos 34 Newtons-metro.
- (c) **Muro de huacaleras de madera.** Las huacaleras de madera deben construirse de acuerdo con lo indicado en la Sección 562.

254.06 Relleno. El relleno de las huacaleras debe construirse en capas, simultáneamente con el levantamiento de las huacaleras, que no excedan de 300 milímetros de espesor cada una y deben ser compactadas de acuerdo con lo indicado en la Sección 206. Se debe colocar manualmente una capa de material de relleno detrás del muro para evitar la pérdida del material del relleno a través de las aberturas. Se debe mantener el mismo nivel en el relleno detrás del muro y en el de las huacaleras durante el proceso de construcción del relleno. Para compactar el relleno detrás del muro, a una distancia de menos de 1 metro del rostro del muro, se debe usar equipo de compactación liviano, mecánico o vibratorio.

254.07 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Muro de Huacaleras, satisfactoriamente fabricado y construido de acuerdo con las Disposiciones Especiales, los planos y estas Especificaciones Generales.

El volumen del relleno de cada muro de huacaleras debe estar indicado en los planos.

La medida de la excavación y del relleno estructural adentro y detrás del muro de huacaleras se debe de hacer con cargo a las Secciones 205 y 206, respectivamente.

254.08 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 254.07, al costo unitario de contrato correspondiente a Muro de Huacaleras, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. Este pago también comprende el acero de refuerzo que sea necesario colocar. El pago de la excavación y del relleno estructural detrás del muro se debe hacer con cargo a las Secciones 205 y 206, respectivamente.

SECCIÓN 255
MUROS DE RETENCIÓN Y
TALUDES DE RELLENO
REFORZADOS ESTABILIZADOS
MECÁNICAMENTE CON GEOSINTÉTICOS

- 255.01 Definición.
- 255.02 Descripción.
- 255.03 Requisitos de los materiales.
- 255.04 Construcción.
- 255.05 Instalación de soportes o postes para defensas metálicas.
- 255.06 Tolerancias.
- 255.07 Medida.
- 255.08 Pago.

255.01 Definición. Los muros de retención y taludes reforzados estabilizados mecánicamente con geosintéticos construidos mediante la colocación de múltiples capas de geosintéticos y material de relleno. Los geosintéticos se colocan con el propósito de reforzar el suelo y proveer un incremento en las propiedades mecánicas del mismo.

Cuando en los planos o en las Disposiciones Especiales se establezca que la superficie expuesta de los muros o taludes reforzados deba ser protegida mediante un recubrimiento con concreto lanzado o con bloques segmentados, mampostería convencional, planchas de concreto prefabricado u otro recubrimiento la medida y pago de estos trabajos se efectuará por separado conforme el área de la superficie recubierta.

Los valores mínimos de resistencia a la tensión y rigidez son los requeridos por las condiciones del sitio y las condiciones específicas de la estructura lo cual depende de la resistencia del suelo de cimentación, la resistencia al corte y graduación del relleno a ser reforzado, así como de la altura de la estructura, la pendiente del talud y las sobrecargas que se apliquen en la parte superior de la estructura.

El diseño de estas estructuras deberá de cumplir con las Especificaciones de diseño AASHTO LRFD (Load and Resistance Factor Design for Highway Bridge Superstructures).

255.02 Descripción. Este trabajo consiste en el suministro y colocación de geosintéticos, de conformidad con el diseño y los planos, pueden ser geotextiles o geomallas y la colocación y compactación del material de relleno para la construcción de muros de retención o taludes reforzados estabilizados mecánicamente con geosintéticos incluyendo la construcción de los subdrenajes necesarios. Este trabajo también incluye el suministro y colocación de los elementos de protección para el rostro o

fachada de los muros o el revestimiento de los taludes estabilizados mecánicamente, de conformidad con las Disposiciones Especiales, los planos y estas Especificaciones Generales.

MATERIALES

255.03 Requisitos de los materiales. Los materiales para la construcción de muros estabilizados mecánicamente con geosintéticos deben cumplir con lo establecido a continuación:

(a) **Requerimientos para los geosintéticos.** Los Geosintéticos deben cumplir con los requerimientos de la Tabla 255-1. La resistencia mínima requerida para las condiciones de instalación con daños mínimos se aplicará el valor del promedio mínimo del rollo (MARV) en la dirección principal más débil tanto para geotextiles como para geomallas biaxiales. Para geomallas uniaxiales la resistencia mínima requerida para las condiciones de instalación con mínimo daño, se aplicará el valor promedio mínimo del rollo (MARV) en la dirección principal. La resistencia a la tensión del refuerzo que se aplique debe ser la requerida tanto para las condiciones de instalación como para los requerimientos de diseño del refuerzo de la estructura del suelo. Para geomallas la resistencia a la tensión por el Método de Tira Ancha de conformidad con ASTM D6637 / D6637 M y para geotextiles en los que la resistencia a la tensión por el Método de Tira Ancha según ASTM D4595 está especificada tanto para resistir las condiciones de instalación como para cumplir los requerimientos de diseño estructural de su resistencia a la tensión, se considerará el mayor de estos 2 valores como la resistencia a la tensión mínima requerida.

La resistencia a largo plazo del refuerzo con geosintéticos se deberá efectuar como se establece en la Especificación AASHTO R 69.

Tabla 255-1 (Basada en Tabla 9 AASHTO M 288-21)
Propiedades requeridas de los geosintéticos de
refuerzo en aplicaciones de suelo reforzado

Condiciones	Tipo geo sintético	Métodos de ensayo	Unidades	Requerimientos
Resistencia mínima para resistir daños de instalación ^a	Geomalla	ASTM D6637/ D6637M	kN/m	10 ^d
	Geotextil	Clase 1 de Tabla 211-1 ^d		
Resistencia última a la tensión basada en el diseño específico de la estructura	Geomalla	ASTM D6637/ D6637M	kN/m	Valor específico del sitio y de la estructura de $T_{max} \times FS \times RF^b$
	Geotextil	ASTM D4595	kN/m	Valor Específico del Sitio y de la Estructura de $T_{max} \times FS \times RF^b$
Rf _{id}	Todos	AASHTO R69	Valor en R 69 para la graduación específica del relleno y del producto específico, pero no menor de 1.1	
Rf _{cr}	Todos	AASHTO R69	Valor en R 69 para el producto específico	
Rf _d	Todos	AASHTO R69	1.3 ^c	
Rigidez secante a 1,000 hrs y 2% de deformación ^e	Todos	AASHTO R69	kN/m	Valor Específico del Sitio y de la Estructura

- (a) La mínima resistencia requerida se establece para limitar a un nivel tolerable y predecible el daño al geosintético durante la instalación. Todos los valores indicados son los valores mínimos a menos que se especifique otra cosa.
- (b) T_{max} se determina del análisis de estabilidad interna del muro o talud reforzado de acuerdo con AASHTO LFRD Especificaciones Diseño de Puentes Artículo 11.10.6.4.3b. FS es el factor de seguridad o Factor de Diseño por Carga y Resistencia (LRFD), la combinación del factor de carga dividido por el factor de resistencia. $RF = RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_D$
- (c) El valor por omisión 1.3 debe ser usado únicamente si el geosintético cumple con los requerimientos mínimos de esta Tabla y las propiedades químicas del suelo de relleno cumplen con los requisitos de la siguiente Tabla. Si la temperatura efectiva de diseño es mayor de 20°C pero menor de 30°C se debe usar para RF_D un valor por omisión de 1.5. Si RF_{ID} es mayor de 1.7, se debe considerar ya sea el uso de un material de relleno con una granulometría de menor tamaño para reducir los daños por instalación o justificar la reducción del valor por omisión de RF_D mediante ensayos de durabilidad química a largo plazo en material dañado.
- (d) Los requerimientos mínimos están basados en numerosos geosintéticos desenterrados, en los que se determinó que los daños de instalación fueron mínimos para productos con un peso mínimo de 270 g/m² (Koerner y Koerner, 1990. Allen, 1991). Este valor aproximadamente corresponde a un Geotextil Clase 1 como se indica en la Tabla 211-1. Se puede usar una clase de geotextil con un peso más liviano si se efectúan en el lugar ensayos de daños por instalación de conformidad con la norma AASHTO R 69 (Standard Practice for Determination of Long Term Strength for Geosynthetic Reinforcement), se determina que RF_{ID} es menor o igual a 1.7.
- (e) Requerimientos opcionales según se especifique en las Disposiciones Especiales.
- (f) Donde:
- RF = Factor de resistencia en estado límite último.
 - RF_{ID} = Factor de resistencia que considera daños durante la instalación.
 - RF_{CR} = Factor de resistencia para impedir rotura por fluencia lenta a largo plazo de los refuerzos.
 - RF_D = Factor de resistencia para impedir rotura de los refuerzos debido a la degradación química y biológica.
 - T_{MAX} = Tensión nominal máxima.
 - FS = factor de seguridad o Factor de Diseño por Carga y Resistencia (LRFD).

En lo que se refiere a la durabilidad de los polímeros y la agresividad del medio ambiente, para justificar el uso del valor por omisión de RF_D se deberán consultar las Tablas 255-2 y 255-3 que se muestran a continuación.

Tabla 255-2
(Basada en Tabla 10 AASHTO M 288-21)
Requerimientos mínimos de durabilidad de los polímeros
para justificar el uso del valor por omisión de RF_D

Propiedades	Tipo de polímero	Métodos de ensayo	Unidades	Criterio para permitir el uso del valor por omisión de RF^a
Resistencia a la oxidación UV	PP y HDPE	ASTM D4355/ D4355M		Mínima resistencia retenida del 70% después de 500 horas en el equipo de simulación de clima (Weatherometer) ^{b,c}
	PET	ASTM D4355/ D4355M		Mínima resistencia retenida del 50% después de 500 horas en el equipo de simulación de clima si el geosintético será enterrado en el término de una semana, 70% si permanecerá expuesto por más de una semana ^b
Resistencia a la termo oxidación	PP	ISO 13438:2018 Método A	kN/m	Mínima resistencia retenida del 50% después de 28 días
Resistencia a la termo oxidación	HDPE	ISO 13438:2018 Método B	kN/m	Mínima resistencia retenida del 50% después de 56 días
Resistencia a la hidrólisis	PET	ASTM D4603 y GRI GG8 (Método Viscosidad Inherente) o Determinación Directa usando Cromatografía de Permeación en Gel		Peso molecular promedio, Número mínimo 25,000
Resistencia a la hidrólisis	PET	ASTM D7409		Contenido máximo de 30 grupo final carboxilos
Porcentaje máximo en peso de material reciclado	Todos	Certificación material usado	%	0

- (a) Los polímeros que no cumplen con estos requerimientos pueden ser usados si se proporcionan los resultados obtenidos y analizados de las pruebas específicas efectuadas de conformidad con la Especificación AASHTO R 69, Anexos A, B, C y D.
- (b) Los valores mínimos especificados son para minimizar la degradación UV durante la exposición temporal a los rayos solares de los geosintéticos durante la construcción de la estructura.
- (c) Para geosintéticos PP y HDPE los valores más altos de resistencia retenida tienen el propósito de ayudar a asegurar que el polímero proporcione algún grado de estabilización por oxidación, tanto para oxidación UV como térmica.

Tabla 255-3
(Basada en Tabla 11 AASHTO M 288-21)
Agresividad del ambiente para justificar el uso del valor por omisión de RF_D

Propiedades	Métodos de ensayo	Unidades	Requerimientos ^a
Temperatura efectiva máxima de diseño		°C	30
pH del relleno	AASHTO T 289		4.5 a 9

(a) Para otras consideraciones referentes a la agresividad del ambiente consultar la Especificación AASHTO R69.

Los planos deberán indicar la resistencia y los valores mínimos a ser cumplidos o excedidos referentes a la resistencia mínima contra los daños en la instalación de conformidad con la Clase de geotextil indicada en la Tabla 211-1, así como la resistencia última a la tensión basada en el diseño estructural de conformidad con las Especificaciones de Diseño de Puentes AASHTO LRFD y de acuerdo con las características de la graduación del relleno y el tipo específico de la geomalla o geotextil a usar. El Contratista debe indicar por escrito, las características dimensionales de la geomalla o geotextil seleccionado y proponer los detalles para su colocación de conformidad como se indique en los planos correspondientes. La durabilidad mínima para usar los valores por omisión del factor de resistencia RF, según el tipo de polímero empleado, se indica en la Tabla 255-2.

En cada proyecto se debe especificar la separación de la malla, incluyendo los valores máximo y mínimo de la abertura entre los elementos de la malla en milímetros en cualquier dirección. Las uniones en los puntos de cruce de los elementos de la geomalla deben ser íntegramente conectados a través de extrusión de la malla a sí misma o soldando los puntos de cruce, de tal manera que los elementos no se separen entre sí, tanto en las operaciones de instalación, como durante las actividades de construcción, ni bajo niveles de esfuerzo y condiciones anticipadas del medio ambiente que puedan afectar la vida de la estructura.

La longitud de empotramiento de la geomalla por lo general será de por lo menos 0.6 H, donde H

se refiere a la altura equivalente del muro medido desde su base. Cuando se empleen geomallas mono-orientadas, es importante que el Contratista coloque éstas con la mayor resistencia a la tensión en dirección perpendicular al rostro del muro, es decir, en la dirección de la máquina correspondiente a su elaboración.

(b) Material para el relleno en capas. Todo el material de relleno utilizado en las zonas reforzadas con geosintéticos, debe drenar libremente, estar libre de materias orgánicas o de otros materiales inapropiados. Debe cumplir con los requisitos del material de relleno estructural tal como se indica en la Especificación 206.03 (a), y además debe estar sustancialmente libre de lutitas u otras partículas blandas de poca durabilidad. El material no debe perder más del 30% de la integridad de sulfatos de magnesio después de cuatro ciclos, conforme la norma ASTM C 88.

El material deberá cumplir también con los siguientes requisitos electroquímicos:

- | | |
|---|-------------------------|
| (1) Resistividad, AASHTO T 288 | 3000Ω(ohm)/cm
mínimo |
| (2) pH, AASHTO T 289 | 5 a 10 |
| Polipropileno / polietileno | |
| Poliéster | 5 a 9 |
| (3) Contenido de sulfatos, AASHTO T 290 | 200 Mg./Kg.
máximo |
| (4) Contenido de cloruros, AASHTO T 291 | 100 Mg./Kg.
máximo |

Para muros temporales, los únicos requerimientos de propiedades químicas para material de relleno que aplican, son que el pH del suelo debe estar de 3 a 11 y la resistividad del suelo debe ser mayor de 1,000 ohm-cm.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

255.04 Construcción. El envío, almacenaje y manipuleo de los geosintéticos debe ser conforme lo indicado en la Especificación 255.03. Para esta aplicación se pueden utilizar geotextiles tejidos y geomallas. No se permitirá el uso de geotextiles tejidos de hebras planas o de cinta.

La empresa que suministre el material geosintético para refuerzo debe proveer un representante calificado y con experiencia comprobada, que permanezca por un mínimo de tres días en el sitio del proyecto, con el objeto de asistir al Contratista y a los inspectores del Delegado Residente en el inicio de la construcción. Si hay más de un muro en el proyecto entonces este criterio se aplicará para la construcción del muro inicial únicamente. El representante deberá también estar disponible en caso de ser necesario, a requerimiento del Delegado Residente, durante la construcción de los muros restantes.

La preparación del área se debe hacer conforme lo indicado en la Especificación 211.04. La colocación de los geosintéticos para refuerzo debe efectuarse conforme el diseño específico, los planos y las Disposiciones Especiales. Los geosintéticos para refuerzo deben ser colocados entre capas de suelo compactado como se muestra en los planos o como lo indique el Delegado Residente.

Cuando se utilicen elementos de fachada, adicionalmente a lo indicado en el párrafo anterior, se debe preparar la base de cimentación de 150 mm de espesor mínimo, que puede ser arena, grava o piedra triturada compactada o concreto simple, como esté descrito en los planos del proyecto. No se debe utilizar grava de canto rodado (piedra bola). En caso se utilice mampostería convencional, la base de nivelación debe ser de concreto reforzado y en caso se instalen paneles de concreto prefabricado,

la base debe ser una losa de nivelación de concreto fundida en el lugar o prefabricada. Normalmente esta losa sin refuerzo tiene 300 mm de ancho y 150 mm de espesor. El propósito de esta base es servir como guía para la erección de los paneles del rostro y no forma parte estructural de la cimentación.

El Contratista debe desviar cualquier escorrentía superficial existente en las áreas adyacentes a la zona de construcción.

La construcción del muro debe iniciarse en la parte inferior de la excavación. Cada capa compuesta de geosintético, material de relleno y, en el caso de muros de retención con una inclinación mayor a 80°, su correspondiente elemento de fachada debe ser colocada horizontalmente, tal como se indique en los planos. La construcción de cada capa debe ser completada, previo al inicio de la próxima.

Los geosintéticos para refuerzo deben ser colocados en unidades longitudinales y continuas en la dirección del esfuerzo principal y en toda la longitud especificada. No se permitirá el traslape de unidades para alcanzar la longitud de anclaje diseñada, a menos que se utilice un mecanismo o dispositivo que provea de un adecuado anclaje mecánico entre las geomallas, aprobado por el fabricante del geosintético que garantice la correcta transmisión de los esfuerzos de tensión. Se debe colocar únicamente la cantidad de geosintético de refuerzo requerida para el trabajo inmediato con el objeto de prevenir daños.

Se permitirán traslapes transversales del geosintético. En el caso de los geotextiles, el traslape mínimo permisible es de 300 milímetros. Como alternativa, las uniones pueden ser cosidas o termo fusionadas. En el caso de geomallas mono-orientadas o uniaxiales, el traslape mínimo es de 50 milímetros y para geomallas biorientadas, triorientadas, triaxiales o biaxiales el traslape mínimo es de 150 milímetros salvo requerimientos específicos del fabricante.

En ninguna circunstancia se debe permitir que el geotextil sea arrastrado a través de lodo u objetos punzocortantes que puedan dañarlo. En caso de que el geosintético fuera perforado, roto o alterado

en los traslapos o uniones cosidas, evidenciando un daño visible, bombeo del substrato, intrusión o distorsión, el relleno colocado sobre estas áreas debe ser removido. La sección de geosintético dañada debe ser removida y reemplazada por el Contratista, a su costa, con una sección completa de geosintético.

En caso de que el geotextil sea cosido en campo o en la fábrica, la unión debe cumplir con lo establecido en la Especificación 255.03 principalmente en lo que se refiere a la costura, tipo de costura y al equipo utilizado para realizarla. Adicionalmente, la distancia mínima desde la orilla del geotextil a la línea de cosido más cercana, debe ser de 40 milímetros si se usa un tipo de costura plana. La distancia mínima para otros tipos de costura debe ser de 25 milímetros. La costura se efectuará de tal manera que pueda ser fácilmente inspeccionada por el representante del Delegado Residente. La resistencia de la costura debe ser probada y debe reunir los requerimientos descritos en estas Especificaciones.

Si se requiere el uso de una formaleta temporal para mantener la orientación y rigidez del geosintético durante la construcción, ésta debe estar indicada en los planos, así como la secuencia constructiva correspondiente.

El geosintético de refuerzo debe ser extendido y tensado previo a la colocación del material de relleno. Después de colocar adecuadamente una capa de geosintético, ésta se puede fijar con pinos o pequeños promontorios de material de relleno a efecto de mantenerla en posición hasta que la primera capa de material de relleno pueda ser colocada. Bajo ninguna circunstancia debe permitirse el paso de tráfico de cualquier vehículo sobre el geosintético, a menos que sea colocada una capa mínima de material de relleno de 150 milímetros sobre éste. No se debe operar equipo de construcción de orugas directamente sobre el geosintético de refuerzo. Un mínimo de 300 milímetros de espesor de relleno es requerido previo a la operación de vehículos con orugas sobre el mismo. Los giros de los vehículos con oruga deben ser mantenidos al mínimo para prevenir desplazamientos del relleno y del geosintético de refuerzo.

Durante la construcción de las capas, la superficie del relleno debe ser mantenida aproximadamente horizontal. El geosintético de refuerzo debe ser colocado directamente sobre la superficie del relleno compactado. El geosintético de refuerzo debe ser colocado dentro de 75 mm de la elevación diseñada y extendido la longitud indicada en los planos. La correcta orientación del geosintético de refuerzo debe ser verificada por el Delegado Residente en todo momento.

El relleno debe ser compactado como se indique en las especificaciones del proyecto, pero a no menos del 95% de la densidad máxima determinada por el ensayo AASHTO T 99. El contenido de humedad del material de relleno no debe exceder en 3% el contenido óptimo de humedad. El material de relleno debe ser colocado, esparcido y compactado de tal manera que se minimice el desarrollo de arrugas y el desplazamiento del geosintético de refuerzo o se provoquen daños al mismo, especialmente durante la colocación de la primera capa.

Cuando se utilice equipo pesado de compactación, el relleno debe ser colocado en capas con un espesor máximo de 300 milímetros y cuando se utilice equipo manual de compactación, un espesor máximo suelto de 150 milímetros. No se debe permitir el uso de rodillos de pata de cabra, otros rodillos con protuberancias o rodillos vibratorios de tamaño completo. Se pueden permitir rodillos vibratorios pequeños, con la aprobación del representante del Delegado Residente. La compactación en el primer metro detrás de la cara del talud se debe efectuar con equipo ligero de compactación mecánico o vibratorio, de tamaño pequeño, aprobado por el Delegado Residente y estos trabajos se deben efectuar de tal manera que no se dañen o distorsionen los elementos frontales del muro (elementos de fachada) o sus capas de refuerzo.

El material de relleno se colocará y compactará de conformidad con la secuencia constructiva mostrada en los planos. El espesor mínimo del relleno sobre el geosintético debe ser de 150 milímetros. En los casos en que se utilicen geotextiles, el espesor máximo de la capa de material de relleno entre geotextiles, no

debe ser mayor de 600 milímetros, mientras que, en el caso de geomallas, se podrán utilizar espesores de material de relleno hasta de 1,200 milímetros entre geomallas de refuerzo principal, compactado en capas de 300 milímetros de espesor máximo, o las que se indiquen en el diseño específico. Las geomallas de refuerzo secundario con longitud de anclaje de 1 a 2 metros, cuya resistencia debe ser tal que sobreviva el proceso de instalación, deben ser colocadas para mantener la estabilidad de la cara y la calidad de la compactación, para muros de retención menores a 80° y su espaciamiento vertical no debe ser mayor de 600 mm, siempre y cuando el espaciamiento vertical entre las geomallas de refuerzo principal sea mayor de 800 mm.

El material de relleno en cada capa debe ser nivelado y compactado con una pendiente mínima desde la corona del talud hacia la parte posterior del mismo con el objeto de prevenir acumulación de agua en la superficie de la masa de suelo reforzado.

Si fuera necesario construir esquinas en el muro de retención construido con geosintéticos, debido a cambios abruptos en la alineación del frente del muro o de acuerdo con lo establecido en los planos, se debe someter al Delegado Residente, para su aprobación, los detalles constructivos con un mínimo de 14 días previo a la construcción del muro. El tramo de unión entre dos secciones de muro con alineaciones distintas debe proveer una conexión positiva con las dos secciones que se encuentran a cada lado del tramo de unión, con el objeto de que el material de relleno no pueda salirse a través de las esquinas en ningún momento durante la vida útil de diseño del muro.

El método para rematar el geosintético en la capa superior del muro, donde existan cambios en el acotamiento superior, debe ser sometido al Delegado Residente para su aprobación, junto con los detalles constructivos de las esquinas. La parte frontal de cada capa en la parte superior del muro, debe ser construida de tal manera que prevenga el derrame de material de relleno por el rostro del muro, durante la vida útil del muro. Si el perfil en

la parte superior del muro cambia a una pendiente de 1:1 o más empinado, este cambio en la parte superior del perfil del muro debe ser considerado como una esquina.

255.05 Instalación de soportes o postes para defensas metálicas. Si se especifica en los planos o lo ordena el Delegado Residente, se instalarán soportes o postes para colocar defensas como se especifica en la Sección 701.

Después de completar la construcción del muro y previo a la colocación de concreto lanzado en el rostro del muro como fachada. Los postes se deben colocar de tal manera que eviten el pandeo del rostro del muro y así mismo, eviten rasgar, romper o halar el geosintético de refuerzo. Los agujeros que se perforen a través del geosintético deben ser del tamaño mínimo necesario para cada poste. El Contratista le debe demostrar al Delegado Residente, previo a iniciar cualquier operación de colocación de postes para defensas, que el método de instalación no rasgará, romperá o halará el geosintético.

255.06 Tolerancias. Los muros ya completados deben ajustarse a las siguientes tolerancias:

- (a) Las tolerancias verticales (inclinación de diseño) y las tolerancias horizontales (alineamiento) de la cara del geotextil o geomalla, no deben exceder de 75 milímetros en una medida recta de 3 metros para muros permanentes y de 130 milímetros para muros temporales. Las medidas de inclinación y alineación se deben efectuar en el punto medio de cada capa de muro.
- (b) La tolerancia vertical total, no debe exceder de 50 milímetros por 3 metros de altura de muro para muros permanentes y de 80 milímetros por cada 3 metros para muros temporales.
- (c) El máximo saliente del geotextil o geomalla, entre capas de relleno reforzadas, no debe exceder de 100 milímetros para muros permanentes y 150 milímetros para muros temporales.

Si el muro es permanente y se utiliza concreto lanzado, el Contratista debe presentar el diseño de la mezcla, con sus respectivos resultados de pruebas efectuadas y el método propuesto para la terminación y curado del concreto lanzado, cumpliendo con las especificaciones de la Sección 259.

La instalación de los materiales para control de erosión, según se indica en las Secciones 801, 807 y 808, se debe hacer de conformidad con los planos o lo ordene el Delegado Residente. El Contratista será responsable en todo momento de la verificación de que la geometría final del muro se ajusta a la geometría del diseño específico.

255.07 Medida. La medida se debe hacer de la siguiente manera:

- (a) Por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Muros de Retención o taludes de Suelo Estabilizado Mecánicamente con Geosintéticos, construidos satisfactoriamente de acuerdo con los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.
- (b) Por el número de metros cuadrados con aproximación de dos decimales del área de los elementos de protección del rostro o fachada de los muros o de la superficie de los taludes reforzados construidos de acuerdo con los planos, las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.

255.08 Pago. El pago se debe hacer de la siguiente manera:

- (a) Por el número de metros cúbicos medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Muros de Retención o taludes de Suelo Estabilizados Mecánicamente con Geosintéticos cuyo costo, exceptuando el correspondiente a los elementos de protección del rostro o fachada, incluye todos los trabajos y materiales estipulados en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

- (b) Por el número de metros cuadrados, como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a elementos de protección del rostro o fachada de los muros o taludes reforzados, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en este inciso, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 256
ANCLAJES GEOTÉCNICOS
PERMANENTES

- 256.01 Definición.
- 256.02 Descripción.
- 256.03 Requisitos de los materiales.
- 256.04 Especialización.
- 256.05 Fabricación de la armadura.
- 256.06 Almacenamiento y manejo.
- 256.07 Instalación.
- 256.08 Pruebas y aplicación de esfuerzos.
- 256.09 Aceptación.
- 256.10 Medida.
- 256.11 Pago.

256.01 Definición. Los anclajes geotécnicos permanentes son armaduras metálicas semirrígidas compuestas por alambres, tensores o barras, colocados dentro de perforaciones en el terreno que se inyectan posteriormente con lechada de cemento para integrarse a la masa a retener. Los anclajes transmiten las cargas provenientes de la masa que retienen hacia los estratos de suelo o de roca profundos que presenten mejores propiedades de corte. Los anclajes geotécnicos están compuestos por una longitud de anclaje, una longitud libre (no anclada) y una conexión con la estructura de retención.

Zona de anclaje. Es la parte que se funde en el terreno, generalmente por medio de inyecciones con lechada de cemento.

Zona libre no anclada. Es la zona de libre movimiento del anclaje. Está aislada de la zona de anclaje por medio de un obturador colocado entre ésta y la zona libre. La zona libre debe ser protegida por medio de una vaina plástica que recubre la misma.

Cabeza de amarre. Es el dispositivo de unión del anclaje a la estructura de retención. Sirve para distribuir la presión mediante la placa de sujeción en la cabeza del tornillo o elemento de sujeción después de ejercer el tensado del anclaje y bloquear en esta forma la armadura.

256.02 Descripción. Este trabajo consiste en la perforación en campo, el suministro, la instalación, el tensado de los anclajes geotécnicos permanentes y la sujeción de pruebas de carga, dentro del suelo/roca y fijados a la estructura de retención.

MATERIALES

256.03 Requisitos de los materiales.

(a) Generalidades (dispositivos de anclaje). Para el postensado, los dispositivos de anclaje deben

ser capaces de sostener el acero preeforzado a una carga que produzca un esfuerzo no menor que el 95 por ciento de la resistencia mínima a la tensión garantizada para el acero preeforzado.

Se debe utilizar una placa de apoyo de acero u otro montaje para distribuir de manera efectiva los esfuerzos de compresión del dispositivo de anclaje al concreto. Si el dispositivo de anclaje es lo suficientemente grande y es utilizado con un emparrillado empotrado en el concreto, la placa de apoyo o el montaje puede omitirse. Debe cumplir con lo siguiente:

- (1) El esfuerzo de compresión en la unidad final de concreto, inmediatamente debajo de la placa o del montaje, no debe exceder de 21 mega Pascales (3000 Lb/pulg²).
- (2) Los esfuerzos de flexión en las placas o en los montajes, inducidos al halar para el preeforzado, no deben exceder el punto de fluencia del material o causar deformaciones visibles en la placa de apoyo cuando se aplique el 100 % de la carga última.

El Contratista debe suministrar 2 dispositivos de anclaje (completos con placas de apoyo o montajes) para cada tamaño y tipo a ser usado, para realizar las pruebas anteriores.

- (b) **Tensores.** Los tensores, de elementos simples o múltiples, deben cumplir con lo siguiente:
 - (1) Los tensores de acero sin revestimiento, de siete alambres, con baja relajación de esfuerzos, para concreto preeforzado, corresponden al tipo estándar según AASHTO M 203M.
 - (2) Las barras de acero de alta resistencia para concreto preeforzado, según AASHTO M 275M.

- (3) Los tensores de acero sin revestimiento, de siete alambres, con relajación normal según AASHTO M 203M o de esfuerzos compactados, para concreto preesforzado según ASTM A 779, se usarán si así se indica en los planos y en las Disposiciones Especiales.
- (c) **Acopladores.** El Contratista debe suministrar acopladores para las secciones del tensor, capaces de desarrollar el 95 % del esfuerzo mínimo último a la tensión especificado para el tensor.
- (d) **Vaina.** El material de las vainas debe cumplir con los requisitos en la longitud libre y en la longitud de anclaje, de acuerdo con el material de que se especifique, como sigue:

Cuando se requiera proteger de la corrosión la longitud libre del tendón encapsulándolo en un tubo de plástico corrugado o acero deformado lleno de lechada o cubriendo con epóxico, se debe colocar la lechada dentro del tubo antes o después de colocar el tendón en el orificio de perforación. El tendón se debe centrar dentro del tubo con una cubierta de lechada mínima de 1/8 de pulgada (3 milímetros).

El espesor mínimo de la pared del tubo para encapsular el tendón se debe de indicar en los planos según el tipo de material especificado.

- (1) **Longitud libre.** Los materiales de las vainas o tubos deberán cumplir con las siguientes especificaciones:
- a) **Polietileno.** Este debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 1248 Tipo III o IV.
- b) **Polipropileno estirado a presión y derretido en caliente.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 4101, clasificación de celda PP 210 B5554211.
- c) **Polietileno estirado a presión y derretido en caliente.** Debe cumplir

- con los requisitos establecidos en ASTM D 3350 y ASTM D 1248, alta densidad tipo III.
- d) **Tubería de acero soldada.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM A 500, con un espesor mínimo de la pared de 5 mm.
- e) **Tubería de acero galvanizada.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM A 53.
- f) **Tubería plástica de PVC.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 1785, catálogo 40 mínimo.
- (2) **Longitud de anclaje.**
- a) **Entubado corrugado de polietileno de alta densidad.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 252 con un espesor mínimo de la pared de 1.00 mm.
- b) **Tubos corrugados de cloruro de polivinilo.** Deben cumplir con los requisitos establecidos en ASTM D 1784, clase 13464.
- c) **Barras recubiertas con epóxico.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en ASTM A 775/A, con un espesor mínimo de la película de 0.4 mm.
- (e) **Grasa.** Debe cumplir con lo indicado en la Sección 3.2 del Manual de Postensado (Post-Tensioning Manual, Post-Tensioning Institute). La grasa debe proveer inhibición de la corrosión y tener propiedades lubricantes.
- (f) **Lechada.** Debe ser una mezcla capaz de ser bombeada compuesta por cemento hidráulico, arena, agua y aditivos mezclados de acuerdo con lo indicado en la Especificación 258.03 (b). Se debe utilizar cemento hidráulico por desempeño de acuerdo con lo indicado en la Sección 551.04 (a), Norma ASTM C 1157/1157 M y COGUANOR

NTG 41095, para cemento portland ASTM C150/C150 M y para cementos adicionados ASTM C 595/C 595 M.

Se podrán utilizar aditivos químicos que controlen el afloramiento o que retrasen el fraguado siempre y cuando estos aditivos cumplan con lo indicado en la Especificación 551.05 y sean mezclados siguiendo las recomendaciones del fabricante.

La lechada debe alcanzar una resistencia a la compresión de 25 MPa a los 7 días usando especímenes de morteros de cemento de 50 mm según la norma AASHTO T 106. Los cubos de lechada para el ensayo deben prepararse de bachadas aleatorias. Normalmente, no se requerirá el ensayo de resistencia, puesto que el desempeño del sistema será medido ensayando cada anclaje. Los ensayos de resistencia a la compresión de la lechada serán requeridos si se utilizan aditivos o si ocurren irregularidades al ensayar los anclajes.

(g) Centralizadores. Los centralizadores y los espaciadores pueden ser de cualquier tipo de material, excepto madera, que no sea nocivo al acero preeforzado.

(h) Dispositivos de anclaje. Deben cumplir con lo indicado en la Sección 3.2.3 del Manual de Postensado (PTI). Para los tendones del tensor, se deben diseñar dispositivos de anclaje que permitan ejecutar ensayos de arranque sin que el gato hidráulico enganche el tensor. Las placas de apoyo del dispositivo de anclaje deben ser de acero que cumplan con lo indicado en ASTM A 36/A 36M o ASTM A 588/A 588M.

Se debe extender un tubo o trompeta desde la plancha de anclaje a una distancia suficiente para encerrar el forro protector. El Contratista debe suministrar dispositivos y anclajes capaces de desarrollar el 95% de la resistencia mínima última a la tensión especificada para el tendón del anclaje.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

256.04 Especialización. El Contratista o subcontratista responsable de ejecutar la construcción de los anclajes debe haber completado en forma satisfactoria por lo menos 3 proyectos de construcción de anclajes permanentes dentro de los últimos 3 años. El Contratista debe presentar el currículum correspondiente con la descripción detallada de dichos proyectos.

El Contratista debe contar con un Ingeniero Colegiado activo con un mínimo de 3 años de experiencia en el diseño y construcción de anclajes permanentes, quien debe estar presente durante la construcción de los mismos. Los operadores del equipo de perforación deben tener por lo menos 1 año de experiencia en la instalación de anclajes permanentes o dispositivos similares. Previo al inicio de la construcción de los anclajes, el Contratista debe presentar el currículum vitae del Ingeniero Especialista y de los operadores a cargo de la perforación al Delegado Residente para la aprobación por parte del Ingeniero.

256.05 Fabricación de la armadura.

(a) General. Las armaduras pueden ser fabricadas en un taller o en el proyecto, de acuerdo con lo indicado en los planos. La sección de la armadura debe ser tal que cumpla con lo siguiente:

- (1) La carga de diseño no debe exceder del 60 por ciento de la resistencia última a la tensión requerida para el tendón.
- (2) La carga máxima de prueba no debe exceder del 80 por ciento de la resistencia última a la tensión especificada para el tendón.

(b) Longitud de anclaje. La longitud de anclaje mínima es de 3 metros en roca y de 4.5 metros en suelo. Se debe proveer protección contra la corrosión para la longitud de anclaje, utilizando un recubrimiento de lechada de cemento inhibitoria de la corrosión.

Cuando se requiera el encapsulado del tensor, la longitud de anclaje del tensor debe ser

protegida contra la corrosión, encapsulándola en un tubo plástico o de acero corrugado relleno con lechada inhibitoria de la corrosión o recubriendola con una capa de epóxico adherida por fusión cuando ésta no venga de fábrica. La lechada debe colocarse dentro del tubo ya sea después o antes de colocar el tensor dentro del agujero perforado. El tensor debe ser centrado dentro del tubo con un mínimo de 2.5 milímetros de recubrimiento con lechada.

- (c) **Separadores.** Se deben utilizar espaciadores a lo largo de la longitud de anclaje en los tensores de elementos múltiples para separar cada uno de los elementos individuales del tensor. Los separadores se deben utilizar para asegurar un mínimo de 13 milímetros de recubrimiento con lechada en la longitud de anclaje o en el encapsulado de la longitud de anclaje. Los separadores no deben impedir el flujo libre de la lechada dentro del agujero perforado. El espaciamiento, centro a centro, entre los separadores no debe exceder de 3 metros. El primer separador de la longitud de anclaje del tensor, después del obturador, debe localizarse a un máximo de 1.5 metros. El último separador de la longitud de anclaje debe localizarse a un máximo de 300 milímetros del extremo final de la longitud de anclaje.

No se requerirá el uso de separadores para los tensores inyectados a presión siempre y cuando el anclaje sea instalado dentro de suelos de grano grueso en los cuales se utilicen presiones de inyección de la lechada mayor a 1 MPa. Asimismo, no se requerirá el uso de separadores en los tensores construidos con barreno de tallo hueco si el anclaje es colocado con lechada dentro del barreno y el agujero se mantiene lleno con una lechada rígida durante la extracción del barreno. Una lechada es considerada rígida si su asentamiento es menor de 225 milímetros.

- (d) **Longitud libre.** La longitud libre mínima debe ser de 4.5 metros.

(1) Si se coloca lechada dentro de todo el agujero perforado, en una sola operación, se debe

proveer protección contra la corrosión en la longitud libre por medio de una vaina completamente rellena con grasa o lechada inhibitoria de la corrosión o con un tubo que se encoja con el calor, revestido internamente con un adhesivo elástico.

Si se utiliza grasa dentro de la vaina, se debe engrasar totalmente la longitud libre del tensor. Se deben engrasar los elementos de los tensores multielementos y proveer medidas para evitar que la grasa se salga en los extremos de la vaina.

Si se rellena la vaina con lechada, se debe romper la adherencia a lo largo de la longitud libre del tensor.

- (2) Si se provee protección contra la corrosión por medio de una vaina rellena con grasa y el agujero perforado arriba de la longitud de anclaje va a ser cubierto con lechada después de activar el dispositivo de cierre del anclaje, se debe colocar lechada alrededor del tensor dentro de una segunda vaina.

Cuando se utilicen anclajes que puedan ser reforzados, se debe proveer un anclaje reforzable que sea compatible con el sistema de post tensado suministrado. Si se utilizan tensores con multielementos, las cuñas deben asegurarse adecuadamente según lo recomendado por los proveedores del sistema de post tensado.

- (e) **Placas de apoyo.** El tamaño de las placas debe ser tal que:
- (1) Los esfuerzos de flexión en la placa no deben exceder la resistencia de fluencia del acero cuando se aplique una carga igual al 95 por ciento de la resistencia última a la tensión especificada para el tensor; y
- (2) Los esfuerzos promedio sobre la placa de apoyo no deben exceder los indicados en el diseño.
- (f) **Trompeta.** La trompeta debe ser soldada a la placa de apoyo. El diámetro interior de la trompeta

debe ser igual o mayor que el agujero de la placa de apoyo. La trompeta debe ser lo suficientemente larga para acomodar los movimientos durante la aplicación de los esfuerzos y durante la ejecución de las pruebas. En los tensores con multielementos y con la longitud libre encapsulada, la trompeta debe ser lo suficientemente larga para permitir la transición del diámetro del tensor en la longitud libre al diámetro del tensor en la cabeza de anclaje sin dañar el encapsulado. La trompeta de los anclajes reforzables debe ser engrasada para evitar la corrosión. Se debe proveer un sello de hule sintético y permanente Buna-N o un equivalente a éste entre la trompeta y la protección contra la corrosión de la longitud libre.

Las trompetas de los anclajes que no puedan ser reforzados deben ser llenadas con lechada. Se debe proveer un accesorio de 300 milímetros mínimo, para sellar hermética y temporalmente, el espacio entre la trompeta y la protección contra la corrosión de la longitud libre.

256.06 Almacenamiento y manejo. Los tensores deben ser almacenados y manipulados de manera que se prevengan daños y la corrosión de los mismos. Todos los tensores que exhiban abrasión, cortes, soldaduras, salpicaduras producto de soldaduras, corrosión o picaduras deben ser reemplazados. Cualquier tensor que exhiba daños en el encapsulado o en la vaina debe ser reemplazado o reparado. Se debe desengrasar la longitud de anclaje de los tensores y se deben remover los residuos de solvente antes de la instalación.

256.07 Instalación. Los agujeros para los anclajes deben ser perforados con una tolerancia máxima de 300 milímetros de la ubicación especificada. El eje longitudinal del agujero debe ser perforado en dirección paralela al eje longitudinal del tensor. Los anclajes deben ser instalados con una tolerancia de 3 grados respecto a la inclinación vertical de diseño. Los anclajes deben ser instalados con una tolerancia en el ángulo horizontal de 3 grados, respecto a una línea perpendicular al plano de la estructura de retención. Si los anclajes se extienden más allá del derecho de vía o de los límites de servidumbre, el Contratista debe solicitar los permisos respectivos.

El tensor debe ser insertado dentro del agujero perforado hasta la profundidad requerida, sin hincarlo o forzarlo. Cuando no se pueda insertar completamente el tensor, éste debe ser removido y se debe limpiar o perforar de nuevo el agujero para permitir la inserción.

Se debe utilizar una bomba de desplazamiento positivo para colocar la lechada dentro de los agujeros utilizando una lechada de cemento o una lechada de cemento/arena. La bomba debe estar equipada con un calibrador de presiones capaz de medir presiones de por lo menos 1 Mega Pascal o dos veces la presión actual de la lechada, la que sea mayor. Se debe emplear lechada bien mezclada, libre de terrones o de cualquier evidencia de hidratación previa del cemento. La lechada debe ser agitada continuamente durante su colocación.

El tipo de inyección estará de acuerdo con lo establecido en planos y Disposiciones Especiales. De ser una inyección global unitaria (IGU), se aplicará un solo evento de inyección continua. De ser inyección repetitiva y selectiva (IRS) se realizará de acuerdo con la secuencia especificada utilizando obturadores simples o dobles a través de manchetas (manguitos) o agujeros de inyección ubicados en la longitud de anclaje de acuerdo con lo especificado en planos. La inyección se realizará siguiendo los criterios de paro por presión y volumen mencionados en planos y Disposiciones Especiales.

La lechada debe ser inyectada desde el extremo más profundo del agujero perforado. La lechada puede ser colocada ya sea antes o después de insertar el tensor. El Contratista debe llevar un registro de la cantidad de lechada y de la presión de la misma para cada anclaje. La presión de la lechada debe ser controlada para evitar la fractura o expulsión excesiva de la misma.

Excepto por lo indicado más adelante, la lechada desde la intersección de la longitud de anclaje con la longitud libre puede ser colocada al mismo tiempo que la lechada de la longitud de anclaje, pero sin presión. No se debe colocar lechada en el inicio

del agujero perforado en contacto con la parte de atrás del rostro del muro ni en el espacio anterior de la trompeta.

Si el anclaje se instala en un suelo de grano fino utilizando agujeros perforados de más de 150 milímetros de diámetro, la lechada de la longitud libre debe ser colocada después de ensayar y de tensar el anclaje. Se puede colocar la lechada dentro del agujero completo en una sola operación cuando el anclaje no logra una capacidad significativa de su carga del suelo exclusivamente de la longitud de anclaje.

La lechada para tensores de anclajes en roca, protegidos con lechada inhibitoria de la corrosión, debe ser inyectada a presión. Después de sellar el agujero perforado, se debe inyectar la lechada a presión hasta que se mantenga una presión de 0.3 Mega Pascales durante 5 minutos en el extremo inicial del agujero.

Después de completar el trabajo de colocación de la lechada y si su tubo de aplicación debe de permanecer dentro del agujero, éste debe dejarse lleno de lechada. Se debe esperar un mínimo de 3 días antes de aplicar la carga al tensor.

La protección contra la corrosión de la longitud libre debe extenderse dentro del sello de la trompeta o 300 milímetros dentro de la trompeta, si no se provee un sello. La protección contra la corrosión de la longitud libre debe ser recortada del tensor lo necesario para que no tenga contacto con la placa de apoyo de la cabeza de amarre durante las pruebas y la aplicación de esfuerzos.

La placa de apoyo y la cabeza de amarre deben ser colocadas de manera que el eje del tensor esté dentro de 3 grados de la perpendicular a la placa de apoyo y el eje del tensor pase a través del centro de la placa sin doblar el tensor.

Si se utilizan tensores protegidos con lechada contra la corrosión o vainas de epóxico adherido por fusión, la placa de apoyo, la cabeza de amarre y la trompeta deben ser aislados del concreto, del pilote tangente o de cualquier otro elemento metálico empotrado en la estructura de retención.

Se podrá colocar grasa en la trompeta cada vez que sea necesario. La lechada de la trompeta debe ser colocada después de que el anclaje ha sido ensayado y se le ha aplicado el esfuerzo. Todos los anclajes que queden expuestos permanentemente a la intemperie deben ser totalmente cubiertos con grasa o lechada anticorrosiva.

256.08 Pruebas y aplicación de esfuerzos. Cada anclaje debe ser probado utilizando una carga de prueba máxima que no exceda del 80 por ciento de la resistencia última mínima a la tensión garantizada del tensor. La carga de prueba debe ser aplicada simultáneamente a todo el tensor y a todos los elementos de los tensores multielementos.

(a) **Equipo para la prueba.** El equipo para efectuar las pruebas debe consistir en lo siguiente:

(1) **Manómetro de cuadrante.** Utilice dos manómetros de cuadrante capaces de medir hasta 0,025 milímetros y con suficiente recorrido para medir el alargamiento elástico teórico de la longitud total del anclaje a la carga máxima de prueba sin ser reajustado, teniendo en cuenta el alargamiento tanto en la zona anclada como en la no anclada. Alinee los medidores en paralelo al eje del anclaje a tierra y apoye los medidores independientemente del gato hidráulico, el anclaje a tierra o el marco de reacción.

(2) **Gato hidráulico, manómetro y celda de carga.** Aplique las cargas de prueba con un gato hidráulico y mídalas con un manómetro calibrado y una celda de carga electrónica. Utilice un gato hidráulico y un manómetro con un rango de presión que no exceda el doble de la presión de prueba máxima anticipada y calibrados como una unidad por una empresa independiente dentro de los 45 días previos al inicio del trabajo de anclaje a tierra. Use un manómetro graduado en incrementos de 100 libras por pulgada cuadrada (1 mega Pascal) o menos. Use un gato hidráulico con un recorrido suficiente para permitir las pruebas sin tener que reiniciarlas.

- (3) **Indicador de referencia.** Mantenga el calibrador de referencia con el gato de prueba y el manómetro de presiones. Se debe mantener el indicador de referencia en el sitio del proyecto.
- (4) **Marco de reacción.** Proporcionar un marco de reacción diseñado por un Ingeniero Civil Colegiado Activo, con la experiencia adecuada para proponer una estructura que cumpla con los requisitos del sitio, resistir las cargas de prueba máximas y evitar la deformación excesiva de la superficie de apoyo.
- (b) **Pruebas de desempeño.** Se debe colocar el equipo de aplicación del esfuerzo sobre el tendón de anclaje al suelo de modo que el gato, las placas de soporte, las células de carga y el conjunto de tensión estén alineados axialmente con el tendón y el tendón esté centrado dentro del equipo.

El Delegado Residente designará el 5 por ciento de los anclajes a tierra o al menos 3 anclajes en cada estructura separada para las pruebas de rendimiento. Se deberá colocar el manómetro de referencia en serie con el manómetro de presión durante cada prueba de rendimiento. Las pruebas se efectuarán de conformidad con lo que se indica en la Tabla 256-1.

Se debe aumentar la carga de un incremento a otro manteniendo la carga el tiempo suficiente

para medir y registrar el movimiento del anclaje al suelo a 0.025 milímetros más cercano respecto a un punto de referencia fijo independiente. Controlar la carga con un manómetro. Si la carga medida por el manómetro y la carga medida por el manómetro de referencia difieren en más del 10 por ciento, se debe recalibrar el gato, el manómetro y el manómetro de referencia.

La carga máxima de prueba debe ser sostenida por un mínimo de 10 minutos. El gato debe ser rebombeado lo necesario para mantener una carga constante. El período de sostenimiento de carga debe iniciarse tan pronto como se aplique la carga máxima de prueba.

Se debe medir y registrar el movimiento del anclaje a 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10 minutos. Si el movimiento del anclaje entre 1 y 10 minutos excede de 1 milímetro, se debe continuar sosteniendo la carga máxima de prueba y registrar el movimiento del anclaje a 15, 20, 25, 30, 45 y 60 minutos.

Se debe elaborar una gráfica del movimiento del anclaje contra la carga máxima para cada secuencia de prueba indicada en la Tabla 256-1 y también se debe elaborar una gráfica del movimiento residual del tensor para cada carga de alineación contra la carga más alta previamente aplicada.

Tabla 256-1
Secuencia de aplicación de la carga para la prueba de desempeño

Secuencia de la prueba	Incremento de la carga de prueba								Reducir a carga de activación del dispositivo de cierre
	A	0.25D	0.50D	0.75D	1.00D	1.20D	1.33D		
1	•	•							
2	•	•	•						
3	•	•	•	•					
4	•	•	•	•	•				
5	•	•	•	•	•	•			
6	•	•	•	•	•	•	•		•

Nota: A = carga de alineación y D = carga de diseño

(c) **Prueba de carga.** Todos los anclajes que no fueron sometidos a la prueba de desempeño deben ser sometidos a la prueba de carga. La prueba de carga debe ser ejecutada siguiendo la secuencia mostrada en la Tabla 256-2.

La carga debe ser aumentada de un incremento a otro inmediatamente después de registrar el movimiento del anclaje. Se debe medir y registrar el movimiento del anclaje con una aproximación de 0.025 milímetros respecto a un punto fijo de referencia independiente durante la aplicación de la carga de alineación y en cada incremento de carga. La carga debe ser medida con un manómetro de presiones.

La carga máxima de prueba debe ser sostenida por un mínimo de 10 minutos. Se debe re-bombar el gato lo necesario para obtener una carga constante. El período de sostenimiento de la carga debe iniciarse inmediatamente después de aplicar la carga máxima de prueba.

Se debe medir y registrar el movimiento del anclaje a 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10 minutos. Si el movimiento del anclaje entre 1 y 10 minutos excede de 1 milímetro, se debe continuar sosteniendo la carga máxima de prueba y registrar los movimientos del anclaje a 15, 20, 25, 30, 45 y 60 minutos.

Se debe elaborar una gráfica del movimiento del anclaje contra la carga para cada incremento de carga indicado en la Tabla 256-2.

(d) **Dispositivo de cierre.** Después de completar las pruebas de desempeño y de carga, la carga se debe reducir a la carga de activación del dispositivo de cierre especificada y la carga debe ser transmitida al dispositivo de anclaje. Después de transferir la carga y antes de remover el gato, se debe medir la descarga. Si la descarga no está dentro del 10 por ciento de la carga de activación del dispositivo de cierre especificada, se debe reajustar el anclaje y medir de nuevo la descarga. Este procedimiento se debe repetir las veces que sea necesario.

256.09 Aceptación. Los anclajes ya instalados serán evaluados basándose en uno de los siguientes resultados de las pruebas de desempeño y de carga:

(a) Despues de sostener la carga durante 10 minutos, el anclaje soporta la carga máxima de prueba con un movimiento de menos de 1 milímetro entre 1 y 10 minutos y el movimiento total a la carga máxima de prueba excede el 80 por ciento del alargamiento elástico teórico de la longitud libre.

(b) Despues de sostener la carga durante 60 minutos, el anclaje soporta la carga máxima de prueba con una razón de escurrimiento plástico que no excede de 2 milímetros / log ciclo de tiempo y el movimiento total a la carga máxima de prueba excede del 80 por ciento del alargamiento elástico teórico de la longitud libre.

Tabla 256-2
Secuencia de la aplicación de carga para la prueba de carga

Incremento de la carga de prueba								Reducir a la carga de activación del dispositivo de cierre
A	0.25D	0.50D	0.75D	1.00D	1.20D	1.33D		
•	•	•	•	•	•	•	•	•

Nota: A = carga de alineación y D = Carga de diseño

Si un anclaje presenta resultados inaceptables de la prueba de carga para la aceptación, este podrá ser reinyectado siempre y cuando haya sido construido dejando prevista una posible reinyección. Luego de ser reinyectado de conformidad con lo indicado en Especificación 256.07, con los criterios de presión especificados en los planos, deberá pasar por las mismas pruebas de aceptación antes de ser bloqueado en la carga especificada.

256.10 Medida. La medida se debe hacer del número de Anclajes Geotécnicos Permanentes satisfactoriamente ejecutados y aceptados de acuerdo a las Disposiciones Especiales, planos y estas Especificaciones Generales.

256.11 Pago. El pago se debe hacer por el número de unidades medido como se indica en la Especificación 256.10, al costo unitario de contrato correspondiente a Anclajes Geotécnicos Permanentes y Pruebas de Desempeño, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 257
MUROS DE RETENCIÓN DE
CONCRETO REFORZADO

- 257.01 Definición.
- 257.02 Descripción.
- 257.03 Requisitos de los materiales.
- 257.04 Generalidades.
- 257.05 Acero de refuerzo.
- 257.06 Concreto estructural.
- 257.07 Construcción del relleno.
- 257.08 Medida.
- 257.09 Pago.

257.01 Definición. Son las estructuras construidas de concreto reforzado para retener taludes en secciones de corte o material en secciones de relleno, para el sostenimiento de los taludes de la carretera. La construcción se efectuará de conformidad con lo indicado en los planos y conforme se establezca en las Disposiciones Especiales.

257.02 Descripción. Este trabajo consiste en la construcción de muros de retención de concreto reforzado de conformidad con las dimensiones, detalles y características definidas en los planos correspondientes.

MATERIALES

257.03 Requisitos de los materiales. Los materiales para la construcción de los muros de retención de concreto reforzado deben cumplir con lo establecido en las siguientes secciones:

- (a) **Concreto.** Debe cumplir con los requisitos de la Sección 551.
- (b) **Formaletas y obra falsa.** Debe cumplir con los requisitos de la Sección 556.
- (c) **Selladores y relleno para juntas.** Debe cumplir con los requisitos de la Sección 551.
- (d) **Acero de refuerzo.** Debe cumplir con los requisitos de la Sección 552.
- (e) **Relleno estructural.** Debe cumplir con los requisitos del material de relleno estructural tal como se indica en la Especificación 206.03 (a).

REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

257.04 Generalidades. Se debe efectuar un levantamiento topográfico de acuerdo con lo indicado en la Sección 152 y se deben verificar los límites para la construcción del muro. El Contratista tiene que preparar y suministrar planos de las formaletas

y de la obra falsa de acuerdo con lo indicado en la Sección 556. Finalmente, se deben efectuar los trabajos correspondientes a la Secciones 205 y 206.

257.05 Acero de refuerzo. El acero de refuerzo debe ser fabricado, transportado y protegido de acuerdo con lo indicado en la Sección 552. Asimismo, se debe colocar, sujetar y cortar de acuerdo con lo indicado en dicha Sección.

257.06 Concreto estructural. El Contratista debe diseñar la mezcla de concreto de acuerdo con lo indicado en la Sección 551. Asimismo, debe almacenar, manipular, preparar las proporciones, mezclar los materiales y entregar el concreto de acuerdo con lo indicado en dicha Sección. También debe proveer un control de calidad de acuerdo con lo indicado en la Sección 153. El muro debe ser construido de acuerdo con lo indicado en los planos.

257.07 Construcción del relleno. El área detrás del muro debe ser rellenada con un relleno estructural de acuerdo con lo indicado en la Sección 206. Cada capa debe ser compactada según lo indicado en dicha Sección, excepto que se debe usar un compactador liviano mecánico o vibratorio, dentro de la franja de 1 metro de ancho ubicada detrás del muro.

El flujo continuo de agua superficial o subterránea detrás del muro debe garantizarse por medio de un sistema de drenaje integrado a éste. El sistema de drenaje se compone de los tubos de drenaje indicados en los planos, una cubierta de tela geotextil para subdrenaje de conformidad con lo indicado en la Tabla 211-2 que cubra la cara posterior del muro para permitir el flujo del agua recolectada fuera del mismo. El material de relleno deberá cumplir con lo indicado en la Sección 206. Todas las juntas de construcción deben ser impermeables.

257.08 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de

dos decimales, de Muro de Retención de Concreto Reforzado satisfactoriamente construidos y aceptados de conformidad con las Disposiciones Especiales, los planos correspondientes y estas Especificaciones Generales. La medida por metro cúbico debe incluir el volumen de los cimientos.

257.09 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 257.08, al costo unitario de contrato correspondiente a Muros de Retención de Concreto Reforzado, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 258
ESTRUCTURAS DE SUELO ENCLAVADO

- 258.01 Definición.
- 258.02 Descripción.
- 258.03 Requisitos de los materiales.
- 258.04 Pasos a seguir en la construcción.
- 258.05 Medida.
- 258.06 Pago.

258.01 Definiciones. Las estructuras de suelo enclavado son terraplenes o muros cuyas propiedades geotécnicas han sido modificadas a través de la construcción de anclajes geotécnicos de acuerdo a la Sección 256 y capas superficiales reforzadas de concreto lanzado de acuerdo a la Sección 259. Las estructuras de suelo enclavado requieren un estudio geotécnico, un estudio hidrológico, hidrogeológico e hidráulico y un cálculo estructural específico con las condiciones y cargas esperadas en el tramo a cubrir, un pronóstico de las deformaciones horizontales de la masa a retener, como base para la elaboración de los planos y la formulación de un plan para su posterior monitoreo y mantenimiento

Muro de suelo enclavado. Es el muro de suelo formado al colocar, en el suelo natural, inclusiones pasivas a espaciamientos cortos, para incrementar la resistencia al corte del suelo y evitar así su deslizamiento; y para limitar la descompresión del suelo durante y después de efectuada la excavación. Durante la construcción se debe llevar un control topográfico continuo con lo indicado en la Especificación 152.04 (i). El muro de suelo enclavado debe ser construido de acuerdo con estas Especificaciones Generales y con los detalles de construcción indicados en los planos y en las Disposiciones Especiales.

Inclusión. La inclusión consiste de una varilla de acero de diámetro y longitud variable, según el diseño, introducida en un agujero hecho dentro del suelo, con equipo adecuado y aprobado por el Delegado Residente, recubierta en toda su longitud y en todo el diámetro del agujero con lechada o mortero de cemento.

258.02 Descripción. Este trabajo consiste en el corte o excavación necesaria para la conformación de la plataforma o superficie de apoyo para la máquina en las caras del talud expuesto en que se harán los agujeros, lo cual incluye la conformación, el acabado

y tallado de las paredes verticales o inclinadas del talud; la localización topográfica horizontal y vertical de las inclusiones; el corte, acarreo y disposición de los materiales resultantes de la excavación y de la perforación de los agujeros; el suministro y colocación de las varillas de acero de las inclusiones, la lechada o mortero para el relleno de los agujeros, el concreto lanzado para el recubrimiento, el suministro y colocación de la electromalla y el refuerzo de acero horizontal; la puesta en tensión de la inclusión y la fijación de la misma.

Antes de iniciar con la ejecución de los trabajos el Contratista debe presentar la metodología de construcción al Delegado Residente para su aprobación, detallando el cronograma de trabajo, los procesos a seguir, el personal profesional y técnico calificado que asignará la obra, las medidas de seguridad para el personal asignado, el equipo a utilizar durante los trabajos a ejecutar, así como el dimensionamiento de las plataformas temporales de trabajo. El cronograma de trabajo debe considerar obligatoriamente el tiempo necesario para la activación de los anclajes geotécnicos.

MATERIALES

258.03 Requisitos de los materiales. Los materiales para la construcción del muro de suelo enclavado deben cumplir con lo establecido a continuación:

- (a) **Cemento.** El tipo de cemento al ser usado deberá cumplir con las Normas COGUANOR NTG 41095. Pueden ser cementos Portland ordinarios o cementos hidráulicos adicionados. Los cementos Portland ordinarios Tipo I o II, los cementos Portland modificados con puzolanas IPM, cemento Portland puzolánico IP de acuerdo con la Especificación 51.04 (a).
- (b) **Lechada para las inclusiones.** La lechada o mortero de cemento hidráulico para las inclusiones debe consistir en una mezcla de

cemento y agua; o de cemento, arena fina cernida y agua, respectivamente. La lechada consistirá en la mezcla de 2 sacos de cemento como mínimo y 40 litros de agua. En caso el Delegado Residente autorice el uso de mortero, se deberán utilizar 4 sacos de cemento, 3 o 4 pies cúbicos (85 a 113 litros) de arena fina cernida (sin material orgánico ni sulfatos) y entre 25 y 30 litros de agua por saco de cemento. Si se hace necesario el uso de un acelerante, éste se agregará en una proporción de 1 litro por bacheada. En todo caso, la lechada o mortero debe tener, a la ruptura, una resistencia a la compresión no confinada de 24.5 MPa (3,500 Lb./pulg²) como mínimo, a los 28 días de curado.

- (c) **Concreto lanzado.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en la Sección 259.
- (d) **Electromalla.** La electromalla debe ser de acero liso de 6 x 6 y 3/3, Grado 70, como mínimo, que cumpla con lo indicado en la Especificación AASHTO M 55 o ASTM A 185.
- (e) **Varillas de acero.** Deben cumplir con todos los requisitos establecidos en la Sección 552.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

258.04 Pasos a seguir en la construcción. Los métodos, técnicas o equipo aquí especificados son los mínimos necesarios para proveer la construcción adecuada del muro de contención de suelo enclavado. El Contratista, bajo su responsabilidad, podrá utilizar otros métodos, técnicas o equipos distintos a los aquí especificados, siempre y cuando su uso sea aprobado previamente, por escrito, por el Delegado Residente.

A lo largo de una parte de los límites de la excavación propuesta, se excavará el suelo con una retroexcavadora o equipo similar hasta una profundidad entre 1.50 a 2.00 metros, según el tipo de maquinaria a utilizar. La profundidad de cada tramo de excavación estará en función de la habilidad del suelo de mantenerse estable sin soporte en el corte vertical y del espaciamiento e inclinación de las inclusiones. El ancho de la plataforma será responsabilidad del Contratista y dependerá además

del tipo de maquinaria y equipo que éste utilice, pero debe ser el mínimo que asegure que no ocurrirá ningún tipo de accidente. La longitud del tramo a cortar no debe ser mayor de 30.0 metros o de lo que se estima revestir con la primera capa de concreto lanzado en una jornada de trabajo, la que sea menor. No obstante, la longitud del tramo a cortar dependerá también del tipo de suelo en el sitio y sus propiedades. Este valor estará definido en los planos y Disposiciones Especiales de acuerdo con el diseño de la protección. Dependiendo del tipo de suelo, se podrá trabajar dejando tacones intermedios o contrafuertes de tierra intacta del terreno natural, para prevenir desprendimientos locales que afecten la estabilidad de las excavaciones.

Inmediatamente después de efectuar la excavación vertical del talud y de asegurar su conformación y tallado, se debe perforar una de las filas horizontales formada por agujeros de diámetro, localización, profundidad e inclinación especificada en planos. Al retirar el equipo de perforación, se debe introducir en el mismo una varilla corrugada, con separadores plásticos o metálicos, a fin de que ésta permanezca firmemente centrada dentro del agujero excavado. El diámetro y la longitud de la varilla deben ser los indicados en los planos y en las Disposiciones Especiales. Las varillas de acero de las inclusiones deben ser limpiadas y pintadas con pintura anticorrosiva, epóxica basada en poliuretano y de la calidad aprobada previamente por el Delegado Residente.

Seguidamente, el agujero se llenará, por gravedad, con lechada de cemento, o de mortero, introduciendo una manguera en el agujero y retirándola lentamente hacia la superficie conforme se llena el mismo con la lechada o mortero, tratando en lo posible que no quede aire atrapado. Las inclusiones se colocarán espaciadas a un máximo de 2.0 metros en ambos sentidos (horizontal y vertical), según se indica en los planos o en las Disposiciones Especiales.

Luego de esto, se colocará la electromalla o refuerzo del muro de acuerdo con la longitud de recubrimiento especificada en planos. La electromalla se colocará aproximadamente a 50 milímetros de

distancia de la superficie vertical expuesta del talud. Asimismo, en esta etapa se deberán de colocar las varillas de refuerzo por punzonamiento de acuerdo con lo especificado en los planos. La colocación de la electromalla se hará utilizando ganchos de varilla No. 3, con una longitud no menor de 750 milímetros para asegurarla y mantenerla en posición mientras se coloca el concreto lanzado. Luego se aplicará la primera capa de concreto lanzado hasta formar los paneles del primer revestimiento. Este primer revestimiento debe ser del espesor definido en planos de aproximadamente 60 milímetros de espesor, entre 1.50 a 2.00 metros de altura con la longitud del talud a tratar en una jornada de trabajo o dependiendo del ancho del corte definido anteriormente.

Los pasos previamente descritos podrán realizarse en el orden conveniente para el Contratista siempre y cuando sea aprobado por el Delegado Residente. Es decir que se podrá realizar la instalación del refuerzo y lanzado de concreto antes de realizar la perforación o viceversa. Asimismo, de acuerdo con el espesor del muro de concreto lanzado, este se podrá realizar en una o dos etapas de lanzado, siempre y cuando sea aprobado por el Delegado Residente.

A las veinticuatro horas siguientes, como mínimo, después de hacer las operaciones antes mencionadas, sobre la primera capa de recubrimiento se deben colocar 4 varillas de $\frac{1}{2}$ " de diámetro (No. 4), Grado 40, separadas 50 milímetros entre sí, en cada línea longitudinal de inclusiones uniéndolas entre sí perimetralmente en forma de franja formando como mínimo 2 filas de anclaje en la estructura. A continuación, se debe aplicar la segunda capa de revestimiento con concreto lanzado, de 50 milímetros de espesor mínimo, sobre la electromalla y el primer revestimiento.

Cuando se complete el siguiente nivel longitudinal de excavación y se haya rellenado los agujeros con el mortero, y éste haya alcanzado una resistencia mínima a la compresión no confinada de 19.6 MPa (2,800 psi) a un mínimo de 7 días si se utiliza acelerante o de 14 días si no se utiliza acelerante, cada una de las varillas que forman las inclusiones de la fila a que se hace mención anteriormente en este numeral debe

ser puesta en tensión, apretándolas con una tuerca colocada sobre una placa metálica. La tensión total a que debe someterse cada una de las varillas variará entre el 60% y 80% del límite de fluencia de la varilla de acero. Para hacer esta operación, el mortero debe estar suficientemente fraguado para poder efectuar el tensado de la varilla y/o de la inclusión. Si el Contratista desea acelerar el tiempo de fraguado, éste podrá utilizar un fluidificante y/o un acelerante, por su cuenta, con la aprobación previa del Delegado Residente.

Los pasos enumerados anteriormente deben ser repetidos conforme avanza el proceso de excavación, en forma vertical, de arriba hacia abajo.

El flujo continuo de agua superficial o subterránea detrás de la estructura de suelo enclavado debe garantizarse por medio de un sistema de drenaje integrado en ésta. El sistema de drenaje se compone de una capa o membrana permeable recolectora y subdrenajes que cubren toda el área detrás de la membrana superficial de la estructura y que permite el flujo continuo del agua recolectada fuera de ésta.

258.05 Medida. La medida se debe hacer por las siguientes cantidades:

(a) La construcción de las inclusiones que incluirá la perforación del agujero, la colocación de la varilla de diámetro especificado, la introducción de la lechada o mortero, la puesta en tensión de la inclusión y la colocación de la plancha y el enroscado para el tensado, se medirá por metro lineal debidamente construido.

La colocación del recubrimiento que incluirá: el corte de la pared de la excavación y su acabado final; la colocación de las cuatro varillas de $\frac{1}{2}$ " de diámetro como parte del refuerzo horizontal, la colocación del concreto lanzado en dos capas y el suministro y colocación de la electromalla, se medirá por metro cuadrado debidamente construido.

(b) Como alternativa, los trabajos de construcción del muro de suelo enclavado se podrán medir por metro cuadrado con aproximación de dos decimales, de Muros de Suelo Enclavado,

construidos satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales, los planos y las Disposiciones Especiales.

258.06 Pago. El pago se debe hacer por las cantidades medidas como se indica anteriormente en 258.05(a) o (b), al precio unitario de contrato correspondiente a Muros de Suelo Enclavado, cuyo precio incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

SECCIÓN 259
CONCRETO LANZADO

- 259.01. Definición.
- 259.02. Descripción.
- 259.03. Requisitos de los materiales.
- 259.04. Preparación de la superficie.
- 259.05. Colocación.
- 259.06. Rebote.
- 259.07. Acabado.
- 259.08. Medida.
- 259.09. Pago.

259.01 Definición.

Concreto lanzado. El concreto lanzado consiste en concreto o mortero aplicado con bomba neumática sobre una superficie. El concreto lanzado, a opción del Contratista, debe aplicarse ya sea por el proceso de mezcla en seco o por el de mezcla húmeda.

259.02 Descripción. Este trabajo consiste en la fabricación, el suministro en el lugar de la obra, el manejo, la colocación del concreto lanzado para el revestimiento de zanjas, canales, taludes y construcción de secciones irregulares y otros elementos utilizando concreto lanzado, de acuerdo con los detalles y las dimensiones indicadas en los planos y especificadas en esta Sección o en las Disposiciones Especiales.

El proceso de mezcla en seco consiste en la colocación y premezclado en la tolva del equipo de concreto lanzado, los agregados, el cemento y aditivos de los materiales secos o semi húmedos, los que posteriormente se dosifican en la manguera de entrega, luego mediante aire comprimido se transporta el material a la boquilla, donde se agrega el agua y se descarga a alta velocidad para lograr su adherencia sobre la superficie a ser revestida.

En el proceso húmedo en el equipo de concreto lanzado, se efectúa la mezcla de todos los materiales indicados anteriormente incluyendo el agua y luego esta mezcla se bombea a la boquilla donde se introduce aire comprimido para proporcionar una colocación y consolidación del material a alta velocidad en la superficie a ser revestida.

MATERIALES

259.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Cemento.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en 551.04 (a).

(b) **Agregado fino.** El Contratista debe suministrar arena que cumpla con lo indicado en AASHTO M 6, clase B, incluyendo el requisito suplementario de reactividad del agregado, excepto por lo siguiente:

(1) Material que pasa el tamiz de 75 μm , AASHTO T 11	3.0 % máximo
(2) Valor del equivalente de arena, AASHTO T 176	75 % mínimo

El agregado fino liviano debe cumplir con lo establecido en AASHTO M 195.

(c) **Agua.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 157. El agua potable podrá ser utilizada de conformidad con la Especificación NTG 41073.

(d) **Concreto lanzado.** El concreto lanzado a ser mezclado y aplicado por el proceso de mezcla en seco como por el proceso de mezcla húmeda sus proporciones deben ser definidas mediante un diseño basado en la resistencia requerida según el tipo de aplicación que corresponda según el tipo de materiales o estructuras a recubrir, debiendo también considerar en el diseño de la mezcla la calidad y características de los agregados disponibles. Inicialmente sujeto a la verificación de su desempeño en obra se puede considerar una resistencia mínima de 28 MPa (4000 lbs/plg²).

El tamaño máximo permisible de los agregados a usar será de 12.5 mm. La cantidad de agua en la mezcla debe ser ajustada según la humedad superficial de los agregados.

Al concreto lanzado mezclado y aplicado tanto para el proceso de mezcla húmeda como mezcla seca se le podrán agregar aditivos de conformidad con el diseño correspondiente.

Cuando sea requerido en los planos o en las Disposiciones Especiales, se le debe aplicar color al concreto lanzado mezclándole una base fina y óxido mineral sintético fabricado específicamente para darle color al concreto. El agente colorante debe ser mezclado homogénea y uniformemente con el concreto lanzado.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

259.04 Preparación de la superficie. La superficie de las áreas sobre las cuales se lanzará el concreto debe ser nivelada uniformemente antes de aplicar el concreto y ningún punto de la pendiente nivelada debe estar arriba del nivel indicado en los planos para la pendiente o del indicado por el Delegado Residente.

Las áreas a ser recubiertas deben tener niveles de humedad suficiente para proveer un lecho firme y para prevenir la absorción de agua del concreto lanzado, pero no debe contener agua libre en la superficie. Cuando de conformidad con el diseño se requiere recubrimiento de taludes de relleno previo a la colocación del recubrimiento se deberá proceder a la compactación del área a ser revestida.

Cuando se indique en los planos, se debe proveer juntas, sisas laterales y tiras de lanzado para la colocación de paneles y de forros. Cuando sea necesario, se deben utilizar alambres para nivelación o hilos con el fin de establecer espesores, planos de la superficie y niveles finales.

259.05 Colocación. Antes de iniciar con la ejecución de los trabajos el Contratista debe presentar la metodología de construcción al Delegado Residente para su aprobación, detallando el cronograma de trabajo, los procesos a seguir, el personal calificado que asignará a la obra, las medidas de seguridad para el personal asignado, el equipo a utilizar durante los trabajos a ejecutar, así como el dimensionamiento de las plataformas temporales de trabajo.

La boquilla para la colocación del concreto debe ser dirigida de tal forma que se obtenga el menor rebote de concreto lanzado posible. La velocidad

del material a medida que sale de la boquilla debe mantenerse uniforme y a la razón determinada para las condiciones de trabajo dadas.

(a) Método en seco. La colocación del concreto lanzado mezclado en seco debe cumplir con lo siguiente.

Cuando la longitud de la manguera sea de 30 m o menos, se debe mantener una presión constante de no menos de 300 kPa en la máquina de lanzado y la presión debe incrementarse por lo menos 35 kPa por cada 15 m adicionales de la manguera o por la fracción correspondiente.

El agua en la boquilla debe mantenerse a una presión uniforme, la cual no debe ser menor de 100 kPa más que la presión del aire en la máquina.

No se debe emplear agregado y cemento que haya sido mezclado por más de 45 minutos a menos que lo permita el Delegado Residente.

(b) Método húmedo. El transporte y la colocación del concreto lanzado mezclado en húmedo deben cumplir con lo siguiente.

El transporte del concreto lanzado mezclado en húmedo debe cumplir con los requerimientos para el transporte de concreto indicados en la Sección 551.

La colocación debe limitarse a tramos de 2.5 metros de alto medidos a lo largo de las pendientes y los alambres para control deben ser colocados a una distancia aproximada de 2 metros entre centros.

No se debe utilizar materiales que hayan sido mezclados por más de 90 minutos, a menos que el Delegado Residente autorice su uso. Todo el concreto fresco rechazado, cualquiera que haya sido la causa, deberá ser retirado del sitio del proyecto y reemplazado por un concreto satisfactorio a costa del Contratista, de conformidad con la Especificación 551.15 (g).

259.06 Rebote. El rebote consiste en el material del concreto lanzado que ha rebotado fuera de la superficie ya recubierta y el cual es recuperado en estado limpio y libre de materiales extraños y que puede ser usado de nuevo como agregado fino en cantidades que no excedan del 15% del total de los requerimientos para el agregado fino.

259.07 Acabado. Después de colocar el concreto lanzado lo más cercano que sea práctico a la profundidad requerida, se debe verificar la superficie utilizando un escantillón. Si se detectan puntos bajos o depresiones, éstas deben ser niveladas colocando concreto lanzado adicional de manera que la superficie terminada quede lisa y uniforme según el tipo de trabajo involucrado.

Las áreas donde el concreto se encuentre suelto deben ser removidas y reemplazadas por el Contratista a su costa. El concreto lanzado debe ser curado y protegido como se indica para el curado y protección del concreto en la Sección 551.

Si se agrega un agente colorante y el Contratista elige usar el método de curado utilizando un compuesto para curar el concreto lanzado, el compuesto de curado debe ser uno sin pigmento y con tinte perecedero de acuerdo con los requerimientos de la ASTM C 309, Tipo 1-D, Clase A.

259.08 Medida. Las cantidades de concreto lanzado utilizadas para revestir zanjas, canales, taludes y para construir secciones irregulares y otros elementos serán medidos por metro cúbico calculado por medio de las medidas, a lo largo de la pendiente, de las áreas realmente revestidas y del espesor teórico indicado en los planos. El concreto lanzado colocado fuera de las dimensiones indicadas en los planos o utilizado para llenar lechos bajos no recibirá pago.

259.09 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Concreto Lanzado, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

DIVISIÓN 300
SUBRASANTE, SUBBASES Y BASES

SECCIÓN 301
REACONDICIONAMIENTO DE
SUBRASANTE EXISTENTE

- 301.01 Definiciones.
- 301.02 Descripción.
- 301.03 Operaciones de construcción.
- 301.04 Tolerancias y aceptación.
- 301.05 Medida.
- 301.06 Pago.

301.01 Definiciones.

Subrasante. Es la capa superior de la terracería tanto en los cortes como en los rellenos que es conformada y compactada para servir de soporte a las diferentes capas de pavimento.

Sección Típica de Pavimentación. Es la representación gráfica de un corte transversal que muestra en proyección vertical, las pendientes, espesores, dimensiones y composición de las capas de la estructura del pavimento.

Reacondicionamiento de subrasantes existentes. Es la operación que consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de una carretera previamente construida para adecuar su superficie a la Sección Típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros, con el objeto de regularizar y mejorar, mediante estas operaciones, las condiciones de la subrasante como cimiento de la estructura del pavimento.

En los trabajos de excavación y terraplenes se procederá como se indica en la Especificación 203.08

Materiales inadecuados para subrasante. Son materiales inadecuados para la construcción de la subrasante, los siguientes:

(a) Los clasificados en el grupo A-8, AASHTO M 145, suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación está basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0.075 mm (N° 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una

textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia, así como basuras o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación de la estructura del pavimento.

(b) Las rocas aisladas, mayores de 100 milímetros, que se encuentran incorporadas en los 300 milímetros superiores de la capa de suelo de subrasante.

Materiales adecuados para subrasante. Son suelos de preferencia granulares con menos de 3 por ciento de hinchamiento de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR), que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentren en el tramo o sección que se esté reacondicionando y que, además, no sean inadecuados para subrasante de acuerdo con lo indicado en esta Sección.

301.02 Descripción. Este trabajo consiste en la eliminación de toda la vegetación y materia orgánica o cualquier otro material existente sobre el área de subrasante a reacondicionar, así como la escarificación, mezcla, homogeneización, humedecimiento, conformación y compactación del suelo de la subrasante, efectuando cortes y rellenos en un espesor no mayor de 200 milímetros. Incluye la regulación del tránsito y el control de laboratorio para dejar una subrasante de acuerdo a estas Especificaciones Generales y con su superficie de conformidad con los alineamientos horizontal y vertical y a las secciones típicas de pavimentación que se indiquen en los planos.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

301.03 Operaciones de construcción.

(a) **Limpieza.** El Contratista debe proceder a limpiar la vegetación existente en toda la superficie de la subrasante a reacondicionar.

- (b) Delimitación de tramos a reacondicionar.** El Delegado Residente debe delimitar los tramos que el Contratista tiene que reacondicionar, indicando claramente por escrito las estaciones inicial y final de cada tramo.
- (c) Reemplazo de material inadecuado.** Cuando en la subrasante aparezcan áreas con material inadecuado, de conformidad con la definición dada en la Especificación 301.01, el Delegado Residente debe delimitarlas y notificarlo por escrito al Contratista, quien debe proceder a efectuar la remoción del material inadecuado de acuerdo a lo indicado en la Sección 203. Durante estas operaciones el Contratista debe señalizar dichas áreas para evitar accidentes. Según lo ordene el Delegado Residente, las excavaciones deben rellenarse: (1) con material de préstamo que sea apropiado para subrasante de acuerdo con la definición para material adecuado dada en la Especificación 301.01 o (2) con material de Subbase, efectuando la compactación de acuerdo con la Especificación 203.08, la Especificación 303.10 o la Especificación 304.08, según corresponda. En todo caso la excavación del vaciado, se debe pagar con cargo a la Sección 203 y el relleno de los vaciados, si es con préstamo, con cargo a la Sección 203 y si es con Subbase con cargo a la sección correspondiente.
- (d) Escarificación, tendido y conformación.** En las áreas que necesiten reacondicionamiento, el Contratista debe proceder a escarificar el suelo de subrasante hasta una profundidad de 200 milímetros, eliminando las rocas mayores de 100 milímetros, acondicionándolas fuera del camino; seguidamente debe proceder a ajustar y conformar la superficie efectuando cortes y rellenos en un espesor no mayor de 200 milímetros.
- El suelo de subrasante en toda el área a reacondicionar debe humedecerse adecuadamente, antes de la compactación. El control de humedad puede efectuarse secando el material, o por el método con carburo, AASHTO T 217. Después de recibida, la capa de subrasante debe ser cubierta con la capa superior para evitar deterioro o daños posteriores.
- (e) Cortes mayores de 200 mm.** Si con los cortes y rellenos de 200 milímetros, la superficie reacondicionada no se ajusta a los niveles indicados en los planos, el Delegado Residente podrá ordenar cortes más profundos o completar los rellenos con material de préstamo apropiado, que cumpla con los requisitos de material adecuado indicados en la Especificación 301.01. En ambos casos, los cortes mayores de 200 milímetros y el préstamo necesario serán pagados con cargo a la Sección 203.
- (f) Compactación.** La subrasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de ± 3 por ciento de la humedad óptima, hasta lograr el 95 por ciento de compactación respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero, se pueden usar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos. Para el caso de subrasantes arcillosas con un límite líquido superior al 45 por ciento y un índice plástico superior al 15 por ciento, se requerirá su compactación a una densidad mayor al 95 por ciento de la densidad máxima correspondiente al ensayo Proctor Estándar AASHTO T 99 con una humedad mayor del 2% de la humedad óptima correspondiente o se podrá considerar su reemplazo según la Especificación 203.04 (e) alternativamente se puede considerar su estabilización según la Especificación 302.04.
- (g) Deflexión.** Para la capa de subrasante reacondicionada, se establece una deflexión máxima, medida con Viga Benkelman (AASHTO T256), de 3.0 milímetros. El Delegado Residente deberá ordenar los vaciados que sean necesarios y su reemplazo con material de préstamo o de Subbase y, en caso necesario, complementar estos trabajos con la construcción de subdrenajes adecuados.

Con la aprobación del Delegado Residente, cuando se disponga de una calibración de las deflexiones medidas con un Deflectómetro de Impacto Liviano (LWD) respecto a las mediciones con Viga Benkelman, se podrá utilizar este Deflectómetro de Impacto para evaluar las Deformaciones Verticales y complementariamente evaluar el Módulo de Superficie correspondiente.

301.04 Tolerancias y aceptación.

- (a) **Tolerancias en compactación.** Se establece una tolerancia en menos del 2%, respecto al porcentaje de compactación especificado en 301.03 (f) para la subrasante reacondicionada. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados o fracción de subrasante reacondicionada.
- (b) **Tolerancia de superficie.** Se establece una tolerancia de 20 milímetros, en más o en menos, para los trabajos efectuados por el equipo de construcción, respecto al nivel de conformación de superficie definido en la obra mediante marcas topográficas colocadas de conformidad con las elevaciones indicadas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente.
- (c) **Aceptación.** La subrasante reacondicionada se debe aceptar para efectos de pago, hasta que se encuentre debidamente cubierta con material de Subbase o de base, en el ancho total de subrasante indicado en las secciones típicas de pavimentación. No se permite que la subrasante ya reacondicionada, quede sin recubrir con base o Subbase, en una distancia mayor de 1 kilómetro, debiendo proporcionar el mantenimiento adecuado de los tramos pendientes de recubrir.

301.05 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de subrasante reacondicionada, debidamente construida y aceptada de acuerdo a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y los planos correspondientes.

301.06 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en la Especificación 301.05, construidos y aceptados conforme a los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales; al costo unitario de contrato, correspondiente a Reacondicionamiento de Subrasante. Este costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconocerá ningún pago adicional por el suministro del agua ni por las operaciones necesarias para su obtención. Tampoco se reconocerá pago por el acarreo necesario para acondicionar el material inadecuado en los lugares designados para el efecto; ni por la remoción de raíces y otras materias orgánicas y piedras del área a reacondicionar. Todos estos gastos y los demás inherentes a la ejecución del trabajo, deben estar incluidos en el costo unitario de contrato, correspondiente a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Límite líquido	AASHTO T 89	Material inadecuado	AASHTO M 145
Límite plástico	AASHTO T 90		
Hinchamiento	AASHTO T 193		
Humedad de campo con carburo	AASHTO T 127		
Compactación proctor modificado	AASHTO T 180 y T 191		
Compactación proctor estándar	AASHTO T 99 y T 191		
Medición con deflexión de pavimentos	AASHTO T 256		
Deflexión y módulo de superficie, deflectómetro de impacto manual (LWD)	ASTM E 2835		

SECCIÓN 302

ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

- 302.01. Definición.
- 302.02. Descripción.
- 302.03. Requisitos de los materiales a estabilizar.
- 302.04. Requisitos de los materiales estabilizadores.
- 302.05. Requisitos para el agua.
- 302.06. Dosificación.
- 302.07. Escarificación del material de subrasante.
- 302.08. Aplicación de los estabilizadores.
- 302.09. Mezcla.
- 302.10. Compactación y acabado.
- 302.11. Curado.
- 302.12. Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 302.13. Medida.
- 302.14. Pago.

302.01 Definición. Es la operación que consiste en escarificar o pulverizar, incorporar materiales estabilizadores, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la mezcla de la subrasante con materiales estabilizadores para mejorar sus características mecánicas y su función como cimiento de la estructura del pavimento, adecuando su superficie a la Sección Típica y Elevaciones de Subrasante establecidas en los planos u ordenadas por el Delegado Residente, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros.

302.02 Descripción. Este trabajo consiste en el procesamiento e incorporación a la subrasante de cal, cal/ceniza fina, conglomerantes hidráulicos o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos de eficacia y durabilidad comprobada, que cumplan con las características indicadas en las Disposiciones Especiales con la finalidad de mejorar las condiciones mecánicas de esta capa. Este trabajo consiste en el tratamiento de la subrasante conforme lo indicado en la Sección 203 o 301, según corresponda, con la adición que durante este proceso se deben agregar los materiales estabilizadores del tipo y con la dosificación especificada para el proyecto o autorizada por el Delegado Residente.

MATERIALES

302.03 Requisitos de los materiales a estabilizar. Los materiales a estabilizar deben ser los existentes en la subrasante. Los materiales a estabilizar no deben de contener partículas mayores de 70 milímetros, materias vegetales, basura, terrones de arcilla

o sustancias que incorporadas en la subrasante estabilizada puedan tener efectos nocivos o afectar su durabilidad.

No deben utilizarse para la subrasante estabilizada los materiales que están comprendidos dentro de los materiales inadecuados para subrasante, definidos en la Especificación 203.01.

302.04 Requisitos de los materiales estabilizadores.

De acuerdo con lo estipulado en los planos o en las Disposiciones Especiales, los materiales estabilizadores pueden ser: cal hidratada, lechada de cal, conglomerantes hidráulicos, cenizas volantes de carbón y puzolanas naturales crudas o calcinadas, estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos o cemento hidráulico, que llenen los requisitos siguientes:

- (a) **Cal hidratada.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 216, ASTM C 977, COGUANOR NTG 41018.
- (b) **Lechada de cal.** Puede hacerse con cal hidratada y debe llenar los requisitos siguientes:
 - (1) **Composición química.** El contenido de sólidos debe tener un mínimo de 87% en masa, de óxidos de calcio y magnesio.
 - (2) **Residuo.** El porcentaje por masa del residuo retenido en los tamices indicados, para el contenido de sólidos de la lechada, no debe ser mayor de los límites mostrados en la Tabla 302-1.

Tabla 302-1
Requisitos de graduación para el residuo

Tamaño del tamiz	Porcentaje retenido en masa
3.350 mm (Nº 6)	0.2
0.600 mm (Nº 30)	4.0

(3) **Grado de la lechada.** Debe corresponder a uno de los grados siguientes:

- a) **Grado 1.** El contenido de sólidos no debe ser mayor de 31% de la masa total de la lechada.
- b) **Grado 2.** El contenido de sólidos no debe ser mayor de 35% de la masa total de la lechada. Con contenidos mayores de sólidos, la lechada no puede ser bombeada ni rociada.
- (c) **Conglomerantes hidráulicos.** Deben cumplir con la Especificación COGUANOR NTG 41098 (EN 13282)
- (d) **Cenizas volantes de carbón y puzolanas naturales crudas o calcinadas.** Deben cumplir con lo establecido en ASTM C 618 y lo descrito en la Especificación 551.05 (g) de estas Especificaciones Generales. Queda terminantemente prohibido el empleo de cenizas volantes producidas por plantas que utilicen compuestos de sodio, amoníaco o azufre para controlar las emisiones de combustión.
- (e) **Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.** Podrán usarse estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos u otros basados en resinas sintéticas como se indique en las Disposiciones Especiales o en los planos. El Delegado Residente debe requerir el certificado de calidad extendido por el fabricante o distribuidor.
- (f) **Cemento hidráulico.** Preferentemente debe usarse Cemento Hidráulico Tipo UG (para uso general), se deberá ajustar a lo establecido en la Especificación 551.04 y a la norma COGUANOR NTG 41095.

302.05 Requisitos para el agua. El agua a usar en las operaciones de estabilización, debe ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que puedan ser perjudiciales para la efectividad de la estabilización según el tipo de producto estabilizador utilizado.

El agua debe llenar los requisitos para el agua de lavado de la norma AASHTO M 157. Si la fuente es de un sistema de abastecimiento de agua potable, puede ser utilizada sin necesidad de ensayos previos.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

El material de subrasante estabilizado para las estabilizaciones con cal debe tener una resistencia a la compresión no confinada de conformidad con el ensayo AASHTO T 220, mayor o igual al 0.7 MPa a los 28 días.

Los materiales de subrasante estabilizados con cemento y demás estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos deberán tener una resistencia a la compresión no confinada a los 7 días mayor o igual a 1.4 MPa.

Los suelos estabilizados con cal o lechada de cal deberán cumplir con las resistencias a la compresión no confinada indicadas anteriormente. La dosificación mínima de cal se definirá de conformidad con los resultados de la prueba de Eades y Grim (ASTM D6276) correspondientes a la obtención de un pH de 12.4.

Los suelos para su estabilización con lechada de cal deberán cumplir con un índice de Plasticidad mínimo del 10 por ciento.

Los suelos para su estabilización con cemento deberán cumplir con los requisitos mínimos que se indican en la Tabla 302-2.

Tabla 302-2
Requisitos de suelos de subrasante para estabilización con cemento

Característica	Requisito
Contenido de materia orgánica, (%) máximo	0.1
Límite líquido, % máximo	30
Índice de plasticidad, % máximo	12

302.06 Dosificación. El contratista, 30 días antes de iniciar la producción, debe de proponer los materiales estabilizadores que se usarán, así como la dosificación propuesta para la estabilización de la subrasante, de conformidad a los requerimientos establecidos anteriormente. Las proporciones de material estabilizador deberán ajustarse dependiendo de las variaciones de las características de los materiales de subrasante encontrados y de la resistencia a la compresión no confinada según el tipo de estabilizador y edad que corresponda.

El Contratista, junto con la dosificación propuesta, debe presentar lo siguiente:

- (a) Muestras representativas del suelo de la subrasante.
- (b) Una muestra representativa de los productos estabilizadores para la ejecución de los ensayos de resistencia.
- (c) Resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión no confinada, de los materiales de subrasante estabilizados a la dosificación propuesta.
- (d) Proceso constructivo según el tipo de estabilizador a utilizar.

La producción se debe iniciar hasta que el Delegado Residente haya aprobado la dosificación de la mezcla.

302.07 Escarificación del material de subrasante. La subrasante debe ser preparada de acuerdo con lo indicado en la Sección 203. Se debe escarificar y pulverizar la subrasante en una profundidad de 200 milímetros. El material escarificado debe ser conformado para formar camellones o colchones adecuados para efectuar la mezcla. El contenido máximo de humedad y la densidad seca máxima deben ser determinados de acuerdo con el método AASHTO T 180.

302.08 Aplicación de los estabilizadores. Los estabilizadores deben ser agregados cuando el material escarificado esté a un contenido de humedad por lo menos 3 por ciento abajo del óptimo y a una

temperatura ambiente mayor o igual a 4 °C. No se debe aplicar cuando el exceso de estabilizador se pierde con el lavado o soplado o cuando se estime que la temperatura ambiente descenderá debajo de los 4 °C dentro de las próximas 48 horas.

No se construirán capas estabilizadas cuando exista amenaza de lluvia o esté lloviendo. Los trabajos se suspenderán anticipando que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas.

Los estabilizadores deben ser aplicados en las cantidades requeridas utilizando uno de los siguientes métodos:

- (a) **Método en seco.** Los estabilizadores deben ser aplicados uniformemente por medio de una esparcidora aprobada por el Delegado Residente que asegure la dosificación mínima del estabilizador y la homogeneidad de la mezcla. El agua debe ser aplicada utilizando métodos aprobados para obtener el contenido de humedad apropiado para la mezcla y la compactación.
- (b) **Como lechada.** Los estabilizadores deben ser mezclados con agua y aplicados como una suspensión en agua o como una lechada utilizando camiones con distribuidores aprobados o mezcladoras rotativas. El tanque del camión distribuidor o de la mezcladora rotativa debe estar equipado con un agitador para mantener el estabilizador en suspensión en el agua. Se deben dar varias pasadas sobre el material para obtener el contenido de humedad y de estabilizador adecuado para el mezclado y la compactación.

302.09 Mezcla. El material debe ser mezclado hasta obtener una mezcla homogénea y desmenuzable.

- (a) **Mezclas de cal o de cenizas o puzolanas.** Se debe agregar agua y mezclar completamente para ajustar el contenido de humedad de la mezcla al contenido de humedad óptimo más la humedad necesaria para la hidratación. La humedad de hidratación es de 1.5 por ciento por cada porcentaje de estabilizador en la mezcla. El mezclado se debe completar dentro de las 6 horas posteriores a la aplicación del estabilizador.

El procedimiento de mezcla debe ser el mismo para la cal en seco o en forma de lechada, comprendiendo una mezcla inicial y otra final, en la forma siguiente:

- (1) Mezcla y curado iniciales.** El espesor completo de la capa tendida de suelo y cal debe mezclarse con máquina mezcladora previamente aprobada por el Delegado Residente. La cal no puede dejarse expuesta sin mezclar por un período mayor de 6 horas, debiéndose agregar la cantidad de agua adecuada para efectuar la mezcla y para asegurar la acción química de la cal. Después de la mezcla inicial debe compactarse ligeramente con compactadora de neumáticos, para sellar la superficie y prevenir la evaporación del agua durante un período de curado mínimo de 48 horas o hasta que el material estabilizado se empiece a desmenuzar o fragmentar, efectuando durante este tiempo, riegos ligeros de agua sobre la superficie.
- (2) Mezcla final.** Transcurrido el tiempo de curado, debe mezclarse nuevamente el material tratado por medio de recicladora, mezcladora rotativa, motoniveladora, solas o combinadas, u otro equipo previamente aprobado por el Delegado Residente, hasta desmenuzar todos los grumos, debiendo llenar el material los requisitos de graduación indicados en la Tabla 302-3, excluyendo las partículas de grava o piedra, retenidas en el Tamiz N°4 (4.75 mm).
- (b) Mezclas con productos químicos.** Cuando se adicionen en seco, se debe agregar agua y se debe

mezclar completamente para ajustar el contenido de humedad de la mezcla a 2 por ciento arriba del contenido óptimo de humedad. Cuando el producto estabilizador se aplique diluido en agua, el contenido de humedad de la mezcla se ajustará en la misma forma indicada anteriormente o de acuerdo con las especificaciones del producto. El mezclado debe completarse dentro de las 2 horas de haber aplicado el estabilizador.

302.10 Compactación y acabado. Inmediatamente después de ser mezclada, la mezcla se debe de esparcir y compactar al 100 por ciento de la densidad máxima. La densidad y el contenido de humedad de campo deben ser determinados de acuerdo con AASHTO T 191 o por medio de otros procedimientos de ensayo aprobados por el Delegado Residente.

La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior, en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del equipo de compactación en cada pasada.

302.11 Curado. No se debe permitir el paso de tráfico sobre el material estabilizado. El material se debe mantener continuamente húmedo hasta la colocación de la siguiente capa. Se debe aplicar agua bajo presión por medio de una barra rociadora equipada con boquillas para producir un rociado fino y uniforme. La siguiente capa debe ser colocada dentro de los 7 días posteriores a la compactación y acabado del material estabilizado.

Si el material estabilizado pierde estabilidad, densidad o su acabado antes de la colocación de la siguiente capa, se debe reprocesar, recompactar y agregar los estabilizadores necesarios para restaurar la resistencia del material dañado.

Tabla 302-3
Requisitos de graduación de la mezcla final

Tamaño del tamiz	Porcentaje mínimo en masa de grumos que pasa un tamiz de abertura cuadrada
38.1 mm (1½")	100 %
4.75 mm (Nº 4)	50 %

302.12 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

(a) Control de calidad en características de los materiales.

(1) Resistencia a la compresión no confinada.

Se debe efectuar un ensayo por cada 500 metros cúbicos estabilizados hasta llegar a 3,000 metros cúbicos, y seguidamente un ensayo por cada 3,000 metros cúbicos procesados.

(2) Piedras grandes. Las piedras mayores de 70 milímetros deben ser eliminadas, antes de colocar el material estabilizador.

(3) Cal hidratada, puzolanas, conglomerantes hidráulicos y otros estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos. El Contratista debe presentar certificado de calidad y resultado de ensayos de laboratorio de los productos que utilice.

(4) Agua. Se debe tomar una muestra para ensayo cada vez que se cambie de fuente de aprovisionamiento.

(5) Contenido de material estabilizador.

Se debe mantener un control constante durante el proceso de estabilización, que las cantidades de material estabilizador correspondan con la dosificación aprobada por el Delegado Residente conforme se establece en 302.06 y se deberán efectuar comprobaciones diarias o por tramo trabajado que la cantidad total de material estabilizador corresponda con el volumen total trabajado.

(b) Tolerancias en las características de los materiales. Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilizan en todo el proceso de construcción de la estabilización de la subrasante, no llenan los valores especificados, para cada una de las características indicadas después

de efectuar las verificaciones necesarias, si esta condición persiste en más del 25% de los ensayos realizados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa, o el material será rechazado.

(c) Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.

(1) Tolerancias en compactación. El Contratista debe de controlar por medio de ensayos de laboratorio y de campo, la compactación que debe dar al material según el equipo de que dispone, para lograr la densidad especificada. Se establece una tolerancia en menos, del 2% respecto al porcentaje de compactación estipulado en la Especificación 302.10 para cada tipo de estabilizador de que se trate para la aceptación de la capa estabilizada de subrasante. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de cada capa que se compacte. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones.

De preferencia el control de compactación se debe hacer entre las orillas interiores de la capa estabilizada de subrasante, a una distancia no menor de 1 metro del borde y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

(2) Tolerancias de superficie. No se aceptan irregularidades mayores de 15 milímetros en exceso de la cota de superficie ordenada para la estabilización de la subrasante. Las irregularidades en defecto de hasta 20 milímetros se podrán aceptar siempre que el Contratista las llene a su costa, con el material de la capa inmediata superior sin disminuir el espesor de las capas subsiguientes.

(3) Tolerancias en la deflexión. El Contratista debe controlar, por medio de la Viga Benkelman de conformidad con AASHTO T 256 o por la aplicación de otro método técnico reconocido y aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, si la deflexión de la estabilización de la subrasante, conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima de 3.0 milímetros aceptable para esta capa.

En el caso que se use un Deflectómetro de Impacto del tipo FWD, la deflexión central máxima admisible será de 2.0 milímetros. El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión, por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de Subbase o base granular compactada, previamente a su aceptación.

El Contratista debe efectuar un ensayo de deflexión por cada 400 metros cuadrados en la superficie de la estabilización de la subrasante, previamente a su aceptación. La deflexión máxima no debe ser mayor de 2.5 milímetros, respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3.68 metros en cualquier dirección, a menos que se establezca de otra manera en las Disposiciones Especiales.

De preferencia el ensayo de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control, con el método anteriormente indicado o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

(4) Tolerancias en la aplicación del material estabilizador. Para efectos de pago, solo se aceptan variaciones no mayores del 5.0 % de la cantidad ordenada, para los estabilizadores aprobados por el Delegado Residente, según lo establecido en 302.06.

(d) Aceptación. La aceptación de estabilización de la subrasante se debe efectuar para efectos de pago, hasta que ésta se encuentre debidamente cubierta con material de Subbase o de base, en el ancho total de la subrasante estabilizada, indicado en las secciones típicas de pavimentación. No se permite que la subrasante ya estabilizada quede sin recubrir con base o Subbase en una distancia mayor a 1 kilómetro, debiendo el contratista proporcionar el mantenimiento adecuado de los tramos pendientes de recubrir.

302.13 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cuadrados con un espesor de 200 milímetros, con aproximación de dos decimales, de Estabilización de la subrasante, satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El área se debe determinar por procedimientos analíticos. Para este efecto, la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera y el ancho debe ser el delimitado y dimensionado en las secciones típicas de pavimentación. La determinación de estas dimensiones debe ajustarse a lo estipulado en 110.01. En las Disposiciones Especiales se podrá considerar la medida por separado del área de subrasante estabilizada y la cantidad de producto estabilizador efectivamente incorporado a la obra de acuerdo con la dosificación aprobada.

302.14 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados de material estabilizado o por el número de metros cuadrados de material estabilizado y cantidad de material estabilizador medidos como se indica en 302.13, satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales al costo unitario de contrato correspondiente a Estabilización de la subrasante y al costo unitario del material estabilizador si su pago fue especificado como Renglón aparte.

Estos costos incluyen todo el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por el suministro y acarreo de todos los materiales, incluyendo el agua y los estabilizadores. Tampoco

se reconoce pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio y de las deflexiones, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista.

Todos estos gastos y los demás implícitos para efectuar el trabajo, deben estar incluidos en los costos unitarios de contrato correspondientes a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
Compactación	AASHTO T 180 Y T 191
Medición de deflexión en pavimentos	AASHTO T 256
Resistencia a la compresión no confinada, estabilización con cal	AASHTO T 220
Granulometría	AASHTO T 88
Límite líquido	AASHTO T 89
Límite plástico	AASHTO T90
Resistencia CBR	AASHTO T 193

SECCIÓN 303

CAPA DE SUBBASE COMÚN

- 303.01 Definición.
- 303.02 Descripción.
- 303.03 Espesor de la Subbase.
- 303.04 Requisitos para el material de Subbase común.
- 303.05 Selección del material.
- 303.06 Explotación de los bancos de materiales.
- 303.07 Colocación y tendido.
- 303.08 Mezcla.
- 303.09 Riego de agua.
- 303.10 Conformación y compactación.
- 303.11 Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 303.12 Correcciones.
- 303.13 Medida.
- 303.14 Pago.

303.01 Definición.

Subbase común. Es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.

303.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material de Subbase común; el control de laboratorio y operaciones necesarias para construir en una o varias capas, una Subbase del espesor compactado requerido, sobre la subrasante previamente aceptada de acuerdo a estas Especificaciones; todo de acuerdo con lo indicado en los planos u ordenado por el Delegado Residente, ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales.

303.03 Espesor de la Subbase. La Subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos, según lo indicado en los planos, lo establecido en las Disposiciones Especiales o lo ordenado por el Delegado Residente con autorización previa del Ingeniero de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros.

Si las condiciones y características de la subrasante son inapropiadas, debe procederse de conformidad con lo indicado en 301.03(c).

MATERIALES

303.04 Requisitos para el material de Subbase común. La capa de Subbase común debe estar

constituida por materiales de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes.

- (a) **Valor soporte.** El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T 180.
- (b) **Piedras grandes y exceso de finos.** El tamaño máximo de las piedras que contenga el material de Subbase no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de $\frac{1}{2}$ espesor de la capa. El material de Subbase no debe tener más del 50% en peso, de partículas que pasen el Tamiz 0.425 mm, ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el Tamiz 0.075 mm.
- (c) **Plasticidad y cohesión.** El material de Subbase debe tener las características siguientes:
 - (1) **Plasticidad.** La porción que pasa el Tamiz 0.425 mm, no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T 90, mayor de 6 ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. Cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.
 - (2) **Equivalente de arena.** No debe ser menor de 25, determinado por el método AASHTO T 176.
- (d) **Impurezas.** El material de Subbase debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de Subbase puedan causar fallas en el pavimento.
- (e) **Correcciones.** Si el porcentaje de finos del material obtenido en un banco no cumple

con los requisitos establecidos en esta Norma, se podrá mezclar con materiales de otros bancos en la proporción adecuada para que cumpla con dichos requisitos. El Contratista será el responsable de los procedimientos de mezclado de los materiales, para garantizar la homogeneidad de los mismos, evitando su segregación o degradación. En ningún caso es aceptable mezclar con materiales finos que agreguen plasticidad a la mezcla.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

303.05 Selección del material. Es responsabilidad del Contratista seleccionar los bancos de materiales, que llenen los requisitos de calidad establecidos y someter el material a la aprobación del Delegado Residente, acompañando los resultados de los ensayos que haya efectuado. Esta solicitud debe presentarla antes de utilizar cualquier banco, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda verificar la calidad. La aprobación de los bancos de materiales no exonera al Contratista de su responsabilidad de colocar en la capa de Subbase, un material que se ajuste a los requisitos de estas Especificaciones Generales. Los bancos de material apropiado para uso posterior en la construcción de la base y capas de superficie no deben ser utilizados, si en opinión del Delegado Residente, es evidente su escasez.

Cuando existan varios bancos como alternativas para el uso del material de Subbase, dentro de las condiciones normales de acarreo, el Contratista debe usar el material que tenga un mayor valor soporte, menor porcentaje que pase el Tamiz 0.075 mm, menor índice de plasticidad y mayor equivalente de arena.

303.06 Explotación de los bancos de materiales. El Contratista debe de construir por su cuenta, los caminos de acceso y obras complementarias para la explotación y obtención del material de Subbase común. Previamente a la explotación, debe efectuar la limpia, chapeo y destronque correspondiente, eliminando la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla, las piedras mayores de 70 milímetros

y sustancias que puedan contaminar el material obtenido. Debe además organizar y controlar el tránsito de vehículos, el acarreo del material y mantener los caminos aplacando el polvo para evitar accidentes, todo de acuerdo con lo estipulado en 155.04. de estas Especificaciones Generales.

303.07 Colocación y tendido.

- (a) **Colocación.** El Contratista debe colocar el volumen de material correspondiente al espesor de Subbase requerido por el diseño, sobre la subrasante recibida, previamente preparada y reacondicionada, de acuerdo con las Secciones 301 y 302. El material puede ser colocado en pilas por medio de camiones de volteo, formando camellones o con máquina especial esparcidora.
- (b) **Tendido.** El material de Subbase debe ser tendido en capas no mayores de 300 milímetros ni menores de 100 milímetros.

Si el espesor de Subbase requerido es mayor de 300 milímetros, el material debe ser colocado en dos o más capas, nunca menores de 100 milímetros, no permitiéndose la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior. El material suelto de Subbase colocado debe corresponder en cantidad, al espesor de la capa a tender en el ancho total establecido en la Sección Típica de Pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación.

La distancia máxima a que puede ser colocado el material de Subbase, medida desde el extremo anterior cubierto con la base, no debe ser mayor de 1 kilómetro.

303.08 Mezcla. Despues de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use máquina especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogeneización, mezclando el material en todo su espesor mediante la utilización de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o por otro método que produzca una mezcla homogénea.

Cuando se use equipo especial que permita tender el material sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

303.09 Riego de agua. El material de Subbase debe esparcirse, homogeneizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua necesaria para lograr su compactación de conformidad con los resultados del ensayo AASHTO T180, esta operación puede efectuarse simultáneamente con la mezcla indicada en 303.08. Cuando se use máquina especial esparcidora y conformadora, el material puede ser humedecido previamente en la planta de producción del mismo, pudiéndose en este caso, proceder a su compactación inmediata. La humedad de campo debe determinarse, secando el material o por el método con carburo, AASHTO T 217.

303.10 Conformación y compactación. La capa de Subbase debe conformarse, ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180; debiéndose efectuar ambas operaciones, dentro de las tolerancias establecidas en 303.11.

La determinación de la densidad máxima se debe efectuar por cada 2,000 metros cúbicos de material de Subbase, o cuando haya evidencia de que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos. Cuando el espesor a compactar excede de 300 milímetros, el material debe ser colocado, tendido y compactado en dos o más capas, nunca menores de 100 milímetros.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la Subbase, en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de ensayo en el ancho total de la carretera de acuerdo con la Sección Típica de Pavimentación, con las condiciones, equipo y maquinaria que utiliza para este efecto en la obra,

con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los valores a usar para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción, ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales, que varíen dichos valores, o se cambie de banco de aprovisionamiento de los materiales, se debe efectuar un nuevo tramo de ensayo.

Si los resultados del tramo de ensayo son considerados satisfactorios por el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10,000 metros cúbicos de material de Subbase, si la compactación se efectúa en idénticas condiciones que en el tramo de ensayo.

303.11 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe de llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

(a) Control de calidad en los materiales.

- (1) Valor soporte.** Se debe efectuar un ensayo por cada 500 metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de cada banco, hasta llegar a 3,000 metros cúbicos, y seguidamente un ensayo por cada 3,000 metros cúbicos colocados.
- (2) Piedras grandes y exceso de finos.** Las piedras mayores de 70 milímetros o mayores que $\frac{1}{2}$ espesor de la capa, el que sea menor, deben ser eliminadas, de preferencia en el banco o planta de producción, antes de colocar el material de Subbase.
- (3) Granulometría.** Se debe efectuar un ensayo de granulometría, por cada 500 metros cúbicos de los primeros 3,000 metros cúbicos producidos al iniciar la explotación de cada banco, seguidamente se debe efectuar un ensayo cada 3,000 metros cúbicos colocados de material de Subbase.
- (4) Plasticidad y equivalente de arena.** Se debe efectuar un ensayo por cada 3,000 metros cúbicos de material de Subbase colocado.

(b) Tolerancias en las características de los materiales. Si los ensayos efectuados al material de Subbase común, no llenan los valores especificados de cada una de las características indicadas en 303.04, después de efectuar las verificaciones necesarias, si esta condición persiste en más del 33% de los ensayos verificados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa, o el material será rechazado.

(c) Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.

(1) Compactación. El Contratista debe controlar por medio de ensayos de laboratorio y de campo, la compactación que debe de dar al material según el equipo de que dispone, para lograr la densidad especificada, según la Especificación 303.10. Se establece una tolerancia en menos del 3% respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la capa de Subbase. Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 400 metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo de preferencia no deben de efectuarse a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones. De preferencia, el control de compactación se debe hacer entre orillas interiores de hombros, a una distancia mayor de 1 metro del borde de la Subbase y siguiendo un orden alternado: de derecha, centro e izquierda del eje.

(2) Superficie y espesor. La conformación de la superficie de la Subbase terminada, debe verificarse mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos transversal y longitudinalmente, a continuación, con una

regla graduada se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la Subbase, en sentidos transversal y longitudinal.

No se aceptan irregularidades mayores de ± 15 milímetros respecto a la cota de superficie correspondiente de la Subbase.

(3) Deflexión. El Contratista debe controlar, por medio de la Viga Benkelman (AASHTO T 256), o por la aplicación de otro método técnico reconocido y aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales mediante el uso de Deflectómetro de impacto (FWD) o Deflectómetro de impacto liviano (LWD), si la deflexión de la capa de Subbase, conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa.

El valor máximo de deflexión aceptable medido con viga Benkelman para la superficie de la capa de Subbase, no debe ser mayor de 2 milímetros (0.08 pulgadas), respecto a un punto dado, a una distancia no mayor de 3.68 metros en cualquier dirección, a menos que sea establecido de otra forma en las Disposiciones Especiales.

En el caso que de conformidad con las Disposiciones Especiales se use un Deflectómetro de Impacto del tipo FWD, la deflexión central máxima admisible será de 1.25 milímetros para la Subbase.

El Contratista debe de efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de Subbase compactada, previamente a su aceptación. De preferencia la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe de contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar

este control por el método anteriormente indicado o el que corresponda, según las Disposiciones Especiales.

- (d) Aceptación.** La aceptación de la capa de Subbase se debe efectuar, hasta que ésta se encuentre debidamente cubierta con la capa de base, en el ancho total de Subbase indicado en las secciones típicas de pavimentación.

No se permite que la colocación de material de Subbase sobrepase más de 1 kilómetro del extremo inmediato anterior cubierto con materiales de base y hombros, a menos que se indique de otra manera en las Disposiciones Especiales.

303.12 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la capa de Subbase, por defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la forma siguiente:

- (a) Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista.**

(1) Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas, laminación. Cuando sea necesario corregir áreas que no abarquen la capa de Subbase en el ancho completo, se debe proceder a escarificar el área previamente delimitada, hasta una profundidad mínima de 100 milímetros, mezclándose eficientemente el material con la humedad adecuada, efectuándose la corrección, tendido y compactación, hasta que dicha superficie, tanto en el área delimitada como en las áreas adyacentes, cumpla con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para estas operaciones puede usarse motoniveladora o equipo previamente aprobado por el Delegado Residente.

Si los defectos se presentan en todo el ancho de la capa de Subbase, se debe delimitar previamente la longitud del tramo de corrección y proceder a efectuar las operaciones antes indicadas, en el ancho y espesor completo de dicha capa.

- (2) Corrección por falta de homogeneidad.**

Cuando sea necesario corregir áreas de capa de Subbase, debido a segregación o falta de homogeneidad comprobada y de conformidad con las tolerancias establecidas en 303.11, según el caso, para graduación, plasticidad o compactación, el área previamente delimitada debe escarificarse en una profundidad igual al espesor de la capa en proceso de ejecución y después de efectuar las correcciones necesarias, se debe mezclar y compactar de nuevo, hasta que tanto el área delimitada como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para esta operación puede utilizarse mezcladora móvil, motoniveladora o equipo previamente aprobado por el Delegado Residente.

- (3) Correcciones por irregularidades del espesor de la superficie de la capa de Subbase.** Cuando se determine que la capa de la Subbase presenta deficiencias en el espesor, que sobrepasan la tolerancia establecida, el Contratista por su propia cuenta debe corregir la diferencia existente en más o en menos, en el ancho total de la Subbase indicado en la Sección Típica de Pavimentación, en la forma siguiente: si la diferencia es en menos, puede optar por incrementar el espesor de la base a su costa, o corregir el defecto. Si la diferencia es en más, el Contratista debe corregir el defecto.

En todo caso debe proceder a escarificar hasta una profundidad mínima de 100 milímetros en el ancho total de la Subbase, reduciendo o incrementando, según el caso, la cantidad de material para alcanzar la cota de superficie correspondiente; procediendo a efectuar las operaciones de tendido, mezcla, conformación y compactación de conformidad con lo establecido en las Especificaciones de 303.07 a 303.10.

- (b) Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista.** Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de

Subbase por variaciones de diseño, o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe proceder a delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se pagará al Contratista, ya sea a los costos unitarios de contrato, o en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

303.13 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos de capa de Subbase, con aproximación de dos decimales, medidos y compactados, en su posición final y satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales. El volumen debe determinarse por procedimientos analíticos y dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación y alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

303.14 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica ante-

riormente, satisfactoriamente construidos como lo establecen estas Especificaciones Generales y debidamente cubiertos con la capa de base, al costo unitario de contrato, correspondiente a capa de Subbase Común, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

No se reconocerá ningún pago adicional por el suministro de todos los materiales, incluyendo el agua; ni por el acarreo o sobre acarreo de material de Subbase, ni por las operaciones necesarias para la obtención y utilización del material de Subbase. Tampoco se reconocerá pago extra por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución del trabajo, deben estar incluidos en el costo unitario de contrato, correspondiente a capa de Subbase común.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
CBR	AASHTO T 193
Graduación	AASHTO T 11 y AASHTO T 27
Preparación de muestra en húmedo	AASHTO T 146
Límite líquido	AASHTO T 89
Índice plástico	AASHTO T 90
Equivalente de arena	AASHTO T 176
Humedad de campo, usando carburo	AASHTO T 217
Compactación	AASHTO T 180 y AASHTO T 191
Deflexión, viga Benkelman	AASHTO T 256
Deflectómetro de impacto (FWD)	AASHTO T 256 6.2.4
Deflexión y módulo de superficie Deflectómetro de impacto manual (LWD)	ASTM E2583

SECCIÓN 304

CAPA DE SUBBASE Y BASE GRANULAR

- 304.01 Definiciones.
- 304.02 Descripción.
- 304.03 Requisitos para los materiales.
- 304.04 Producción del material.
- 304.05 Colocación y tendido.
- 304.06 Mezcla.
- 304.07 Riego de agua.
- 304.08 Conformación y compactación.
- 304.09 Control de calidad, tolerancias y
aceptación.
- 304.10 Correcciones.
- 304.11 Medida.
- 304.12 Pago.

304.01 Definiciones.

- (a) **Subbase granular.** Es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una Subbase integrante de un pavimento, la cual está destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.
- (b) **Base granular.** Es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento.

304.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración parcial cuando sea necesaria y clasificación, de piedra o grava, combinándolas con material de relleno para formar un agregado clasificado; el apilamiento y almacenamiento, transporte, colocación, tendido, mezcla, humedecimiento, conformación y compactación del material de Subbase o base granular; la regulación del tránsito; así como el control de laboratorio de todas las operaciones necesarias para construir la Subbase o base granular en una o varias capas, conforme lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación correspondientes, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES

304.03 Requisitos para los materiales. El material de Subbase o base granular debe consistir de preferencia en piedra o grava clasificadas sin triturar, o solamente

con trituración parcial, cuando sea necesario, para cumplir con los requisitos de graduación establecidos en esta Sección, combinadas con arena y material de relleno para formar un material de Subbase o base granular que llene los requisitos siguientes:

- (a) **Valor soporte.** Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193, mínimo de 40 para la Subbase y de 70 para la base, efectuado sobre muestra saturada, a 95% de compactación determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 0.5% en el ensayo efectuado según AASHTO T 193.
- (b) **Abrasión.** La porción de agregado retenida en el Tamiz 4.75 mm (Nº 4), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 50 a 500 revoluciones.
- (c) **Partículas planas o alargadas.** No más del 25% en peso del material retenido en el Tamiz 4.75 mm (Nº 4), pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- (d) **Impurezas.** El material de Subbase o base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de Subbase o base granular puedan causar fallas en el pavimento.
- (e) **Graduación.** El material para capa de Subbase o base granular debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las Disposiciones Especiales, de los que se estipulan en la Tabla 304-1.

Tabla 304-1
Tipos de graduación para material de Subbase o Base Granular

Standard mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27)			
		Tipo "A" (Subbase) 50 mm (2") máximo	Tipo "B" (Subbase y base) 38.1 mm (1 1/2") máximo	Tipo "C" (Subbase y base) 25 mm (1") máximo	
		A-1	B-1	B-2	C-1
50.0	2"	100			
38.1	1 1/2"	-	100	100	
25.0	1"	60-90	-	-	100
19.0	3/4"	-	60-90	-	-
9.5	3/8"	-	-	-	50-85
4.75	Nº 4	20-60	30-60	20-50	35-65
2.00	Nº 10	-	-	-	25-50
0.425	Nº 40	-	-	-	12-30
0.075	Nº 200	3-12	5-15	3-9	5-15

El porcentaje que pasa el Tamiz 0.075 mm (Nº 200), debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el Tamiz 0.425 mm (Nº 40).

(f) **Plasticidad y cohesión.** El material de la capa de Subbase o base granular, en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el Tamiz 0.425 mm (Nº 40), incluyendo el material de relleno, un índice de plasticidad mayor de 6 para la Subbase y la base, determinado por el método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25 tanto para la Subbase como para la base, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.

(g) **Equivalente de arena.** El equivalente de arena no debe ser menor de 30 tanto para Subbase como para base, según AASHTO T 176.

(h) **Material de relleno.** Cuando se necesite agregar material de relleno, en adición al que se encuentra naturalmente en el material, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, éste debe estar libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, polvo de roca, limo inorgánico u otro material con alto porcentaje de partículas que pasan el Tamiz 2.00 mm (Nº 10).

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

304.04 Producción del material. Previamente a la explotación y extracción del material, el Contratista debe efectuar la limpia, chapeo y destronque correspondientes en el banco, eliminar la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla y sustancias que puedan contaminar el material producido. Si en las Disposiciones Especiales, se requiere la trituración parcial, ésta debe ser efectuada en planta. En todo caso, la graduación del material debe lograrse en la planta de producción, con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas necesarias, para lograr la granulometría especificada. El material de relleno debe mezclarse uniformemente con los otros materiales componentes, de preferencia en la planta de clasificación antes de apilar el agregado.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio sobre la calidad y características del material producido, y efectuar las correcciones necesarias para obtener un material de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El material de Subbase o base producido puede almacenarse en el área de la planta, o ser acarreado para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo en todo caso ajustarse a lo establecido en la Sección 313.

El Contratista debe además organizar y controlar el tránsito de vehículos, el acarreo de material y mantener los caminos aplacando el polvo para evitar accidentes, todo de acuerdo con lo estipulado en la Especificación 155.04 de estas Especificaciones Generales.

304.05 Colocación y tendido. El material de Subbase y base granular debe ser depositado sobre la subrasante o Subbase, respectivamente, previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo, tendiéndolo con motoniveladora o por medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme y sin segregación en una sola operación y que lo acondicione en un ancho no menor de 3 metros.

El espesor de la capa a tenderse no debe ser mayor de 300 milímetros ni menor de 150 milímetros. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de Subbase o base granular, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 2 kilómetros para la Subbase y de 4 kilómetros para la base imprimada.

304.06 Mezcla. Después de haberse colocado y tendido el material de Subbase o base granular, debe procederse a su homogeneización con la humedad adecuada, mezclando el material en todo el espesor de la capa, mediante la utilización de maquinaria y equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o cualquier equipo que asegure una mezcla homogénea. En caso de utilizarse equipo especial de tendido, que permita esparcir el material previamente humedecido y sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

304.07 Riego de agua. Previamente a la compactación de la capa de Subbase o base granular, se debe humedecer adecuadamente el material para lograr la densidad especificada. La humedad de campo se debe determinar secando el material o por el método con carburo, según AASHTO T 217. El humedecimiento del material se puede efectuar en la planta, antes de ser acarreado y tendido, pudiéndose en este caso, proceder a su compactación inmediata. En el caso de que el material se humedezca después de tendido, debe mezclarse mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación especificada. El riego de agua se puede efectuar simultáneamente con la operación de mezcla.

304.08 Conformación y compactación. La capa de Subbase o base granular se debe conformar ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180, debiéndose efectuar ambas operaciones, dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 304.09 (c).

La determinación de la densidad máxima se debe efectuar por cada 3,000 metros cúbicos de material de Subbase o base granular o cuando haya evidencia

que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191; con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El material de Subbase o base granular con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar el requisito de valor soporte especificado en 304.03 (a).

Cuando el espesor de la capa a compactar exceda de 300 milímetros, el material debe ser tendido, conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 150 milímetros.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la Subbase o base granular, en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, indicado en las secciones típicas de pavimentación, con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los valores a usar para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales, que varíen dichos valores, o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.

Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10,000 metros cúbicos de material de Subbase o base granular, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

304.09 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

(a) Control de calidad de los materiales.

- (1) Valor soporte.** Se debe efectuar un ensayo por cada 500 metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de un banco, hasta llegar a 3,000 metros cúbicos y seguidamente un ensayo cada 5,000 metros cúbicos colocados.
- (2) Abrasión.** Se debe efectuar un ensayo por cada 10,000 metros cúbicos de material en su estado original y por cada 20,000 metros cúbicos de material producido.
- (3) Partículas planas o alargadas.** Se debe efectuar un ensayo cada 100 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos y seguidamente cada 5,000 metros cúbicos colocados.
- (4) Graduación.** En cada banco se debe efectuar un ensayo por cada 50 metros cúbicos en los primeros 500 metros cúbicos producidos y seguidamente un ensayo cada 200 metros cúbicos.
- (5) Plasticidad y equivalente de arena.** Se debe efectuar un ensayo cada 1,000 metros cúbicos de material producido y un ensayo cada 5,000 metros cúbicos colocados.

(b) Tolerancias de las características de los materiales. Si los ensayos efectuados al material de Subbase o base granular, no llenan los valores especificados, de cada una de las características indicadas en la Especificación 304.03, después de efectuar las verificaciones necesarias en tramos con una longitud no mayor de 500 m, si esta condición existe en más del 33% de los ensayos verificados en el tramo, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa, o el material será rechazado.

(c) Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.

- (1) Compactación.** El Contratista debe de controlar, por medio de ensayos de laboratorio

y de campo, la compactación que debe dar al material según la maquinaria y equipo de que dispone para lograr la densidad especificada en la Especificación 304.08. Se establece una tolerancia en menos, del 3% respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la capa de Subbase o base granular. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones. De preferencia el control de compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

(2) Superficie. La conformación de la superficie terminada de la capa de Subbase o base granular, debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente; a continuación con una regla graduada, se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la Subbase o base, en sentidos transversal y longitudinal.

No se permiten irregularidades en la superficie mayores o menores de 10 milímetros.

(3) Deflexión. El Contratista debe controlar por medio de la Viga Benkelman (AASHTO T 256 6.2.1), o usando un dispositivo de carga de impulso o Deflectómetro de Impacto FWD (AASHTO T256 6.2.4) u otro método técnico reconocido y aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, debe de controlar

si la deflexión de la capa de Subbase o base granular conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa indicado en las Disposiciones Especiales.

Si en las Disposiciones Especiales no se establece un valor específico para el proyecto, el valor máximo aceptable de la deflexión media con viga Benkelman para la capa de Subbase granular es de 2.0 mm y para la capa de base granular es de 1.5 mm, respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3.68 m en cualquier dirección. En el caso que se use un Deflectómetro de Impacto del tipo FWD, la deflexión central máxima admisible será de 1.25 milímetros para la Subbase y 0.9 milímetros para la capa base.

El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión, por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de Subbase o base granular compactada, previamente a su aceptación.

De preferencia, la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con los vehículos y equipo necesarios para efectuar este control de conformidad con AASHTO T 256 o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

(4) Espesor. El espesor de la capa de Subbase o base granular se debe verificar, al efectuar cada ensayo de control de compactación de conformidad con AASHTO T 191, a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 200 metros, para verificar el espesor.

Se establece una tolerancia en el espesor total compactado de Subbase o

de base granular de ± 10 milímetros, pero el promedio aritmético de los espesores determinados por cada kilómetro no debe diferir en más de 5 milímetros del espesor estipulado en los planos.

- (d) **Aceptación.** La Subbase granular se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que se encuentre cubierta por la base y la base granular se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que ésta se encuentre debidamente imprimada en el ancho total de base granular, indicado en las secciones típicas de pavimentación.

304.10 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la capa de Subbase o base granular, debido a defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la forma siguiente:

(a) **Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista.**

- (1) **Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación.** Cuando sea necesario corregir áreas que no abarquen la capa de Subbase o base granular en el ancho completo, se debe de proceder a escarificar el área previamente delimitada, hasta una profundidad mínima de 100 milímetros, mezclando eficientemente el material con la humedad adecuada, efectuándose la corrección, tendido y compactación hasta que dicha superficie, tanto en el área delimitada como en las áreas adyacentes, cumpla con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para estas operaciones puede usarse motoniveladora, o equipo que sea adecuado para este objeto.

Si los defectos se presentan en todo el ancho de la capa de Subbase o base granular, se debe delimitar previamente la longitud del tramo de corrección y proceder a efectuar las operaciones antes indicadas en el ancho y espesor completos de dicha capa.

- (2) **Corrección por falta de homogeneidad.** Cuando sea necesario corregir áreas de capas

de Subbase o de base granular, debido a segregación, falta de homogeneidad o compactación insuficiente comprobada, el área previamente delimitada debe escarificarse en una profundidad mínima de 100 milímetros y después de efectuar las correcciones necesarias, se debe mezclar y compactar de nuevo hasta que, tanto el área delimitada, como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para esta operación puede utilizarse mezcladora móvil, motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

(3) **Correcciones por diferencias en el espesor.**

Cuando se determine que la capa de Subbase o base granular presenta diferencias en el espesor especificado, fuera de la tolerancia establecida en la Especificación 304.09 (c) (4), el Contratista a su costa, debe corregir el espesor fuera de la tolerancia en el ancho total de la Subbase o de la base granular, según la Sección Típica, escarificando una profundidad mínima de 100 milímetros, agregando o removiendo material para obtener el espesor especificado y procediendo a efectuar las operaciones de colocación, tendido, mezcla, riego de agua, conformación y compactación, de acuerdo con lo establecido en las Especificaciones 304.05 a 304.08.

- (b) **Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista.** Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de Subbase o base granular, por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe proceder a delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista ya sea a los costos unitarios de Contrato, o en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra. Cuando, a pesar de haberse llenado todos los requisitos de construcción, el tramo presente una deflexión superior a la especificada, el Delegado Residente

deberá ordenar el incremento del espesor de la capa de Subbase o de base granular, según corresponda.

304.11 Medida.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de capa de Subbase o base granular, medidos ya compactados en su posición final en la carretera y satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El volumen de material efectivamente colocado se debe determinar por procedimientos analíticos y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicadas en las secciones típicas de pavimentación, de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

304.12 Pago.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 304.11 y que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la Subbase granular o imprimados en el caso de la base granular, al costo unitario de contrato, correspondiente a Capa de Subbase Granular de la Especificación 304.01 (a) o Base Granular de la Especificación 304.01 (b).

En todo caso los costos citados incluyen el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. No se reconocerá ningún pago adicional, por el suministro, acarreo y sobreacarreo de todos los materiales, incluyendo el agua y el material de relleno que se necesite agregar a la Subbase o base granular, ni por todas las operaciones necesarias para producir el material de Subbase o base granular de conformidad con estas Especificaciones Generales. Tampoco se reconocerá pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio, incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista.

Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución del trabajo, deben estar incluidos en el costo unitario de contrato correspondiente a capa de Subbase o base granular.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
CBR	AASHTO T 193
Abrasión	AASHTO T 96
Graduación	AASHTO T 11 y T 27
Muestra preparada en húmedo	AASHTO T 146
Límite líquido	AASHTO T 89
Índice de plasticidad	AASHTO T 90
Equivalente de arena	AASHTO T 176
Humedad de campo usando carburo	AASHTO T 217
Compactación	AASHTO T 180 y T 191
Deflexión, viga Benkelman	AASHTO T 256 6.2.1
Deflectómetro de impacto (FWD) *Aplicando carga normalizada de 40 kN (9,000 lbs)	AASHTO T256 6.2.4
Deflectómetro y módulo de superficie, deflectómetro de impacto manual (LWD)	ASTM E 2583

SECCIÓN 305
CAPA DE SUBBASE Y BASE DE GRAVA
O PIEDRA TRITURADAS

- 305.01. Definiciones.
- 305.02. Descripción.
- 305.03. Requisitos para los materiales.
- 305.04. Producción del material de base.
- 305.05. Colocación y tendido.
- 305.06. Mezcla.
- 305.07. Riego de agua.
- 305.08. Conformación y compactación.
- 305.09. Control de calidad, tolerancias y
aceptación.
- 305.10. Correcciones.
- 305.11. Medida.
- 305.12. Pago.

305.01 Definiciones.

- (a) **Subbase Triturada.** Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, para constituir una Subbase integrante de un pavimento, la cual está destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.
- (b) **Base Triturada.** Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, para constituir una base integrante de un pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes.

305.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración, de la piedra o grava, combinándolas con material de relleno para formar un agregado clasificado con el tipo de graduación especificado en el contrato. Así mismo, este trabajo incluye el apilamiento y almacenamiento, transporte, colocación, tendido, mezcla, humedecimiento, conformación y compactación del material de Subbase o Base Triturada; la regulación del tránsito; así como el control de laboratorio de todas las operaciones necesarias para construir la Subbase o Base Triturada en una o varias capas, conforme lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación correspondientes, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES

305.03 Requisitos para los materiales. El material de Subbase o Base Trituradas debe consistir en piedra o

grava trituradas y mezcladas con material de relleno, de manera que el producto obtenido, corresponda a uno de los tipos de graduación aquí estipulados y además llene los requisitos siguientes:

- (a) **Valor soporte.** Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193, mínimo de 50 para la Subbase y de 90 para la base, efectuado sobre muestra saturada, a 95% de compactación determinada por el método AASHTO T 180 y un hinchamiento máximo de 0.5% en el ensayo efectuado según AASHTO T 193.
- (b) **Abrasión.** La porción de agregado retenida en el tamiz 4.75 mm (Nº 4), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 50 a 500 revoluciones.
- (c) **Caras fracturadas.** No menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz 4.75 mm (Nº 4) deben de tener por lo menos una cara fracturada.
- (d) **Partículas planas o alargadas.** No más del 20% en peso del material retenido en el tamiz 4.75 mm (Nº 4), pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- (e) **Impurezas.** El material de Subbase o Base Trituradas debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la Capa de Subbase o Base Triturada puedan causar fallas en el pavimento.
- (f) **Graduación.** El material para Capa de Subbase o Base Trituradas debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las Disposiciones Especiales, de los que se estipulan en la Tabla 305-1.

Tabla 305-1
Tipos de graduación para material de Subbase y base triturada

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27)			
		Tipo "A" 50 mm (2") máximo	Tipo "B1" 38.1 mm (1 ½") máximo	Tipo "B2*" 38.1 mm (1 ½") máximo	Tipo "C" 25 mm (1") máximo
		Subbase	Subbase y base	Base	Subbase y base
50.0	2"	100			
38.1	1 ½"	-	100	100	
25.0	1"	65-90	70-100	83-93	100
19.0	¾"	-	60-90	73-83	70-100
9.5	⅜"	-	45-75	49-59	-
4.75	Nº 4	25-60	30-60	30-40	35-65
2.00	Nº 10	-	20-50	18-28	-
0.425	Nº 40	10-30	10-30	5-15	12-30
0.075	Nº 200	3-12	5-15	3-9	5-15

* La graduación TIPO B2 se localiza en el rango correspondiente a la máxima densidad de los agregados. Esta graduación ofrece ventajas para su aplicación en proyectos de carreteras con elevada magnitud de carga de diseño. Esta graduación también es adecuada para obtener los mejores resultados en la dosificación de las mezclas de bases estabilizadas con cemento.

La curva de graduación del material de Subbase o Base Trituradas, debe de ser uniforme y de preferencia paralela a la curva de valores medios en los tamices especificados, no aceptándose cambios bruscos entre dos tamices adyacentes.

El porcentaje que pasa el tamiz 0.075 mm (Nº 200), debe ser menor de dos tercios de la fracción que pasa el tamiz 0.425 mm (Nº 40).

(g) Plasticidad y cohesión. El material de Subbase o Base Trituradas, en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el tamiz 0.425 mm (Nº 40), incluyendo el material de relleno, un índice de plasticidad, AASHTO T 90, mayor de 6 para la Subbase ni mayor de 3 para la base, ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25 tanto para la Subbase como para la base, determinados ambos sobre

muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. Cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad para la base puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 6.

(h) Equivalente de arena. El equivalente de arena no debe ser menor de 40, tanto para la Subbase como para la base trituradas, determinado según AASHTO T 176.

(i) Material de relleno. Cuando se necesite agregar material de relleno, en adición al que se encuentra en el material triturado, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, éste debe estar libre de impurezas y consistir en arena, polvo de roca, limo inorgánico u otro material con alto porcentaje de partículas que pasan el tamiz de 2.00 mm (Nº 10).

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

305.04 Producción del material de base. Previamente a la explotación del material, el Contratista debe efectuar la limpia, chapeo y destronque correspondientes en el banco, eliminando la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla y sustancias que puedan contaminar el material de Subbase o base. La trituración debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del agregado. La graduación del material debe lograrse en la planta de trituración. Si fuese necesario agregar material de relleno para ajustarse a los requisitos de graduación o para lograr una cohesión satisfactoria, éste debe mezclarse uniformemente con los otros componentes, en la planta de trituración, antes de apilar el material.

La planta de trituración debe tener un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas que sean necesarias para lograr la granulometría especificada. El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio, sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias, para obtener un material de conformidad con estas Especificaciones Generales.

El material de Subbase o base producido, puede apilarse y almacenarse en el área de la planta o ser acarreado para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo en todo caso ajustarse a lo establecido en la Sección 313.

El Contratista debe además organizar y controlar el tránsito de vehículos, el acarreo de material y mantener los caminos aplacando el polvo para evitar accidentes, todo de acuerdo con lo estipulado en 155.04 de estas Especificaciones Generales.

305.05 Colocación y tendido. El material de Subbase y Base Trituradas debe ser depositado sobre la Subrasante o Subbase, respectivamente, previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo, tendiéndolo con motoniveladora o por medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme

y sin segregación en una sola operación y que lo acondicione en un ancho no menor de 3 metros. El espesor de la capa a tenderse no debe ser mayor de 300 milímetros ni menor de 150 milímetros. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de Subbase o Base Trituradas, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 2 kilómetros para la Subbase y de 4 kilómetros para la base.

305.06 Mezcla. Despues de haberse colocado y tendido el material de Subbase o Base Trituradas, debe procederse a su homogeneización con la humedad adecuada, mezclando el material en todo el espesor de la capa, mediante la utilización de maquinaria y equipo apropiado, pudiéndose efectuar con motoniveladora o cualquier equipo que asegure una mezcla homogénea. En caso de utilizarse equipo especial de tendido, que permita esparcir el material previamente humedecido y sin segregación, no se debe requerir esta mezcla.

305.07 Riego de agua. Previamente a la compactación de la Capa de Subbase o Base Triturada, se debe humedecer adecuadamente el material para lograr la densidad especificada. La humedad de campo se debe determinar secando el material o por el método con carburo, según AASHTO T 217. El humedecimiento del material se puede efectuar en la planta, antes de ser acarreado y tendido, pudiéndose en este caso, proceder a su compactación inmediata. En el caso de que el material se humedezca después de tendido, debe mezclarse mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación especificada. El riego de agua se puede efectuar simultáneamente con la operación de mezcla.

305.08 Conformación y compactación. La Capa de Subbase o Base Triturada se debe conformar ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180, debiéndose efectuar ambas operaciones, dentro de las tolerancias establecidas en 305.09 (c).

La determinación de la densidad máxima se debe efectuar por cada 5,000 metros cúbicos de material de Subbase o Base Trituradas o cuando haya evidencia que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191 o AASHTO T 310. Con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El material de Subbase o Base Trituradas con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar el requisito de valor soporte especificado en 305.03 (a).

Cuando el espesor de la capa a compactar, excede de 300 milímetros, el material debe ser tendido, conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 150 milímetros.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la Subbase o Base Trituradas, en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, indicado en las secciones típicas de pavimentación, con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los valores a usar para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales, que varíen dichos valores, o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.

Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10,000 metros cúbicos de material de Subbase o Base Trituradas, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

305.09 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

(a) Control de calidad de los materiales.

- (1) Valor soporte.** Se debe efectuar un ensayo por cada 500 metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de un banco, hasta llegar a 3,000 metros cúbicos y seguidamente un ensayo cada 5,000 metros cúbicos colocados.
- (2) Abrasión.** En cada banco se debe efectuar tres ensayos del material en su estado original. Durante la producción se debe efectuar un ensayo por cada 2,000 metros cúbicos de material triturado hasta alcanzar los 10,000 metros cúbicos y seguidamente uno cada 5,000 metros cúbicos o cuando cambien las características del banco.
- (3) Caras fracturadas y partículas planas o alargadas.** Se debe efectuar un ensayo cada 100 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos y seguidamente cada 5,000 metros cúbicos colocados.
- (4) Graduación.** En cada banco se debe efectuar un ensayo por cada 50 metros cúbicos en los primeros 1,000 metros cúbicos producidos y seguidamente un ensayo cada 200 metros cúbicos.
- (5) Plasticidad y equivalente de arena.** Se debe efectuar un ensayo cada 1,000 metros cúbicos de material producidos.

(b) Tolerancias de las características de los materiales. Si los ensayos efectuados al material de Subbase o Base Trituradas, no llenan los valores especificados, de cada una de las características indicadas en 305.03, después de efectuar las verificaciones necesarias en tramos con una longitud no mayor de 500 m, si esta condición existe en más del 25% de los ensayos verificados en el tramo, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa, o el material será rechazado.

(c) Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.

(1) Compactación. El Contratista debe de controlar, por medio de ensayos de laboratorio y de campo, la compactación que debe dar al material según la maquinaria y equipo de que dispone para lograr la densidad especificada en 305.08. Se establece una tolerancia en menos, del 2% respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la Capa de Subbase o Base Trituradas. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones. De preferencia el control de compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

(2) Superficie. La conformación de la superficie terminada de la Capa de Subbase o Base Trituradas, debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente; a continuación con una regla graduada, se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la Subbase o base, en sentidos transversal y longitudinal.

No se permiten irregularidades en la superficie mayores de ± 10 milímetros.

(3) Deflexión. El Contratista por medio de un equipo estático, Viga Benkelman (AASHTO T 256 6.2.1.), o usando un dispositivo de carga de impulso o deflectómetro de

Impacto FWD (AASHTO T256 6.2.4.) u otro método técnico reconocido y aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, debe de controlar si la deflexión de la capa de Subbase o base de grava o piedra trituradas conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa indicado en las Disposiciones Especiales.

Si en las Disposiciones Especiales no se establece un valor específico para el proyecto, el valor máximo aceptable de la deflexión medida con Viga Benkelman para la capa de Subbase de grava o piedra triturada es de 2.0 mm y para la capa de base de grava o piedra triturada es de 1.5 mm, respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3.68 m en cualquier dirección. En el caso que se use un Deflectómetro de Impacto del tipo FWD, la deflexión central máxima admisible será de 1.25 mm para la Subbase y 0.9 mm para la capa de base.

El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión, por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de Subbase o base de grava o piedra triturada compactada, previamente a su aceptación.

De preferencia, la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de: derecha, e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con la maquinaria y equipo necesarios para efectuar este control de conformidad con AASHTO T 256 o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

(4) Espesor. El espesor de la Capa de Subbase o Base Trituradas se debe verificar, al efectuar cada ensayo de control de compactación de conformidad con AASHTO T 191, a menos que se hayan autorizado métodos no

destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 400 metros cuadrados, para verificar el espesor.

Se establece una tolerancia en el espesor total compactado de Subbase o de Base Trituradas de ± 10 milímetros, pero el promedio aritmético de los espesores determinados por cada kilómetro no debe diferir en más de 5 milímetros del espesor estipulado en los planos.

(d) Aceptación. La Subbase Triturada se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que se encuentre cubierta por la base y la base triturada se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que ésta se encuentre debidamente imprimada en el ancho total de base triturada, indicado en las secciones típicas de pavimentación.

305.10 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la Capa de Subbase o Base Trituradas, debido a defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la forma siguiente:

(a) Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista.

(1) Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación. Cuando sea necesario corregir áreas que no abarquen la Capa de Subbase o Base Trituradas en el ancho completo, se debe de proceder a escarificar el área previamente delimitada, hasta una profundidad mínima de 100 milímetros, mezclando eficientemente el material con la humedad adecuada, efectuándose la corrección, tendido y compactación hasta que dicha superficie, tanto en el área delimitada como en las áreas adyacentes, cumpla con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para estas operaciones puede usarse motoniveladora, o equipo que sea adecuado para este objeto.

Si los defectos se presentan en todo el ancho de la Capa de Subbase o Base Trituradas, se debe delimitar previamente

la longitud del tramo de corrección y proceder a efectuar las operaciones antes indicadas en el ancho y espesor completos de dicha capa.

(2) Corrección por falta de homogeneidad.

Cuando sea necesario corregir áreas de capas de Subbase o de Base Trituradas, debido a segregación, falta de homogeneidad o compactación insuficiente comprobada, el área previamente delimitada debe escarificarse en una profundidad mínima de 100 milímetros y después de efectuar las correcciones necesarias, se debe mezclar y compactar de nuevo hasta que, tanto el área delimitada, como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para esta operación puede utilizarse mezcladora móvil, motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

(3) Correcciones por diferencias en el espesor.

Cuando se determine que la Capa de Subbase o Base Triturada presenta diferencias en el espesor especificado, fuera de la tolerancia establecida en 305.09 (c) (4), el Contratista a su costa, debe corregir el espesor fuera de la tolerancia en el ancho total de la Subbase o de la Base Trituradas, según la Sección Típica, escarificando una profundidad mínima de 100 milímetros, agregando o removiendo material para obtener el espesor especificado y procediendo a efectuar las operaciones de colocación, tendido, mezcla, riego de agua, conformación y compactación, de acuerdo con lo establecido en 305.05 o 305.08.

(b) Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista. Cuando sea necesario efectuar correcciones a la Capa de Subbase o Base Trituradas, por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe proceder a delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista ya sea a los costos unitarios de

Contrato, o en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra. Cuando, a pesar de haberse llenado todos los requisitos de construcción, el tramo presente una deflexión superior a la especificada, el Delegado Residente deberá ordenar el incremento del espesor de la capa de Subbase o de Base Trituradas, según corresponda.

305.11 Medida.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de Capa de Subbase o Base Trituradas, medidos ya compactados en su posición final en la carretera y satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El volumen de material efectivamente colocado se debe determinar por procedimientos analíticos y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicadas en las secciones típicas de pavimentación, de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

305.12 Pago.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 305.11 y que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la Subbase triturada o imprimados en el caso de la base triturada, al costo unitario de contrato, correspondiente a Capa de Subbase Triturada en la Especificación 305.01 (a) o Capa de Base Triturada en la Especificación 305.01 (b).

En todo caso los costos citados incluyen el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. No se reconocerá ningún pago adicional, por el suministro, acarreo y sobreacarreo de todos los materiales, incluyendo el agua y el material de relleno que se necesite agregar a la Subbase o Base Trituradas, ni por todas las operaciones necesarias para producir el material de Subbase o Base Trituradas

de conformidad con estas Especificaciones Generales. Tampoco se reconocerá pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio, incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución del trabajo, deben estar incluidos en el costo unitario de contrato correspondiente a Capa de Subbase o Base Trituradas.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
CBR	AASHTO T 193
Abrasión	AASHTO T 96
Graduación	AASHTO T 27 y AASHTO T 11
Muestra preparada húmeda	AASHTO T 146
Límite líquido	AASHTO T 89
Índice de plasticidad	AASHTO T 90
Equivalente de arena	AASHTO T 176
Humedad de campo, usando carburo	AASHTO T 217
Compactación	AASHTO T 180 y AASHTO T 191
Deflexión viga Benkelman	AASHTO T 256 6.2.1
Deflectómetro de impacto (FWD)	AASHTO T 256 6.2.4
Deflexión y módulo de superficie, deflectómetro de impacto manual (LWD)	ASTM 2583

SECCIÓN 306
CAPA DE SUBBASE Y BASE
DE RECUPERACIÓN
DEL PAVIMENTO EXISTENTE

- 306.01. Definición.
- 306.02. Descripción.
- 306.03. Requisitos de los materiales.
- 306.04. Escarificación y pulverización del pavimento existente.
- 306.05. Mezcla.
- 306.06. Riego de agua.
- 306.07. Conformación y compactación.
- 306.08. Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 306.09. Correcciones.
- 306.10. Medida.
- 306.11. Pago

306.01 Definición. Es la capa de Subbase o Base obtenida de la recuperación de la capa de rodadura y de la base del pavimento existente en combinación con material de aporte según se establezcan en las Disposiciones Especiales, la cual debe tener el ancho, profundidades, espesores y proporciones indicadas en los planos, ajustándose a los alineamientos, niveles y pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

306.02 Descripción. Este trabajo consiste en la pulverización, homogeneización, humedecimiento, conformación y compactación del material recuperado. Este trabajo también incluye el suministro, transporte y colocación del material de aporte de conformidad con el ancho, profundidades, espesores y proporciones indicadas en los planos, ajustándose a los alineamientos, niveles y pendientes longitudinales y transversales para alcanzar los niveles de la rasante del diseño y completar la Sección Típica correspondiente.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

306.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Material de aporte.** El material de aporte deberá cumplir con los requisitos establecidos en las Secciones 304 o 305, según corresponda y como se establezca en las Disposiciones Especiales.

(b) **Mezcla del material recuperado con el de aporte.** El Contratista debe dimensionar y graduar el material de aporte y combinarlo en forma homogénea con el material recuperado, en las proporciones indicadas en las Disposiciones Especiales, o aprobadas por el Delegado Residente con autorización del Ingeniero para cumplir con todos los requisitos correspondientes a la Sección de Subbase o Base especificada, de conformidad con estas Especificaciones Generales, a menos que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra manera.

Cuando se requiera la ampliación de la carretera, el material de aporte podrá colocarse en franjas a los lados del pavimento existente con un espesor igual al del reciclado o sobre el material reciclado cuando éste haya sido tendido a todo el ancho de la Sección Típica ampliada. Cuando se especifique material de aporte para adecuar la graduación de la mezcla o para incrementar el espesor de la capa, el material de aporte podrá ser tendido sobre la capa recuperada. En ambos casos se deberá asegurar una completa homogeneización del material recuperado con el material de aporte a todo lo ancho de la Sección Típica, salvo que se disponga otra cosa en las Disposiciones Especiales.

306.04 Escarificación y pulverización del pavimento existente. El Contratista debe escarificar y pulverizar el pavimento existente hasta la profundidad indicada en los planos utilizando el equipo específico de recuperación del pavimento o reciclado con un ancho de corte adecuado y con suficiente potencia para pulverizar el pavimento en una sola pasada, según la profundidad establecida. El equipo de recuperación o reciclado del pavimento deberá de estar equipado con un control automático de la profundidad de corte establecida ajustándola en incrementos de 13 milímetros (1/2 pulgada).

El material pulverizado deberá cumplir con una granulometría del 100% para el tamiz de 50 milímetros (2 pulgadas) y el material de sobre tamaño deberá ser procesado o removido fuera de la Sección Típica.

El material debidamente pulverizado deberá ser desplazado por medio de una motoniveladora a un lado de la sección que se está trabajando, de tal manera que se deje descubierta la capa subyacente para identificar, en el ancho descubierto, cualquier área inestable atribuible a exceso de humedad, contaminación de los materiales o compactación

insuficiente. Con el objetivo de identificar dichas áreas, el Delegado Residente ordenará al Contratista el paso de una compactadora de neumáticos u otro vehículo adecuado para este efecto. Las deficiencias detectadas deben ser corregidas a criterio del Delegado Residente con cargo a los renglones correspondientes. Estas operaciones se repetirán desplazando nuevamente el material, para evaluar y corregir las áreas no descubiertas inicialmente. Completadas estas operaciones, el material recuperado deberá tenderse en el ancho indicado en los planos, para proceder a la colocación del material de aporte, si así se especifica.

306.05 Mezcla. El material pulverizado y el material de aporte deberán mezclarse con la humedad adecuada para proceder a su homogeneización y mezcla en todo el espesor y ancho de la capa. Para efectuar estas operaciones se debe utilizar maquinaria y equipo apropiado que asegure una mezcla homogénea.

306.06 Riego de agua. Durante el proceso de tendido, la mezcla del material pulverizado y el de aporte se debe humedecer mezclándose mecánicamente para lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación especificada. La humedad de campo se debe determinar secando el material o por el método con carburo, según AASHTO T 217. El riego de agua se puede efectuar simultáneamente con la operación de mezcla.

306.07 Conformación y compactación. La capa de Subbase o base recuperada se debe conformar ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación. Debe compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180. Ambas operaciones deben efectuarse dentro de las tolerancias establecidas en 306.08 (c).

La determinación de la densidad máxima debe efectuarse por cada 3,000 metros cúbicos de material de Subbase o base recuperada con el material de aporte ya incorporado.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191.

Con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

El material de Subbase o base recuperada con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar el requisito de valor soporte especificado en las Secciones 304 o 305, según le corresponda de conformidad con los planos y Disposiciones Especiales.

Cuando el espesor de la capa a compactar excede de 250 milímetros, el material debe ser tendido, conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 100 milímetros.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la Subbase o base recuperada, en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, indicado en las secciones típicas de pavimentación, con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar si el procedimiento y el equipo utilizado son los adecuados para alcanzar el porcentaje de compactación especificado. Si durante la construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales o se cambie de banco de aprovisionamiento del material de aporte, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.

Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10,000 metros cúbicos de material de Subbase o base recuperada, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

306.08 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

(a) Control de calidad de los materiales.

(1) Valor soporte. Al inicio de las operaciones de recuperación, se debe efectuar un ensayo por cada 500 metros cúbicos de Subbase o

base recuperada con el material de aporte ya incorporado, si éste fuera el caso, hasta llegar a 3,000 metros cúbicos y seguidamente un ensayo cada 5,000 metros cúbicos colocados.

- (2) **Abrasión.** Se debe efectuar un ensayo por cada 20,000 metros cúbicos de material de aporte producido con la graduación especificada.
- (3) **Partículas planas o alargadas.** Se debe efectuar un ensayo cada 100 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos de material de aporte producido y seguidamente cada 5,000 metros cúbicos.
- (4) **Graduación.** En cada banco se debe efectuar un ensayo por cada 50 metros cúbicos en los primeros 500 metros cúbicos de material de aporte producido y seguidamente un ensayo cada 200 metros cúbicos. Adicionalmente, se deberá efectuar un ensayo cada 1,000 metros cúbicos del material recuperado con el de aporte ya mezclado. El Delegado Residente, con la autorización del Ingeniero, podrá ordenar modificaciones en la graduación del material de aporte o las proporciones de mezclado para lograr el cumplimiento de la graduación especificada en los planos o en las Disposiciones Especiales.
- (5) **Plasticidad y equivalente de arena.** Se debe efectuar un ensayo cada 1,000 metros cúbicos de material de aporte producido y un ensayo cada 5,000 metros cúbicos de material mezclado colocado.
- (b) **Tolerancias de las características de los materiales.** Si los ensayos efectuados al material de aporte, no llenan los valores especificados, de cada una de las características indicadas en 306.03 (a), después de efectuar las verificaciones necesarias en lotes o apilamientos no mayores de 1,000 metros cúbicos, si esta condición existe en más del 33% de los ensayos verificados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado

y no se permitirá su incorporación y mezcla con el material recuperado.

- (c) **Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.**
 - (1) **Compactación.** El Contratista debe de controlar, por medio de ensayos de laboratorio y de campo, la compactación que debe dar al material según la maquinaria y equipo de que dispone para lograr la densidad especificada. Se establece una tolerancia en menos del 3% respecto al porcentaje de compactación especificado, para aceptación de la capa de Subbase o base recuperada. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se esté controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones. De preferencia el control de compactación se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.
 - (2) **Superficie.** La conformación de la superficie terminada de la capa de Subbase o base recuperada, debe ser verificada mediante la utilización de un cordel delgado, atado en ambos extremos a la punta de dos varillas de igual altura, cada una de las cuales se coloca directamente sobre trompos de construcción contiguos, transversal y longitudinalmente; a continuación con una regla graduada, se verifica si la altura del cordel es constante sobre la superficie de la Subbase o base recuperada, en sentidos transversal y longitudinal.

No se permiten irregularidades en la superficie mayores de ± 10 milímetros.

(3) Deflexión. El Contratista por medio de un equipo estático, viga Benkelman (AASHTO T 256 6.2.1.), o usando un dispositivo de carga de impulso o Deflectómetro de Impacto FWD (AASHTO T256 6.2.4.) u otro método técnico reconocido y aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, debe de controlar si la deflexión de la capa de Subbase o base recuperada conformada y compactada no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa indicado en las Disposiciones Especiales

Si en las Disposiciones Especiales no se establece un valor específico para el proyecto, el valor máximo de deflexión aceptable para la capa de Subbase recuperada es de 2.0 mm y para la capa de base recuperada es de 1.5 mm, respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3.68 m en cualquier dirección. En el caso que se use un Deflectómetro de Impacto del tipo FWD, la deflexión central máxima admisible será de 1.25 mm para la Subbase y 0.9 mm para la capa de base.

El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión, por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de Subbase o base recuperada compactada, previamente a su aceptación.

La prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, e izquierda del eje.

El Contratista debe contar, según corresponda, con los vehículos y equipo necesarios para efectuar este control de conformidad con AASHTO T 256 o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

(4) Espesor. El espesor de la capa de Subbase o base recuperada se debe verificar, al efectuar

cada ensayo de control de compactación de conformidad con AASHTO T 191, a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 400 metros cuadrados, para verificar el espesor.

Se establece una tolerancia en el espesor total compactado de Subbase o de Base recuperada de ± 10 milímetros, pero el promedio aritmético de los espesores determinados por cada kilómetro no debe diferir en más de 5 milímetros del espesor estipulado en los planos.

(d) Aceptación. La Subbase recuperada se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que se encuentre cubierta por la base; y la base recuperada se debe aceptar, para efectos de pago, hasta que ésta se encuentre debidamente imprimada en el ancho total de base recuperada, indicado en las secciones típicas de pavimentación.

306.09 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la capa de Subbase o Base recuperada, debido a defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la forma siguiente:

(a) Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista.

(1) Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación. Cuando sea necesario corregir áreas que no abarquen la capa de Subbase o Base recuperada en el ancho completo, se debe de proceder a escarificar el área previamente delimitada, hasta una profundidad mínima de 100 milímetros, mezclando eficientemente el material con la humedad adecuada, efectuándose la corrección, tendido y compactación hasta que dicha superficie, tanto en el área delimitada como en las áreas adyacentes, cumpla con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para estas operaciones puede usarse motoniveladora, o equipo que sea adecuado para este objeto.

Si los defectos se presentan en todo el ancho de la capa de Subbase o Base recuperada, se debe delimitar previamente la longitud del tramo de corrección y proceder a efectuar las operaciones antes indicadas en el ancho y espesor completos de dicha capa.

(2) Corrección por falta de homogeneidad.

Cuando sea necesario corregir áreas de capas de Subbase o de Base recuperada, debido a segregación, falta de homogeneidad o compactación insuficiente comprobada, el área previamente delimitada debe escarificarse en una profundidad mínima de 100 milímetros y después de efectuar las correcciones necesarias, se debe mezclar y compactar de nuevo hasta que, tanto el área delimitada, como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales. Para esta operación puede utilizarse mezcladora móvil, motoniveladora o equipo que sea adecuado para este objeto.

(3) Correcciones por diferencias en el espesor.

Cuando se determine que la capa de Subbase o Base recuperada presenta diferencias en la profundidad de recuperación o en el espesor especificado, fuera de la tolerancia establecida en 306.08 (c) (4), el Contratista a su costa, debe corregir el espesor fuera de la tolerancia en el ancho total de la Subbase o de la Base recuperada, según la Sección Típica, escarificando hasta la profundidad de recuperación especificada, agregando o removiendo material para obtener el espesor especificado y procediendo a efectuar las operaciones de colocación, tendido, mezcla, riego de agua, conformación y compactación, de acuerdo con lo establecido en 306.04 a 306.07.

(b) Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista. Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de

Subbase o Base recuperada, por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe proceder a delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista ya sea a los costos unitarios de Contrato, o en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra. Cuando, a pesar de haberse llenado todos los requisitos de construcción, el tramo presente una deflexión superior a la especificada, el Delegado Residente deberá ordenar el incremento del espesor de la capa inmediata superior a la de Subbase o Base recuperada, según corresponda.

306.10 Medida.

- (a)** La medida se debe hacer del número de metros cuadrados del espesor de recuperación especificado, con aproximación de dos decimales, correspondiente al ancho promedio de la Sección Típica a construir indicada en los planos del proyecto, satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El área del material recuperado se debe determinar como el producto del ancho promedio por la longitud del tramo a recuperar y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicadas en las secciones típicas de pavimentación, de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.
- (b)** El suministro y la colocación del material de aporte serán medidos por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, determinado por métodos analíticos sobre la base del área neta comprendida entre la Sección Típica de pavimentación al nivel de la capa recuperada y las secciones originales del pavimento existente. Para el efecto, a las áreas que requieran material de aporte se les debe deducir las áreas del pavimento existente que estén afuera

de los límites de la Sección Típica de construcción al nivel de la capa recuperada. Las secciones originales del pavimento existente serán medidas por medio de secciones transversales como se indica en la Especificación 152.04 (b) usando para el cálculo del volumen el método del promedio de áreas extremas u otro como ahí se indica.

306.11 Pago.

(a) El pago de la operación de recuperación se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en la Especificación 306.10 (a) y cubrirá todas las operaciones de escarificación, pulverización, mezcla del material de aporte, humidificación, homogeneización, conformación y compactación y que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la Subbase recuperada o imprimados en el caso de la base recuperada, al costo unitario

de contrato, correspondiente a capa de Subbase o capa de Base recuperada.

(b) El pago del suministro y colocación del material de aporte se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en 306.10 (b) al costo unitario de contrato del Renglón correspondiente. El costo de las operaciones de mezcla, humidificación, homogeneización, conformación y compactación del material de aporte se debe considerar incluido en 306.11 (a).

No se reconocerá ningún pago adicional por el acarreo de todos los materiales, incluyendo el agua que se necesite agregar a la Subbase o Base recuperada. Tampoco se reconocerá pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio, incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
CBR	AASHTO T 193
Abrasión	AASHTO T 96
Graduación	AASHTO T 27 y AASHTO T 11
Muestra preparada en húmedo	AASHTO T 146
Límite líquido	AASHTO T 89
Índice de plasticidad	AASHTO T 90
Equivalente de arena	AASHTO T 176
Humedad de campo, usando carburo	AASHTO T 217
Compactación	AASHTO T 180 y AASHTO T 191
Deflexión viga Benkelman	AASHTO T 256 6.2.1
Deflectómetro de impacto (FWD)	AASHTO T 256 6.2.4
Deflexión y módulo de superficie, deflectómetro de impacto manual (LWD)	ASTM 2583

SECCIÓN 307

CAPA DE SUBBASE Y BASE ESTABILIZADA

- 307.01 Definición.
- 307.02 Descripción.
- 307.03 Requisitos para los materiales a estabilizar.
- 307.04 Requisitos para los materiales estabilizadores.
- 307.05 Requisitos para el agua.
- 307.06 Requisitos para el material estabilizado.
- 307.07 Requisitos para materiales de curado.
- 307.08 Espesor de la Subbase o base estabilizada.
- 307.09 Determinación del procedimiento de estabilización.
- 307.10 Combinación de varios materiales a estabilizar.
- 307.11 Selección de los materiales a estabilizar.
- 307.12 Requisitos para estabilización con cal o cal con otros estabilizadores.
- 307.13 Requisitos para estabilización con cemento hidráulico, conglomerantes hidráulicos o mezclas con otros estabilizadores.
- 307.14 Requisitos para estabilización con emulsión asfáltica.
- 307.15 Estabilización con compuestos químicos orgánicos e inorgánicos.
- 307.16 Requisitos del clima.
- 307.17 Control de tránsito y mantenimiento.
- 307.18 Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 307.19 Correcciones.
- 307.20 Medida.
- 307.21 Pago

307.01 Definición.

- (a) **Subbase estabilizada.** Es la capa constituida de materiales pétreos o suelos, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización de suelos, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una Subbase integrante de un pavimento, la cual está destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar, la cual debe tener el ancho, espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales, ajustándose a los alineamientos, niveles y pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.
- (b) **Base estabilizada.** Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, polvo de roca, arena y arenas limosas, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante de un pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de Subbase, la cual debe tener el ancho, espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales, ajustándose a los alineamientos, niveles y pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

307.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración de piedra o grava, combinándolas con

material de relleno, polvo de roca, arena y arenas limosas, para formar un material clasificado; el transporte, apilamiento y almacenamiento del material a estabilizar; el aprovisionamiento, transporte, almacenamiento y aplicación de los materiales o productos estabilizadores; la mezcla en planta o en la carretera, según se indique en las Disposiciones Especiales; el transporte, colocación, tendido, conformación y compactación de la mezcla; el curado y la regulación del tránsito, así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias para construir la Subbase o base estabilizada en una o varias capas conforme lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES

307.03 Requisitos para los materiales a estabilizar. Los materiales de Subbase y base granular estabilizada, deben cumplir con lo especificado en la Sección 304 y los materiales de la Subbase y base triturada estabilizada, deben cumplir con lo especificado en la Sección 305. Las especificaciones indicadas anteriormente, se complementan con los siguientes requerimientos:

- (a) **Material a estabilizar para Subbase.** Si se trata de una estabilización con cal se admitirá un índice plástico hasta de 30. Para la estabilización con cemento, se admitirá un índice plástico hasta de 15 y hasta un 70% de material que pase el tamiz 75 μm (Nº 200). Si se trata de una estabilización con material bituminoso, se admitirá un índice plástico hasta de 15 siempre que el producto del índice plástico por el porcentaje que pasa el tamiz 75 μm (Nº 200) sea menor de 72.

(b) Material a estabilizar para base. Los materiales a estabilizar para la capa de base deben cumplir con lo establecido en las Secciones 304 o 305, según corresponda, para formar un material para estabilizar que también llene los requisitos siguientes:

- (1) Abrasión.** La porción de material retenida en el Tamiz 4.75 mm (Nº 4), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 50 a 500 revoluciones. Si en las Disposiciones Especiales se indica expresamente, puede permitirse un porcentaje de desgaste mayor, de acuerdo con las características de los materiales disponibles en el sitio del proyecto.
- (2) Desintegración al sulfato de sodio.** No debe tener una pérdida de peso mayor de 15% al ser sometido a cinco ciclos, en el ensayo efectuado según AASHTO T 104.
- (3) Caras fracturadas y partículas planas o alargadas.** Por lo menos el 50% en peso de las partículas de piedra o grava trituradas, retenidas en el tamiz 4.75 mm (Nº 4), deben de tener una cara fracturada y no más del 20% en peso, pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- (4) Impurezas.** El material a estabilizar debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base estabilizada con cemento puedan causar fallas en el pavimento.
- (5) Graduación.** Los materiales a estabilizar para la capa de base deberán cumplir con las graduaciones establecidas en las Secciones 304 o 305, según corresponda de acuerdo con lo indicado en las Disposiciones Especiales, con la salvedad de que el porcentaje que pasa el Tamiz 75 μm para el caso de la Sección

305 podrá tener un valor máximo del 15%. En carreteras con elevada magnitud de carga de diseño se podrá utilizar una curva granulométrica de máxima densidad Tipo B2 indicada en la Tabla 305-1.

- (6) Plasticidad y equivalente de arena.** La fracción de material a estabilizar que pasa el Tamiz 4.75 mm (Nº 4) incluyendo el material de relleno, no debe tener, en la porción que pasa el Tamiz 0.425 mm (Nº 40), un índice de plasticidad mayor de 10, determinado por el método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25, determinado por el método AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con el método AASHTO T 146. En el caso de estabilización con cemento, el equivalente de arena determinado por el método AASHTO T 176 no debe ser menor de 25 y no debe ser menor de 30 para la estabilización con material bituminoso.
- (7) Peso.** El material a estabilizar debe ser uniforme en calidad y densidad, y su peso unitario determinado según AASHTO T 19, no debe de ser menor de 80 libras/pie cúbico (1,280 kilogramos/metro cúbico).

307.04 Requisitos para los materiales estabilizadores. Los materiales estabilizadores pueden ser cal, conglomerantes hidráulicos, cemento hidráulico, materiales bituminosos y otros productos que llenen los requisitos que se establecen en esta Sección. En los planos y en las Disposiciones Especiales se indicará el tipo de material estabilizador a usar.

- (a) Cal hidratada.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en, COGUANOR NTG 41018, ASTM C 206 y ASTM C 207.
- (b) Lechada de cal.** Puede hacerse con cal hidratada y debe llenar los requisitos siguientes.
 - (1) Composición química.** El contenido de sólidos debe consistir de un mínimo de 87% en masa, de óxidos de calcio y magnesio.

- (2) **Residuo.** El porcentaje por masa del residuo retenido en los tamices indicados, para el contenido de sólidos de la lechada, no debe ser mayor de los límites mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 307-1
Requisitos de graduación para el residuo

Tamaño del tamiz	Porcentaje retenido en masa
3.350 mm	0.2
0.600 mm	4.0

- (3) **Grado de la lechada.** Debe corresponder a uno de los grados siguientes:

a) **Grado 1.** El contenido de sólidos no debe ser mayor de 31% de la masa total de la lechada.

b) **Grado 2.** El contenido de sólidos no debe ser mayor de 35% de la masa total de la lechada. Con contenidos mayores de sólidos, la lechada no puede ser bombeada ni rociada.

(c) **Conglomerantes hidráulicos para estabilización de suelos.** El tipo de conglomerante hidráulico a ser usado, podrá ser del tipo N o R y deberá cumplir con la norma COGUANOR NTG 41098 y NTG 41098 h1.

(d) **Cemento hidráulico.** El tipo de cemento a ser usado deberá cumplir con la Norma COGUANOR NTG 41095 y las especificaciones AASHTO M 85, ASTM C 150/C 150M para cementos Portland ordinarios o ASTM C 595 para cementos hidráulicos mezclados o adicionados. Debiendo usarse una clase de resistencia de 28 N/mm² o mayor.

(e) **Puzolanas naturales o artificiales y cenizas volantes de carbón.** Deben cumplir con lo indicado según ASTM C 618 y en 551.03 (g). Queda terminantemente prohibido el empleo de cenizas volantes producidas por plantas que utilicen compuestos de sodio, amoníaco o azufre para controlar las emisiones de combustión.

- (f) **Emulsiones asfálticas.** Deben llenar los requisitos señalados en la Tabla 307-2.

Tabla 307-2
Requisitos para emulsiones asfálticas

Emulsiones asfálticas	Específicas
· SS-1	AASHTO M 140
· CSS-1	AASHTO M 208
· SS 1h	AASHTO M 140
· CSS 1h	AASHTO M 208

Nota: La temperatura de aplicación de las emulsiones se efectuará entre 20 y 70 grados centígrados.

(g) **Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.** Podrán usarse estabilizadores químicos u otros basados en resinas sintéticas, solos o en combinación con cal, cemento o material bituminoso, como se indique en las Disposiciones Especiales, en los planos o con autorización del Delegado Residente con la aprobación del Ingeniero. El Delegado Residente debe requerir el certificado de calidad extendido por el fabricante o distribuidor, incluyendo los aspectos referentes a la dosificación, procedimientos de aplicación, resistencia y durabilidad del producto.

(h) **Aditivos retardantes del fraguado y endurecimiento.** Para las Subbases o bases estabilizadas con cemento, estos aditivos deben cumplir con los requisitos de 551.05 (b).

307.05 Requisitos para el agua. El agua a usar en las operaciones de estabilización debe ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que puedan ser perjudiciales para la efectividad de la estabilización según el tipo de producto estabilizador utilizado.

El agua debe llenar los requisitos de la norma AASHTO M157 4.1.4. Si la fuente es de un sistema de abastecimiento de agua potable, puede ser utilizada sin necesidad de ensayo previo.

307.06 Requisitos para el material estabilizado. A menos que las Disposiciones Especiales lo indiquen

de otra forma, el material estabilizado debe llenar los requisitos siguientes:

(a) Resistencia.

(1) Resistencia a compresión no confinada. El material de Subbase o base ya estabilizado debe tener una resistencia mínima acorde al espesor de la capa, establecidos ambos en el diseño e indicados en los planos y en las Disposiciones Especiales. Los valores obtenidos durante la construcción, determinados por el método AASHTO T 220 o ASTM D 5102 para cal o, ASTM D 1632 y D 1633 para cemento, según corresponda, no podrán ser menores que los indicados en los planos y en el caso que este valor no esté considerado en los planos, se aplicarán los valores mínimos indicados la Tabla 307-3.

(2) Resistencia a mojado y secado. Los especímenes de material estabilizado con cemento, al someterse a 12 ciclos de humedecimiento y secado de conformidad con AASHTO T 135, no deben de tener una pérdida de peso mayor de 14% para las

Subbases estabilizadas ni mayor de 10%, para las bases estabilizadas.

(3) Estabilidad Marshall. El material de Subbase o Base estabilizado con emulsión debe tener una resistencia mínima acorde al espesor de la capa, establecidos ambos en el diseño y conforme se indique en las Disposiciones Especiales y en los planos. En todo caso, el material de Subbase estabilizado deberá tener una estabilidad Marshall mayor de 2,224 Newtons (500 lb.) y el material de base ya estabilizado deberá tener una estabilidad Marshall mayor de 3,336 Newtons (750 lb.). La compactación de los especímenes para los ensayos indicados anteriormente deberá efectuarse a 50 golpes por cara para la capa de Subbase y a 75 golpes para la capa de base. Para incrementar la resistencia y reducir los daños por la acción del agua, a la emulsión, se le podrá adicionar cemento o cal en forma de lechada en una proporción en el orden del 1% a 1.5% en peso. El ensayo Marshall Modificado se efectuará de conformidad con lo establecido en el manual MS-19 del Instituto de Asfalto.

Tabla 307-3
Requisitos de resistencia a la compresión no confinada

Estabilizador	Resistencia mínima a la compresión		Edad en días	Especificación
	Subbase	Base		
Cal	1.40 MPa	2.00 MPa	28	ASTM D 5102
Conglomerante hidráulico	1.70 MPa	2.40 MPa	7	ASTM D 1633 y NTG 41098
Tipo N				
Conglomerante hidráulico	2.40 MPa	3.50 MPa	7	ASTM D 1633 y NTG 41098
Tipo R				
Cal-puzolana	2.40 MPa	3.50 MPa	7	ASTM C 593
Cal-cemento-puzolana	2.40 MPa	3.50 MPa	7	ASTM D 1633
Cemento-puzolana	2.40 MPa	3.50 MPa	7	ASTM D 1633
Cemento	2.40 MPa	3.50 MPa	7	ASTM D 1633
Estabilizadores químicos	2.40 MPa	3.50 MPa	7	ASTM D 1633

- Las resistencias mínimas indicadas corresponden a materiales de Subbase y base estabilizados.
- Los valores característicos de los de conglomerantes hidráulicos tipo N y R, se pueden consultar en el Cuadro No. 1 de la Norma COGUANOR NTG 41098 para morteros elaborados con arena de sílice de acuerdo con el ensayo ASTM 1633.

La preparación para medir la pérdida de estabilidad por inmersión consistirá en los siguientes pasos:

- a) Se debe mantener los especímenes dentro del molde 24 horas a temperatura ambiente.
- b) Se debe mantener los especímenes 24 horas adicionales afuera del molde.
- c) Posteriormente se deben secar los especímenes al horno a 38 °C durante 24 horas.
- d) A continuación, se deben sumergir en agua, en un recipiente con una presión reducida a 100 milímetros de mercurio durante una hora y luego restablecer gradualmente la presión atmosférica manteniendo el espécimen en saturación hasta completar un período de 2 horas.
- e) Al completar esta secuencia, se procederá a realizar el ensayo de estabilidad Marshall.

El valor de la pérdida de estabilidad por inmersión no deberá ser mayor del 30%, calculada como:

$$\text{Valor de pérdida} = 100 - \frac{\text{Estabilidad saturada}}{\text{Estabilidad seca}} \times 100$$

Por lo menos el 50% de las partículas de agregado deberán quedar recubiertas con material bituminoso, de conformidad con el ensayo por inmersión en agua a 60 °C de la DGC.

- (b) **Plasticidad.** El material de Subbase o Base ya estabilizado con cal o cemento, debe tener un índice de plasticidad determinado por el método AASHTO T 90, no mayor de 4.

307.07 Requisitos para materiales de curado.

- (a) **Requisitos para emulsiones asfálticas de curado.** El tipo, grado y Especificación para el material bituminoso, que se use para riego de curado, debe ser el correspondiente a las emulsiones SS o CSS, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales, de acuerdo con AASHTO M 140 y AASHTO M 208,

respectivamente, con temperaturas de aplicación entre 20° y 70° C.

- (b) **Requisitos para otros materiales de curado.**

Si las Disposiciones Especiales así lo indican, pueden utilizarse otros materiales impermeables para riegos de curado de acuerdo con lo indicado en la Especificación 551.08.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

307.08 Espesor de la Subbase o Base Estabilizada.

El espesor requerido para cada tramo correspondiente debe ser el indicado en los planos, resultantes del diseño del pavimento.

En las Disposiciones Especiales se deben indicar los requisitos de resistencia correspondientes al tipo de estabilización y a los espesores indicados en los planos. Así mismo, al especificar el espesor total de la capa, se deberá indicar el número de capas parciales y su espesor máximo necesario para completar el espesor total de diseño.

El espesor total de la capa de Subbase o Base Estabilizada no podrá ser menor de 100 milímetros ni mayor de 400 milímetros. Si el espesor es mayor a 200 milímetros se deberá compactar en dos capas o más.

307.09 Determinación del procedimiento de estabilización.

Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de la Subbase o Base Estabilizada, en forma continua, el Contratista debe someter para conocimiento y aprobación del Delegado Residente, el procedimiento y la dosificación propuestas para la estabilización y procedimiento de curado de acuerdo con las resistencias requeridas, las características de los materiales y el sistema de estabilización que se establezca en las Disposiciones Especiales. Así mismo debe determinar, si la aplicación del material estabilizador se va a efectuar en planta o en la carretera, a menos que las Disposiciones Especiales o los planos lo indiquen específicamente. En todo caso, el procedimiento debe incluir los resultados de los ensayos de laboratorio correspondientes. En el caso de que se considere necesario evaluar

en el campo el desempeño de la capa de material estabilizado, el Delegado Residente, podrá ordenar la ejecución de un tramo de ensayo de por lo menos 50 metros de longitud antes de iniciar las operaciones de construcción.

La información indicada anteriormente, la debe presentar el Contratista con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones que estime convenientes para su aprobación correspondiente. La información indicada deberá incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- (1) Granulometría del material.
- (2) Hoja técnica del estabilizador utilizado en el diseño.
- (3) Hoja técnica de los aditivos utilizados en el diseño.
- (4) Contenido óptimo de estabilizador (%).
- (5) El valor de resistencia a la compresión no confinada a los 7 o 28 días de edad, según corresponda.
- (6) Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación cuando así corresponda.
- (7) Para estabilizaciones con material bituminoso, se deberán incluir los resultados de Estabilidad Marshall o Marshall modificado, según corresponda, y los resultados de los Ensayos de Pérdida de Estabilidad por Inmersión.

307.10 Combinación de varios materiales a estabilizar. Si para formar el material a estabilizar, se utilizan combinaciones de materiales de varios bancos aprobados, las cantidades de dichos materiales deben ajustarse a las proporciones previamente establecidas por los ensayos de laboratorio, para formar un material a estabilizar, que llene los requisitos de estas Especificaciones Generales.

307.11 Selección de los materiales a estabilizar. Es responsabilidad del Contratista seleccionar los bancos de materiales a estabilizar y someter los

materiales a la aprobación del Delegado Residente, acompañando los resultados de los ensayos de laboratorio que haya efectuado. Esta solicitud debe presentarla antes de utilizar cualquier banco, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones que estime convenientes. La aprobación de los bancos de materiales no exime al Contratista de su responsabilidad de colocar una capa de Subbase o Base Estabilizada que se ajuste a estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. Los bancos de materiales apropiados para uso posterior en la construcción de una capa superior no deben ser utilizados, si en opinión del Delegado Residente es evidente su escasez. Cuando existan alternativas para el uso de varios bancos de material para estabilizar, dentro de condiciones normales de acarreo, el Contratista debe usar el material que proporcione una combinación, que económicamente requiera la menor cantidad de material estabilizador, para llenar los requisitos establecidos en la Especificación 307.06.

307.12 Requisitos para estabilización con cal o cal con otros estabilizadores.

- (a) **Cantidad de aplicación.** La cantidad de cal y otros estabilizadores para estabilización, debe ser ordenada por escrito por el Delegado Residente de conformidad con lo indicado en la Especificación 307.09. Las cantidades de cal pueden variar entre 2% y 6% por peso, del material a estabilizar.
- (b) **Mezcla.** El espesor completo de la capa tendida del material a estabilizar y cal; o cal con otros estabilizadores, debe mezclarse con máquina mezcladora previamente aprobada por el Delegado Residente. La cal no puede dejarse expuesta sin mezclar por un período mayor de 6 horas, debiéndose agregar la cantidad de agua adecuada para efectuar la mezcla y para asegurar la acción química de la cal.

La mezcla del material a estabilizar y el estabilizador puede ser hecha en carretera o en planta. El material ya estabilizado para

Tabla 307-04
Requisitos de graduación de la mezcla final

Tamaño del tamiz	% mínimo en masa de grumos que pasa un tamiz de abertura cuadrada
38.1 mm (1 ½")	100 %
4.75 mm (Nº 4)	50 %

Subbase debe llenar los requisitos de graduación indicados en la Tabla 307-04.

(1) Mezcla en carretera. Cuando la mezcla se haga en carretera, el Contratista puede colocar el material a estabilizar de conformidad con el espesor de diseño de Subbase o Base Estabilizada, tomando en cuenta la reducción en el espesor que se producirá al ser compactado, en los tramos en que la capa anterior haya sido recibida. El material puede ser colocado por volteo en pilas, camellones o con máquina especial esparcidora.

La aplicación del material estabilizador puede hacerse con aplicación en seco o con lechada.

(a) Aplicación en seco. La cal y otros estabilizadores deben esparcirse uniformemente sobre la superficie del material a estabilizar, por medio de equipo distribuidor de tipo de tornillo, caja u otro sistema previamente aprobado por el Delegado Residente. La aplicación no debe efectuarse colocando las bolsas directamente sobre la superficie ni cuando las condiciones del viento obstaculicen su adecuada distribución en la cantidad especificada y ordenada.

El material debe ser regado con agua en cantidad adecuada para su homogeneización.

(b) Aplicación en lechada. La cal y otros estabilizadores pueden ser aplicados en forma de lechada, mezclando previamente la cal y otros aditivos con agua en camio-

nes tanque con agitador y distribuidor, que permitan su aplicación adecuada, en forma de un riego tenue de agua con lechada en suspensión. La lechada de cal y otros estabilizadores deben llenar los requisitos estipulados en la Especificación 307.04 (b).

La distribución se debe efectuar por riegos sucesivos, hasta aplicar la cantidad especificada y ordenada según el grado de lechada, de acuerdo con la Especificación 307.04 (b) (3).

El material tratado debe ser esparcido, mezclado, y homogeneizado, agregándole la cantidad de agua necesaria previo a ser tendido y compactado. El material debe mezclarse por medio de recicladora, mezcladora rotativa, motoniveladora, solas o combinadas, u otro equipo previamente aprobado por el Delegado Residente, hasta desmenuzar todos los grumos.

(2) Mezcla en planta. Cuando la aplicación de la cal y otros estabilizadores se efectúa en planta, ésta debe efectuarse utilizando dosificadora-mezcladora previamente inspeccionada por el Delegado Residente, que produzca una mezcla homogénea con la humedad apropiada. La dosificadora-mezcladora deberá contar con equipo de medición para producir la mezcla en las proporciones por masa, o volumen, de agregados o materiales a estabilizar, cal, cal y otros estabilizadores, y agua en las proporciones autorizadas por el Delegado Residente según lo establecido en la Especificación 307.12 (a).

La proporción de agua a aplicar deberá ser definida para obtener, en el punto de colocación de la mezcla, una humedad del 2% al 3% mayor que la humedad óptima de la mezcla. El transporte de la mezcla deberá efectuarse en unidades que reduzcan la pérdida de humedad, la pérdida de finos y la segregación de los agregados.

- (c) **Tendido del material.** Los materiales ya mezclados deben ser tendidos en capas no mayores de 300 milímetros ni menores de 100 milímetros, sobre la superficie subyacente previamente preparada y aceptada. Si el espesor total requerido de Subbase o Base Estabilizada es mayor de 300 milímetros, debe ser tendido en dos o más capas nunca menores de 100 milímetros cada una, no permitiéndose tender la capa siguiente antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior. El material de Subbase o Base Estabilizada colocado y tendido debe corresponder en cantidad al espesor de capa requerido, en el ancho total establecido en la Sección Típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. Cuando las condiciones de tránsito lo requieran, puede tenderse media sección.
- (d) **Afinamiento y compactación.** La superficie de la capa final de Subbase o Base Estabilizada debe afinarse para ajustarse a los espesores indicados en planos y a las alineaciones horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación, procediéndose a la compactación en dos etapas, la inicial con compactadora liviana de llantas neumáticas no mayor de 70 kN y con rodillo liso sin vibración y la compactación final, con rodillo vibratorio y compactadora pesada de llantas neumáticas, debiendo quedar el nivel de la superficie ya compactada, dentro de las tolerancias establecidas en estas Especificaciones Generales, hasta lograr un mínimo del 98% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 134.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método

AASHTO T 191 o AASHTO T 310. Con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Cuando el espesor a compactar excede de 300 milímetros, el material debe compactarse en dos o más capas nunca menores de 150 milímetros, permitiéndose ejecutar la compactación en media sección cuando el tránsito lo requiera.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la Subbase o Base Estabilizada, el Contratista debe efectuar un tramo de ensayo con las condiciones, equipo, maquinaria y materiales que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los parámetros que deben usarse para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción, ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales, que varíen dichos parámetros o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales o proporciones de mezcla o del material estabilizador, se debe efectuar un nuevo tramo de ensayo.

El material de Subbase o Base Estabilizada con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar los requisitos estipulados en la Especificación 307.06.

- (e) **Curado.** Para el curado se deberá aplicar un sello consistente en una emulsión asfáltica de grado SS o CSS sobre la superficie de la capa final en una cantidad de 0.45 a 0.90 litros por metro cuadrado de superficie. La cantidad exacta será aprobada por el Delegado Residente. Las emulsiones asfálticas deberán cumplir con lo indicado en la Tabla 408-1.

El sello de curado debe ser aplicado dentro de las 48 horas posteriores a la compactación final y en el mismo día en que se completó el afinamiento y la compactación final con rodo metálico. El material estabilizado debe tener el contenido óptimo de humedad, cuando el sello sea aplicado. Este sello no debe ser aplicado

cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los 5 °C.

No se permitirá el curado con agua, a menos que el Delegado Residente lo autorice. Los daños que sufra el sello de curado deben ser reparados inmediatamente por el Contratista, a su costa y de la manera indicada por el Delegado Residente.

La siguiente capa del pavimento se deberá colocar y compactar dentro de los 7 días de haber compactado y acabado la capa anterior, siempre que se haya alcanzado la resistencia suficiente para que no se produzcan fallas o ahueamientos en la misma. Las capas intermedias de una Subbase o Base Estabilizada no deben sellarse.

- (f) **Juntas de construcción.** Para enlazar la operación de cada día con el trabajo terminado el día anterior, en bases o Subbases Estabilizadas con cal, se deberá volver a mezclar una longitud aproximada de 0.5 metros de la capa completada anteriormente antes de procesar secciones adicionales. Se deberá agregar el 50% de la cantidad original de cal al material remezclado.

307.13 Requisitos para estabilización con cemento hidráulico, conglomerantes hidráulicos o mezclas con otros estabilizadores.

- (a) **Cantidad de aplicación.** La cantidad de cemento o conglomerante hidráulico para estabilización, debe cumplir con lo autorizado por escrito por el Delegado Residente de conformidad con lo indicado en la Especificación 307.09 y basándose en los resultados del ensayo de Humedad-Densidad de Mezclas de Suelo Cemento AASHTO T 134 y del ensayo de Mojado y Secado AASHTO T 135.

La cantidad aproximada de cemento debe estar comprendida dentro de un 3% mínimo a un 8% máximo de cemento por peso, respecto al peso del material a estabilizar.

(b) Mezcla.

- (1) **Mezcla en carretera.** El cemento o conglomerante hidráulico debe aplicarse

uniformemente sobre la superficie del material preparado, debiendo efectuarse estas operaciones dentro del tiempo establecido en la Especificación 307.13 (d) (2). El material, en el momento de la aplicación del cemento, debe tener, para que se produzca una mezcla uniforme, un contenido de humedad adecuado, menor que el óptimo de conformidad con el método AASHTO T 134; la humedad de campo debe determinarse, secando el material o por el método usando carburo, de conformidad con AASHTO T 217.

La aplicación del cemento debe efectuarse por medio de maquinaria con equipo distribuidor de tipo de tornillo, caja u otro sistema previamente aprobado por el Delegado Residente. El cemento no debe aplicarse con operación manual, colocando las bolsas sobre la superficie, ni cuando las condiciones del viento obstaculicen su adecuada distribución en la cantidad especificada y ordenada. El cemento que haya sido desplazado de la superficie a tratar debe ser reemplazado antes de empezar a mezclarse. Inmediatamente después de que el cemento ha sido aplicado, debe procederse a efectuar la mezcla, utilizando máquina mezcladora pulverizadora o estabilizadora, previamente aprobadas por el Delegado Residente. La mezcla debe de continuarse sin interrupción hasta que el cemento esté homogéneo e íntimamente mezclado con el material, para prevenir la formación de grumos de cemento cuando se agregue el agua. Inmediatamente después que el material y el cemento se hayan mezclado, debe agregarse agua en cantidad adecuada y proseguir la mezcla en húmedo hasta lograr la homogeneidad y consistencia apropiadas para la compactación.

El agua debe aplicarse utilizando un distribuidor a presión o con la máquina estabilizadora; y el equipo de abastecimiento y distribución de agua, debe ser capaz de

aplicar en menos de 3 horas, la cantidad total para mezclado, en un tramo en construcción.

(2) **Aplicación y mezcla en planta.** La aplicación y mezcla del cemento con el material a estabilizar, debe ser efectuada en planta, cuando las Disposiciones Especiales, así lo establezcan o cuando lo adopta el Contratista en el procedimiento de estabilización aprobado. Para la aplicación y mezcla en planta, debe utilizarse maquinaria dosificadora-mezcladora, que produzca una unión íntima y homogénea entre el material y el cemento, con la humedad apropiada, evitando la formación de grumos. A continuación, se detallan los requisitos para las plantas mezcladoras.

a) **Capacidad e instalaciones.** Las plantas mezcladoras deben ser de capacidad suficiente y de acuerdo con las operaciones establecidas en el procedimiento de estabilización aprobado. Las instalaciones deben proveer suficiente espacio para el almacenamiento y preparación del material a estabilizar, del cemento y para el aprovisionamiento de agua.

Los diversos tamaños de material que indica la fórmula de dosificación deben mantenerse separados, hasta que sean transportados a la unidad dosificadora y mezcladora. El espacio de las instalaciones debe mantenerse limpio y ordenado y el almacenamiento de los materiales y el cemento, con fácil acceso para tomar muestras.

b) **Silo y dosificador de cemento.** La planta debe contar con instalación de silo de conformidad con lo establecido en la Especificación 551.14 (b) (1) b) y unidad dosificadora para el cemento y sus mezclas de conformidad con lo establecido en la Especificación 551.14 (c).

- c) **Instalación de agua.** El suministro de agua debe ser suficiente, debiendo tener un medidor para proporcionarla por peso o por volumen, en la cantidad especificada en la fórmula de dosificación. La descarga de agua en la mezcladora no debe iniciarse antes de que parte del material sea colocado dentro de la misma.
- d) **Zarandas.** Deben ser de capacidad y tamaño suficiente para proporcionar material dentro de la graduación especificada.
- e) **Tolvas.** Deben almacenar material con tal capacidad que asegure la operación de la planta, por lo menos durante 15 minutos sin alimentación a las mismas.
- f) **Dispositivos para dosificar.** Deben permitir la medida de cantidades de material, cemento y agua, por peso o por volumen; estos dispositivos deben permitir su fácil ajuste en cualquier momento, para adaptar el proporcionamiento a la fórmula de dosificación, dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 307.18 (c) (4).
- g) **Unidad mezcladora.** Puede ser del tipo de producción continua o por bachadas, con dispositivo para el control de tiempo de mezclado.
- h) **Requisitos de seguridad.** En todos los lugares de acceso para el control e inspección deben proveerse escaleras seguras con baranda metálica. Todos los engranajes, poleas, cadenas, ruedas dentadas y demás partes móviles, deben ser eficientemente resguardados y protegidos. El espacio destinado a carga de camiones debe estar libre y protegido para permitir la circulación lateral. Deben proveerse todos los dispositivos

- e instrucciones para evitar accidentes a los operadores de la planta.
- i) Calibración de la planta.** Previamente al suministro continuo de mezcla, el Contratista debe proceder, en presencia del Delegado Residente, a efectuar la calibración de la planta, haciendo los ajustes de todas las operaciones para lograr una mezcla conforme la fórmula de dosificación y dentro de las tolerancias establecidas en estas Especificaciones Generales.
- La mezcla debe ser transportada de la planta al lugar de su colocación, por medio de vehículos que reduzcan la pérdida del contenido de humedad y eviten la segregación y la pérdida de material fino, según haya sido determinado en el procedimiento de estabilización aprobado y dependiendo de los requisitos de tiempo, establecidos en la Especificación 307.13 (d).
- (c) Tendido.** Los materiales ya mezclados deben ser tendidos en capas no mayores de 300 milímetros ni menores de 150 milímetros, sobre la superficie subyacente previamente preparada y aceptada. Si el espesor total requerido de Subbase o Base Estabilizada es mayor de 300 milímetros, debe ser tendido en dos o más capas nunca menores de 150 milímetros cada una, no permitiéndose tender la capa siguiente antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior. El material de Subbase o Base Estabilizada colocado y tendido debe corresponder en cantidad al espesor de capa indicado en los planos u ordenado por el Delegado Residente, en el ancho total establecido en la Sección Típica de Pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. Cuando las condiciones del tránsito lo requieran, puede tenderse media sección.
- (d) Requisitos de tiempo para las operaciones de estabilización con cemento hidráulico.**
- (1) Durante el proceso de estabilización en todas sus etapas, el material estabilizado, no debe permanecer sin disturbar más de 30 minutos.
- (2) Entre la aplicación del agua a la mezcla y la terminación de la conformación y la compactación inicial, no deben transcurrir más de 2 horas, para las operaciones correspondientes a un mismo tramo. Asimismo, no deben de transcurrir más de 2 ½ horas desde la aplicación del agua a la mezcla, para completar el afinamiento y la compactación final, hasta lograr una superficie firme, con textura libre de laminaciones y material suelto.
- (e) Afinamiento y compactación.** El equipo de compactación debe producir la compactación requerida dentro de los límites de tiempo establecidos en el inciso (d) anterior.
- La superficie de la capa final de Subbase o Base Estabilizada debe afinarse para ajustarse a los espesores indicados en planos y a las alineaciones horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación. El nivel de la superficie ya compactada debe quedar dentro de las tolerancias establecidas en estas Especificaciones Generales, hasta lograr un mínimo del 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 134.
- La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191 o AASHTO T 310. Con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.
- Cuando el espesor a compactar excede de 300 milímetros, el material debe compactarse en dos o más capas nunca menores de 150 milímetros, permitiéndose ejecutar la compactación en media sección cuando el tránsito lo requiera.
- Antes de iniciar las operaciones de construcción de la Subbase o Base Estabilizada

con cemento hidráulico, el Contratista debe efectuar un tramo de ensayo con las condiciones, equipo, maquinaria y materiales que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los parámetros que deben usarse para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción, ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales, que varíen dichos parámetros o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales o proporciones de mezcla o del material estabilizador, se debe efectuar un nuevo tramo de ensayo.

El material de Subbase o Base Estabilizada con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar los requisitos de resistencia a la compresión no confinada estipulados en la Especificación 307.06.

- (f) **Microfisuración.** Cuando las Disposiciones Especiales del proyecto así lo indiquen de conformidad con las indicaciones de la Portland Cement Association, se efectuará la prefisuración o microfisuración de la capa de Subbase o Base Estabilizada con cemento. El proceso de microfisuración se efectúa con tres pasadas completas (ida vibrando y regreso sin vibrar) del mismo rodo vibratorio usado para la compactación o usando un rodo vibratorio de 12 toneladas mínimo, los rodos vibratorios deberán operar a la amplitud máxima y a una velocidad entre 3 y 5 km/h. Despues de completado este proceso, la capa de Subbase o Base Estabilizadas con cemento deben de ser curadas mediante aspersión de agua o aplicando el procedimiento de curado que se indica más adelante.

Los resultados del proceso de microfisuración se podrán evaluar mediante la determinación de la reducción del módulo de resiliencia promedio de la capa de Base o Subbase Estabilizada antes y después del proceso de microfisuración utilizando un deflectómetro de impacto (FWD) o un deflectómetro liviano de impacto (LWD)

- (g) **Curado.** La Subbase o Base Estabilizada con cemento debe ser cubierta con un sello de emulsión asfáltica, grado SS-1 o CSS-1.

La emulsión asfáltica para el sello debe ser diluida y completamente mezclada con agua adicional a una razón de una parte de agua por cada parte de emulsión asfáltica. El agua adicionada debe ser de tal calidad que no cause separación prematura de la emulsión. El sello de emulsión asfáltica diluida debe aplicarse en una cantidad de 0.9 a 1.4 litros por metro cuadrado de superficie. La cantidad exacta debe ser determinada por el Delegado Residente.

El sello de curado debe ser aplicado el mismo día que se ejecutó la compactación final y tan pronto como sea posible después de terminada dicha compactación final. Se debe mantener húmeda la superficie hasta que se aplique el sello de curado.

Los daños que sufra el sello de curado o la Subbase o Base Estabilizada con cemento deben ser reparados inmediatamente por el Contratista, a su costa y de acuerdo con las indicaciones dadas por el Delegado Residente. Se debe remover todo el material suelto existente en la superficie de la capa antes de colocar la siguiente capa del pavimento.

- (h) **Juntas de construcción.** Por razones del fraguado del cemento, deben tratarse y construirse especialmente las juntas, debiéndose efectuar junta longitudinal, cuando por las condiciones del tránsito no puede construirse el ancho completo de la base estabilizada y junta transversal en la unión, del final y principio de las operaciones de cada día de trabajo. Estas juntas deben tratarse cortando verticalmente y tallando la orilla, o bien usando formaletas de madera o metálicas.

Antes de iniciar las operaciones de cada capa adyacente, debe humedecerse la superficie de la junta, para mejorar la adherencia entre las capas.

307.14 Requisitos para estabilización con emulsión asfáltica.

- (a) **Cantidad de aplicación.** La cantidad de emulsión asfáltica que debe aplicarse, debe ser indicada por orden escrita del Delegado Residente de conformidad con lo indicado en la Especificación 307.09. La cantidad de emulsión asfáltica puede variar entre 4 y 8% y, al utilizar asfaltos rebajados, entre 3.5 a 7.5% con respecto al peso seco del material a estabilizar, a menos que se indique de otra forma en las Disposiciones Especiales.

Cuando se utiliza el sistema de riegos, indicado en la Especificación 307.14 (b) (1), cada aplicación no debe exceder de 2 litros (0.53 galones) por metro cuadrado.

- (b) **Mezcla.** La mezcla del material a estabilizar con la emulsión asfáltica puede ser hecha en carretera o en planta.

- (1) **Aplicación y mezcla en la carretera por riegos.** En el caso que las Disposiciones Especiales autoricen expresamente la mezcla en carretera, el espesor total de diseño de la capa de Subbase o Base Estabilizada indicado en los planos deberá ser trabajado en capas no mayores de 150 milímetros ni menores de dos veces el tamaño máximo del agregado. Cada capa se trabajará en dos o tres subcapas en un número acorde al espesor de la misma como se indica a continuación.

La aplicación de las emulsiones asfálticas, como material estabilizador, debe ser efectuada después de que el material a estabilizar haya sido preparado con un contenido de humedad ligeramente mayor al requerido en el diseño de la mezcla. El material una vez humedecido será colocado en un camellón a un lado del área de trabajo.

Los materiales por estabilizar serán trabajados en las subcapas mencionadas anteriormente, extendiendo una parte del material del camellón colocado a un

lado del área de trabajo, y efectuando el riego a presión del material bituminoso con camión distribuidor a la temperatura que corresponda al tipo de estabilizador empleado, en la fracción que corresponda según el número de subcapas que se vayan a trabajar. En cada riego de material bituminoso, la motoniveladora debe voltear completamente el material hasta que la mezcla sea uniforme, procediéndose a continuación a efectuar un nuevo riego, hasta completar la dosificación requerida. Seguidamente se deberá extender la siguiente subcapa procediendo en la forma descrita anteriormente, hasta completar el espesor de la capa.

Completadas estas operaciones, se procederá a la mezcla del espesor completo de la capa hasta que dicha mezcla tenga una apariencia uniforme. El proceso de estabilización de cada capa deberá de ser completado, incluyendo su compactación, antes de iniciar los trabajos correspondientes a la siguiente capa, si ese fuere el caso.

- (2) **Aplicación y mezcla en la carretera por mezcladora móvil o estabilizadora.** La aplicación de la emulsión asfáltica puede ser efectuada por medio de planta mezcladora móvil o máquina estabilizadora, equipadas con sistema acoplado de tanque alimentador de material bituminoso; efectuándose previamente, el esparcimiento del material en capas de espesor uniforme. El espesor total de diseño de la capa de Subbase o Base Estabilizada indicado en los planos deberá ser trabajado en capas no mayores de 150 milímetros ni menores de dos veces el tamaño máximo del agregado. En este caso no se requerirá la mezcla de material bituminoso en subcapas.

- (3) **Aplicación y mezcla en planta.** La emulsión asfáltica puede ser aplicada en planta, si así lo establece el procedimiento de estabilización determinado según la Especificación

307.09 o lo autorice el Delegado Residente. La aplicación debe efectuarse utilizando máquina dosificadora y mezcladora estacionaria que tenga equipo para controlar de una manera exacta el peso o volumen del material que se introduzca en la mezcladora. Los controles de alimentación del material a estabilizar, del material bituminoso y del agua, en el caso de utilizar emulsiones asfálticas, deben estar interconectados para asegurar una introducción uniforme de los mismos dentro de la mezcladora.

El material por estabilizar y el agua, si se utilizan emulsiones asfálticas, deben ser introducidos en la mezcladora antes que la emulsión asfáltica. En este caso, el contenido líquido total (emulsión asfáltica y agua) debe ser ajustado de manera que, a la hora de compactar, el mismo esté dentro del 2 por ciento del contenido óptimo de humedad. Al haber completado la aplicación de la proporción correspondiente de la emulsión asfáltica y agua, las partículas deben ser mezcladas hasta que queden uniformemente recubiertas. Sin embargo, la mezcla no deberá exceder de lo necesario para evitar el desvestimiento de las partículas o la rotura prematura de la emulsión asfáltica.

El material ya mezclado debe ser transportado en camiones de volteo adecuados y ser colocado en camellones o montones o por medio de máquina esparcidora sobre la superficie de la capa inferior previamente preparada que corresponda.

- (c) **Aireación.** Cuando la fracción del material a estabilizar que pasa el tamiz 200 sea mayor de 2%, se requerirá la aireación de la mezcla. Esto se podrá efectuar como parte del proceso de mezcla en carretera o previo al tendido y compactación de las mezclas elaboradas en planta.

El tiempo de aireación es variable según las características de los materiales y condiciones del clima, por lo que éste debe

ser determinado previamente, por medio de ensayos de laboratorio y de campo, sometidos a la aprobación del Delegado Residente.

Las mezclas deberán de ser sometidas a un proceso de aireación moviendo lateralmente con la cuchilla de la motoniveladora los camellones del material estabilizado, o usando cualquier otro método autorizado por el Delegado Residente.

En el proceso de estabilización con emulsiones asfálticas, la aireación, se deberá hacer hasta que el contenido de humedad total se haya reducido entre el 2% y el 5% del usado durante la mezcla o que la emulsión empiece a romper, lo cual se evidencia por un notorio cambio de color, de marrón a negro. En este momento se deberá comenzar en forma inmediata el proceso de compactación.

Cuando la fracción del material a estabilizar que pasa el tamiz 200 sea menor de 2%, no se requerirá la aireación.

- (d) **Tendido.** Los materiales, ya mezclados y aireados, deben ser tendidos en capas no mayores de 150 milímetros, sobre la superficie subyacente previamente preparada y aceptada. Si el espesor total requerido de Subbase o Base Estabilizada es mayor de 150 milímetros, debe ser tendido en dos o más capas no permitiéndose tender la capa siguiente antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior. El material de Subbase o Base Estabilizada colocado y tendido debe corresponder en cantidad al espesor de capa indicado en los planos u ordenado por el Delegado Residente, en el ancho total establecido en la Sección Típica de Pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación. Cuando las condiciones de tránsito lo requieran, puede tenderse media sección.

- (e) **Afinamiento y compactación.** La superficie final de la capa de Subbase o Base Estabilizada debe afinarse para ajustarse al espesor indicado en planos y a las alineaciones horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación. El nivel

de la superficie ya compactada debe quedar dentro de las tolerancias establecidas en estas Especificaciones Generales, hasta lograr el 98% de la densidad Marshall determinada por el método AASHTO T 245, según la compactación efectuada que se indica en la Especificación 307.06 (a) (3).

La compactación se deberá efectuar desde los lados hacia el centro, en dirección paralela a la línea central de la carretera.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el método AASHTO T 191, AASHTO T 310 o métodos no nucleares de medición de impedancia eléctrica ASTM D7698. Con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Cuando el espesor a compactar exceda de 300 milímetros, el material debe compactarse en dos o más capas nunca menores de 150 milímetros, permitiéndose ejecutar la compactación en media sección cuando el tránsito lo requiera.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de la Subbase o Base Estabilizada, el Contratista debe efectuar un tramo de ensayo con las condiciones, equipo, maquinaria y materiales que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar los parámetros que deben usarse para la evaluación de la compactación. Si durante la construcción, ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales, que varíen dichos parámetros o se cambie de bancos de aprovisionamiento de los materiales o proporciones de mezcla o del material estabilizador, se debe efectuar un nuevo tramo de ensayo.

El material de Subbase o Base Estabilizada con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar los requisitos de estabilidad Marshall y no exceder el límite de pérdida de estabilidad por inmersión estipulados en la Especificación 307.06.

- (f) **Curado de la mezcla.** Según el tipo y grado de material bituminoso utilizado, la superficie de cada capa compactada debe dejarse descubierta durante un período de entre 2 y 5 días antes de proceder a la colocación de la siguiente capa. Cuando sea necesario mantener el tránsito sobre la capa se deberá efectuar un riego de material secano consistente en una arena de río o arena volcánica secas con una graduación de 100% pasa tamiz 4.75 mm (No. 4) en una proporción de entre 3 y 5 Kg/m².

307.15 Estabilización con compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. Cuando de conformidad con la Especificación 307.04 (g) se haya aprobado el uso de este tipo de estabilizadores en sustitución o como complemento de los productos estabilizadores (cal, cemento o emulsiones asfálticas), su uso estará regido por los mismos procedimientos, requerimientos y especificaciones de resistencia establecidos para los materiales estabilizados correspondientes a los productos estabilizadores que sustituyan o complementen.

Se admitirán modificaciones en los procedimientos de aplicación del producto estabilizador y mezclado cuando de acuerdo con las características de dicho producto estabilizador y de conformidad con las especificaciones del fabricante sea necesario aplicar técnicas especiales, las cuales deben de ser aprobadas por el Delegado Residente.

307.16 Requisitos de clima. Para todos los procedimientos de estabilización, no se permite efectuar aplicación de material estabilizador en la carretera ni el esparcimiento de la mezcla efectuada en planta, cuando la temperatura sea menor de 10 °C, cuando esté lloviendo o cuando la humedad excesiva de los suelos altere la efectividad del material estabilizador o la uniformidad de la mezcla.

307.17 Control de tránsito y mantenimiento.

- (a) **Control de tránsito.** Durante todas las operaciones de construcción de la Subbase o Base Estabilizada, el Contratista debe de controlar el tránsito, señalizando, dirigiendo y controlando la velocidad para evitar accidentes y deterioro del

trabajo efectuado, de acuerdo con lo estipulado en la Sección 155.

- (b) **Mantenimiento.** El Contratista debe de mantener la Subbase o Base Estabilizada, hasta que se coloque sobre ésta la capa inmediata superior de la estructura del pavimento. El mantenimiento incluye la limpieza y las correcciones de todos los desperfectos, baches, grietas, descascarados y laminaciones que se produzcan en la superficie.

307.18 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

(a) **Control de calidad en características de los materiales.**

- (1) **Compresión no confinada.** Se debe tomar una muestra para ensayo por cada 500 metros cúbicos de los primeros 5,000 metros cúbicos de mezcla de Subbase o Base Estabilizada con cal o cemento colocada. Seguidamente, un ensayo por cada 1,000 metros cúbicos para mezcla en planta o en carretera o cuando cambien las características de los materiales.
- (2) **Estabilidad Marshall.** Se debe tomar una muestra para ensayo por cada 400 metros cúbicos de los primeros 4,000 metros cúbicos de mezcla de Subbase o Base Estabilizada con emulsión asfáltica colocada. Seguidamente, un ensayo por cada 800 metros cúbicos para mezcla en planta o en carretera o cuando cambien las características de los materiales.
- (3) **Cal hidratada, cemento, conglomerantes hidráulicos.** El Contratista debe presentar certificado de calidad y resultado de ensayos de laboratorio de los productos que utiliza, por cada 750,000 kilogramos.
- (4) **Emulsión asfáltica.** Se debe tomar una muestra según AASHTO T 40 por cada 100,000 galones, para controlar si cumple con los requisitos especificados del tipo y grado correspondiente.

(5) **Agua.** Cada vez que se cambie de fuente de aprovisionamiento, se debe tomar una muestra para verificar el cumplimiento de las normas de calidad del agua, indicadas en la Especificación AASHTO M 157 4.1.4.

(6) **Contenido de material estabilizador.** Se debe mantener un control constante durante el proceso de estabilización, que las cantidades de material estabilizador correspondan con la dosificación aprobada por el Delegado Residente conforme se establece en la Especificación 307.09 y se deberán efectuar comprobaciones diarias o por tramo trabajado que la cantidad total de material estabilizador corresponda con el volumen total trabajado.

(b) **Tolerancias en las características de los materiales.** Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilizan en todo el proceso de construcción de la Subbase o Base Estabilizada, no llenan los valores especificados, para cada una de las características indicadas, según el caso, para las Especificaciones 307.03, 307.04, 307.05, 307.06 y 307.07; después de efectuar las verificaciones necesarias, si esta condición persiste en más del 25% de los ensayos realizados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa, o el material será rechazado.

(c) **Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.**

(1) **Tolerancias en compactación.** El Contratista debe de controlar por medio de ensayos de laboratorio y de campo, la compactación que debe dar al material según el equipo de que dispone, para lograr la densidad especificada. Se establece una tolerancia en menos, del 2% respecto al porcentaje de compactación estipulado para cada tipo de estabilizador de que se trate, para la aceptación de la capa de Base o Subbase Estabilizada. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de cada una de las capas que

se compacten. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones.

De preferencia el control de compactación se debe hacer entre las orillas interiores de la capa de Subbase o Base Estabilizada, a una distancia no menor de 1 metro del borde y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

(2) Tolerancias de superficie. No se aceptan irregularidades mayores de 10 milímetros en exceso de la cota de superficie ordenada para la Subbase o Base Estabilizada. No se aceptan tolerancias en defecto, a menos que el Contratista las llene a su costa, con el material de la capa inmediata superior.

(3) Tolerancias en la deflexión. El Contratista por medio de un equipo estático, Viga Benkelman (AASHTO T 256 6.2.1.), o usando un dispositivo de carga de impulso o Deflectómetro de Impacto FWD (AASHTO T256 6.2.4.) u otro método equivalente, aprobado por el Delegado Residente o establecido en las Disposiciones Especiales, debe de controlar si la deflexión de la capa de Subbase o Base Estabilizada conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima aceptable para dicha capa indicado en las Disposiciones Especiales.

El Contratista debe efectuar un ensayo de deflexión por cada 400 metros cuadrados en la superficie de la capa de Subbase o Base Estabilizada, previamente a su aceptación.

La deflexión máxima medida con viga Benkelman en la Subbase Estabilizada con cal, conglomerante hidráulicos, cemento o emulsión asfáltica, no debe ser mayor de 1.8 milímetros, y para la base estabilizada con cal, conglomerantes hidráulicos, cemento

o emulsión asfáltica, no debe ser mayor de 1.3 milímetros, ambas con respecto a un punto dado a una distancia no mayor de 3.68 metros en cualquier dirección. Estos valores se aplicarán a menos que se establezca de otra manera en las Disposiciones Especiales.

Cuando las deflexiones sean medidas con deflectómetro de impacto (FWD) los valores indicados anteriormente se reducen a 1.0 milímetros para la Subbase estabilizada y a 0.80 milímetros para la base estabilizada.

De preferencia el ensayo de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con los vehículos y equipo necesarios para efectuar este control, con el método anteriormente indicado o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

(4) Tolerancias en la aplicación del material estabilizador. Para efectos de pago, solo se aceptan variaciones no mayores del 5.0% de la cantidad ordenada, para estabilizaciones con cal, cemento, emulsión asfáltica u otros productos químicos orgánicos e inorgánicos, aprobada por el Delegado Residente, según lo establecido en la Especificación 307.09.

(d) Aceptación. La aceptación de la capa de Subbase o Base Estabilizada se debe efectuar hasta que ésta se encuentre en el ancho total indicado en las secciones típicas de pavimentación, debidamente cubierta con la capa inmediata superior de la estructura del pavimento.

No se permite que la capa de Subbase o Base Estabilizada quede sin cubrir, en una longitud mayor de 2 kilómetros.

307.19 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la capa de Subbase o Base Estabilizada, por defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la forma siguiente:

(a) Correcciones por defectos de construcción

imputables al contratista. Cuando sea necesario corregir áreas de la capa de Subbase o Base Estabilizada, por no cumplir con los requisitos de estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales dentro de las tolerancias establecidas, el Contratista, a su costa, debe proceder a eliminar el material en el área delimitada, en el espesor total de capa correspondiente y sustituirlo por material estabilizado que llene estas Especificaciones Generales. El material adyacente al área corregida debe permanecer llenando los requisitos de estas Especificaciones Generales.

(b) Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista.

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de Subbase o Base Estabilizada, por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe proceder a delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se pagará al Contratista ya sea a los costos unitarios de contrato, o en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

307.20 Medida.

(a) Capa de Subbase o Base Estabilizada.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, medidos ya compactados en su posición final, de capa de Subbase o Base Estabilizada, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El volumen debe determinarse por procedimientos analíticos basándose en el espesor promedio efectivamente colocado y dentro de los límites y ancho indicados en las secciones típicas de pavimentación y alineaciones horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

(b) Material estabilizador.

(1) Cal, cemento, conglomerantes hidráulicos.

La medida de estos materiales estabilizadores se debe hacer del número de kilogramos, con aproximación de dos decimales, ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

(2) Emulsiones asfálticas. La medida se debe

hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15.6° C, con aproximación de dos decimales, de emulsiones asfálticas sin diluir para estabilización, ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

(3) Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos. Para el caso

de los estabilizadores suministrados en estado líquido, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, suministrados en forma de concentrado sin diluir, y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, la medida se debe hacer del número de kilogramos con aproximación de dos decimales. En ambos casos, esta medida corresponderá a la cantidad de material estabilizador ordenada, realmente incorporada a la obra y aceptada dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

(c) Materiales para curado.

(1) Emulsiones asfálticas. La medida se debe

hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6° C, con aproximación de dos decimales, de emulsiones asfálticas sin diluir para curado, ordenados, realmente

aplicados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias y requisitos estipulados en la Sección 551.

- (2) Otros materiales para curado.** Cuando de conformidad con la Especificación 307.07 (b), se utilicen otros materiales impermeables para curado, la medida se debe hacer, tal como se indique en las Disposiciones Especiales.

307.21 Pago.

- (a) Capa de Subbase o Base Estabilizada.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en la Especificación 307.20 (a) satisfactoriamente construidos como lo establecen estas Especificaciones Generales y debidamente cubiertos con la capa inmediata superior de la estructura del pavimento, al costo unitario de contrato, correspondiente a la capa de Subbase estabilizada según la Especificación 307.01 (a) o Base Estabilizada según la Especificación 307.01 (b).

(b) Material estabilizador.

- (1) Cal, cemento, conglomerantes hidráulicos.** El pago de estos materiales estabilizadores se debe hacer del número de kilogramos, medidos como se indica en la Especificación 307.20 (b) (1) ordenados y realmente incorporados en la capa de Subbase o Base Estabilizada, dentro de las tolerancias estipuladas en la Especificación 307.18 (c) (4), como lo establecen estas Especificaciones Generales, a los costos unitarios de contrato, correspondiente a Cal, Cemento o Conglomerantes Hidráulicos, según el caso.

- (2) Emulsiones asfálticas.** El pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6° C, medidos como se indica en la Especificación 307.20 (b) (2), ordenados y realmente incorporados en la capa de

Subbase o Base Estabilizada dentro de las tolerancias estipuladas en la Especificación 307.18 (c) (4), como lo establecen estas Especificaciones Generales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Emulsiones Asfálticas.

- (3) Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.** Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido, el pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, el pago se debe hacer del número de kilogramos, ambos medidos como se indica en la Especificación 307.20 (b) (3) ordenados y realmente incorporados en la capa de Subbase o Base Estabilizada, dentro de las tolerancias estipuladas en la Especificación 307.18 (c) (4), como lo establecen estas Especificaciones Generales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Estabilizadores Químicos Orgánicos e Inorgánicos.

(c) Materiales para curado.

- (1) Emulsiones asfálticas.** El pago se debe hacer por el número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6° C, medidos como se indica en la Especificación 307.20 (c) (1) ordenados y realmente aplicados sobre la capa de Subbase o Base Estabilizada, dentro de las tolerancias estipuladas en la Sección 551, como lo establecen estas Especificaciones Generales y al costo unitario de contrato, correspondiente a Emulsiones Asfálticas para Curado.

- (2) Otros materiales para curado.** El pago se debe hacer de conformidad con la medida indicada en la Especificación 307.20 (c) (2), ordenados y realmente aplicados sobre la capa de Subbase o Base Estabilizada, dentro de las tolerancias y demás requisitos que se

establezcan en las Disposiciones Especiales y al costo unitario de contrato, correspondiente a Otros Materiales para Curado.

Estos costos incluyen el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por todos los materiales que sea necesario utilizar, ya sea solos o combinados, para construir la capa de Subbase o Base Estabilizada, de conformidad con estas Especificaciones Generales, ni por el acarreo de los mismos; no se reconoce pago adicional por el suministro, acarreo y aplicación de agua en todas las operaciones de estabilización incluyendo el curado. Tampoco se reconocerá el pago por el suministro, acarreo y aplicación de los acelerantes o los retardantes del fraguado; ni por las operaciones que sea necesario efectuar para la obtención y utilización de los materiales. Tampoco se reconoce pago extra por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de las deflexiones, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos deben estar incluidos en los correspondientes costos unitarios de Contrato.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Graduación	AASHTO T 27 AASHTO T 11	Clasificación de suelos	AASHTO M 145
Límite líquido	AASHTO T89	Cemento hidráulico	COGUANOR NTG 41095 AASHTO M 85
Índice plástico	AASHTO T 90	Emulsiones aniónica	AASHTO M 140
Equivalente de arena	AASHTO T 176	Emulsiones catiónicas	AASHTO M 208
Compactación	AASHTO T 180 AASHTO T 134 AASHTO T 191	Agua	AASHTO M 157 4.1.4
Resistencia a compresión suelo-cal	AAHTO T 220	Conglomerantes hidráulicos	COGUANOR NTG 41098
Resistencia a compresión	ASTM D 1632	Cal hidratada	COGUANOR NTG 41018 ASTM C 206 ASTM C 207
Subbase o base estabilizada con cemento	ASTM D 1633		
Estabilidad Marshall	AASHTO T 245		
Humedad de campo usando carburo	AASHTO T 217		
Mojada y secada, Subbase o base estabilizada con cemento	AASHTO T 135		
Deflexión viga Benkelman	AASHTO T 256 6.2.1		
Deflectómetro de impacto (FWD)	AASHTO T 256 6.2.4		
Deflexión y módulo de superficie, deflectómetro de impacto manual (LWD)	ASTM E 2583		

SECCIÓN 308

CAPA DE BASE DE SUELO CEMENTO

- 308.01. Definición.
- 308.02. Descripción.
- 308.03. Requisitos para los suelos a estabilizar.
- 308.04. Requisitos para el cemento hidráulico y otros materiales.
- 308.05. Requisitos para el agua.
- 308.06. Requisitos para la mezcla del suelo cemento.
- 308.07. Requisitos para materiales de curado.
- 308.08. Espesor de la base de suelo cemento.
- 308.09. Determinación del procedimiento de estabilización.
- 308.10. Combinación de varios materiales a estabilizar.
- 308.11. Selección de los materiales a estabilizar.
- 308.12. Requisitos para la estabilización de la capa de base de suelo cemento.
- 308.13. Uso de productos químicos orgánicos e inorgánicos.
- 308.14. Requisitos del clima.
- 308.15. Control de tránsito y mantenimiento.
- 308.16. Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 308.17. Correcciones.
- 308.18. Medida.
- 308.19. Pago.

308.01 Definición.

(a) **Base de suelo cemento.** Es la capa formada por la combinación de suelos selectos generalmente de origen volcánico compuestos por pómex o arenas de río, incluyendo gravas en estado natural existentes en dichos suelos y cemento hidráulico, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante de un pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la Capa de Subbase, la cual debe tener el ancho, espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales, ajustándose a los alineamientos, niveles y pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

308.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención y explotación de bancos; el cribado de piedra o grava, cuando sea necesario, para formar un material clasificado; el transporte, apilamiento y almacenamiento del suelo a estabilizar; el aprovisionamiento, transporte, almacenamiento y aplicación del cemento; la mezcla en planta o en la carretera, según se indique en las Disposiciones Especiales; el transporte, colocación, tendido, conformación y compactación de la mezcla; el curado y la regulación del tránsito, así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias para construir base de suelo cemento en una o varias capas conforme lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES**308.03 Requisitos para los suelos a estabilizar.**

Los suelos por estabilizar deberán ser materiales seleccionados provenientes de bancos aprobados por el Delegado Residente para ser utilizados, ya sea en su estado natural o mezclando varios de ellos. Los suelos o la combinación de éstos que integren el material a estabilizar deben llenar los requisitos siguientes:

- (a) **Plasticidad.** El suelo por estabilizar debe tener un límite líquido no mayor de 40, un índice plástico no mayor de 15.
- (b) **Impurezas.** El suelo para base de suelo de cemento debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de base de suelo cemento puedan causar fallas en el pavimento.
- (c) **Graduación.** El tamaño máximo del material a estabilizar no debe exceder de 38 milímetros. El material no debe tener más del 50% en peso de partículas retenidas en el tamiz de 4.75 mm (Nº 4) y hasta un 30% de material que pase el tamiz de 0.075 milímetros (Nº 200).
- (d) **Peso.** El material a estabilizar debe ser uniforme en calidad y densidad, y su peso unitario determinado según AASHTO T 19, no debe de ser menor de 1,040 Kg./m³ (65 lb./pie³). No obstante, para mejorar las características del material a estabilizar se podrán adicionar agregados pétreos hasta en una proporción del 35% por volumen.

308.04 Requisitos para el cemento hidráulico y otros materiales. Preferentemente debe usarse Cemento Portland Ordinario Cemento Portland Modificado con Puzolanas. Las especificaciones para Cemento Hidráulico están contenidas en la

norma COGUANOR NTG 41095 (AASHTO M 85, ASTM C 1157) con una clase de resistencia de 28 N/mm² o mayor. Adicionalmente, bajo las siguientes condiciones, se podrán también usar los siguientes aditivos combinados con el cemento:

- (a) **Cemento hidráulico.** El tipo de cemento a ser usado deberá cumplir con la Norma COGUANOR NTG 41095 y las especificaciones AASHTO M 85, ASTM C 150/C 150M para cementos Portland ordinarios o ASTM C 595 para cementos hidráulicos mezclados o adicionados. Debiendo usarse una clase de resistencia de 28 N/mm² o mayor.
- (b) **Conglomerantes hidráulicos:** Tipo N o R usados para la estabilización de suelos, deberán cumplir con la Norma COGUANOR NTG 41098 h1.
- (c) **Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.** Podrán usarse estabilizadores químicos u otros basados en resinas sintéticas, en combinación con cemento, como se indique en las Disposiciones Especiales, en los planos o con autorización escrita del Delegado Residente con la aprobación del Ingeniero. El Delegado Residente debe requerir el certificado de calidad extendido por el fabricante o distribuidor, incluyendo los aspectos referentes a la dosificación, procedimientos de aplicación, resistencia y durabilidad del producto, tal como se indica en la Especificación 308.06.
- (d) **Aditivos retardantes del fraguado y endurecimiento.** Para las bases de suelo cemento, estos aditivos deben cumplir con los requisitos de la Especificación 551.05 (b).

308.05 Requisitos para el agua. El agua a usar en las operaciones de estabilización debe ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que puedan ser perjudiciales para la efectividad de la estabilización, según el tipo de producto estabilizador utilizado.

El agua debe llenar los requisitos de la norma AASHTO M157 4.1.4. Si la fuente es de un sistema de abastecimiento de agua potable, puede ser utilizada sin necesidad de ensayo previo.

308.06 Requisitos para la mezcla del suelo cemento. A menos que las Disposiciones Especiales lo indiquen de otra forma, el suelo cemento debe llenar los requisitos de resistencia a la compresión, así como de durabilidad, de acuerdo con el ensayo de resistencia al desgaste (ensayo de mojado y secado) según se establece a continuación:

(a) Resistencia.

- (1) **Resistencia a compresión no confinada.** El material de base de suelo cemento debe tener una resistencia mínima acorde al espesor de la capa, establecidos ambos en el diseño e indicados en los planos y en las Disposiciones Especiales. Los valores obtenidos durante la construcción, determinados por los métodos ASTM D 1632 y D 1633, no podrán ser menores que los indicados en los planos o en su defecto, de 3.0 MPa a los 7 días.
- (2) **Resistencia a mojado y secado.** Los especímenes de suelo cemento, al someterse a 12 ciclos de humedecimiento y secado de conformidad con AASHTO T 135, no deben de tener una pérdida de peso mayor de 12%, para la Base de Suelo Cemento.

- (b) **Plasticidad.** El material de Base de Suelo Cemento debe tener un índice de plasticidad determinado por el método AASHTO T 90, no mayor de 4.

308.07 Requisitos para materiales de curado. Deberán cumplir con todo lo establecido en la Especificación 307.07.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

308.08 Espesor de la base de suelo cemento. Se deberá cumplir con todo lo establecido en la Especificación 307.08.

308.09 Determinación del procedimiento de estabilización. Se deberá cumplir con todo lo establecido en la Especificación 307.09.

308.10 Combinación de varios materiales a estabilizar. Se deberá cumplir con todo lo establecido en la Especificación 307.10.

308.11 Selección de los materiales a estabilizar. Se deberá cumplir con lo establecido en las Especificaciones 307.11 y 308.03.

308.12 Requisitos para la estabilización de la capa de base de suelo cemento. Se debe cumplir con todos los requisitos establecidos en la Especificación 307.13.

308.13 Uso de productos químicos orgánicos e inorgánicos. Cuando de conformidad con 308.04(a) se haya aprobado el uso de este tipo de estabilizadores como complemento del cemento, no se efectuará ninguna modificación a los requerimientos indicados en la Especificación 308.06.

Se admitirán modificaciones en los procedimientos de aplicación del producto estabilizador y mezclado cuando de acuerdo a las características de dicho producto estabilizador y de conformidad con las especificaciones del fabricante sea necesario aplicar técnicas especiales, las cuales deben de ser aprobadas por el Delegado Residente.

308.14 Requisitos de clima. Se debe cumplir con todos los requisitos establecidos en la Especificación 307.16.

308.15 Control de tránsito y mantenimiento. Se deberá cumplir con todo lo establecido en la Especificación 307.17.

308.16 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

(a) Control de calidad en características de los materiales.

(1) Compresión no confinada. Se debe tomar una muestra para ensayo por cada 500 metros cúbicos de los primeros 5,000 metros cúbicos de mezcla de Base de Suelo Cemento colocada. Seguidamente, un ensayo por cada 1,000 metros cúbicos para mezcla en planta o en carretera o cuando cambien las características de los materiales.

- (2) Cemento y aditivos.** El Contratista debe presentar certificado de calidad y resultado de ensayos de laboratorio de los productos o mezcla que utiliza, por cada 750,000 kilogramos.
- (3) Agua.** Se debe tomar una muestra para ensayo cada vez que se cambie de fuente de aprovisionamiento.
- (4) Contenido del cemento y aditivos.** Se debe mantener un control constante durante el proceso de estabilización, que las cantidades de cemento correspondan con la dosificación aprobada por el Delegado Residente conforme se establece en la Especificación 308.09 y se deberán efectuar comprobaciones diarias o por tramo trabajado que la cantidad total de cemento corresponda con el volumen total trabajado.
- (b) Tolerancias en las características de los materiales.** Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilizan en todo el proceso de construcción de la base de suelo cemento no llenan los valores especificados, para cada una de las características indicadas, según la Especificación 308.06; después de efectuar las verificaciones necesarias, si esta condición persiste en más del 25% de los ensayos realizados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa, o el material será rechazado.
- (c) Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.** Se deberá de cumplir con todos los requisitos establecidos en 307.18 (c), exceptuando que se establece una deflexión máxima en la capa de suelo cemento medida con viga Benkelman de 1.5 milímetros o cuando no esté establecido en las Disposiciones Especiales, de 0.9 milímetros para mediciones efectuadas con deflectómetro de impacto (FWD).
- (d) Aceptación.** Estará sujeta a que se cumpla con todo lo establecido en la Especificación 307.18 (d).

308.17 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la capa de base de suelo cemento, por defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la forma indicada en la Especificación 307.19.

308.18 Medida.

(a) **Capa de base de suelo cemento.** La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, medidos ya compactados en su posición final, de capa de Base de Suelo Cemento, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 308.16 de acuerdo con estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales. El volumen debe determinarse por procedimientos analíticos basándose en el espesor promedio efectivamente colocado y dentro de los límites y ancho indicados en las secciones típicas de pavimentación y alineaciones horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

(b) **Cemento.** La medida se debe hacer del número de kilogramos, con aproximación de dos decimales, ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 308.16 de acuerdo con estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales.

(c) **Conglomerantes hidráulicos y compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos.** Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, suministrados en forma de concentrado sin diluir, y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, la medida se debe hacer del número de kilogramos con aproximación de dos decimales. En ambos casos, esta medida corresponderá a la cantidad de material estabilizador ordenada, realmente incorporada a la obra y aceptada dentro de las

tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

(d) Materiales para curado.

(1) **Material bituminoso.** Cuando se utilicen materiales bituminosos, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6° C, con aproximación de dos decimales, de material bituminoso para curado, ordenados, realmente aplicados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias y requisitos estipulados en las Especificaciones 307.07 y 407.03

(2) **Otros materiales para curado.** Cuando de conformidad con la Especificación 308.07 (b), se utilicen otros materiales impermeables para curado, la medida se debe hacer, tal como se indique en las Disposiciones Especiales.

308.19 Pago.

(a) **Capa de base de suelo cemento.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en la Especificación 308.18 (a) satisfactoriamente construidos como lo establecen estas Especificaciones Generales y debidamente cubiertos con la capa inmediata superior de la estructura del pavimento, al costo unitario de contrato, correspondiente a la Capa de Base de Suelo Cemento.

(b) **Cemento o conglomerante hidráulico.** El pago del cemento o conglomerante hidráulico se debe hacer del número de kilogramos, medidos como se indica en la Especificación 308.18 (b) ordenados y realmente incorporados en la capa de Base de Suelo Cemento, dentro de las tolerancias estipuladas en la Especificación 308.16, como lo establecen estas Especificaciones Generales, a los costos unitarios de contrato, correspondiente a Cemento o Conglomerante Hidráulico.

(c) Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos. Para el caso de los estabilizadores suministrados en estado líquido sin diluir, el pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, y para el caso de los estabilizadores suministrados en estado sólido, el pago se debe hacer del número de kilogramos, ambos medidos como se indica en la Especificación 308.18 (c) ordenados y realmente incorporados en la capa de base de suelo cemento, dentro de las tolerancias estipuladas en la Especificación 308.16, como lo establecen estas Especificaciones Generales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Estabilizadores Químicos Orgánicos e Inorgánicos.

(d) Materiales para curado.

(1) Material bituminoso. El pago se debe hacer por el número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6°C, medidos como se indica en la Especificación 308.18 (d) (1) ordenados y realmente aplicados sobre la capa de Base de suelo cemento, dentro de las tolerancias estipuladas en la Sección 551, como lo establecen estas Especificaciones Generales y al costo unitario de contrato, correspondiente a Material Bituminoso para Curado.

(2) Otros materiales para curado. El pago se debe hacer de conformidad con la medida indicada en la Especificación 308.18 (d) (2), ordenados y realmente aplicados sobre la capa Base de suelo cemento, dentro de las tolerancias y demás requisitos que se establezcan en las Disposiciones Especiales y al costo unitario de contrato, correspondiente a Otros Materiales para Curado.

Estos costos incluyen el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por todos los materiales que sea necesario utilizar, ya sea solos o

combinados, para construir la capa de Base de Suelo Cemento, de conformidad con estas Especificaciones Generales, ni por el acarreo de los mismos; no se reconoce pago adicional por el suministro, acarreo y aplicación de agua en todas las operaciones de estabilización incluyendo el curado. Tampoco se reconocerá el pago por el suministro, acarreo y aplicación de los acelerantes o los retardantes del fraguado; ni por las operaciones que sea necesario efectuar para la obtención y utilización de los materiales. Tampoco se reconoce pago extra por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de las deflexiones, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos deben estar incluidos en los correspondientes costos unitarios de Contrato.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Graduación	AASHTO T 27 AASHTO T 11	Clasificación de suelos	AASHTO M 145
Límite Líquido	AASHTO T 89	Cemento hidráulico	COGUANOR NTG 41095 AASHTO M 85
Índice plástico	AAHSTO T 90	Conglomerantes hidráulicos	COGUANOR NTG 41098 NTG 41098 h1
Compactación	AASHTO T 134 AASHTO T 191 AASHTO T 310	Agua	AASHTO M 157 4.1.4
Preparación de muestras de suelo cemento	ASTM D 1632		
Resistencia a compresión, cilindros de suelo cemento	AASHTO D 1633		
Humedad de campo usando carburo	AASHTO T 217		
Ensayo mojado y secado de muestras compactadas de suelo cemento	AASHTO T 135		
Deflexión y módulo de superficie deflectómetro de impacto manual (LWD)	ASTM E 2583		
Densímetro eléctrico por Impedancia	ASTM D 7698		

SECCIÓN 309

BASE ASFÁLTICA EN CALIENTE

- 309.01 Definición.
- 309.02 Descripción.
- 309.03 Requisitos para los materiales.
- 309.04 Determinación del procedimiento de construcción.
- 309.05 Producción del material pétreo.
- 309.06 Preparación del material pétreo para mezcla en planta.
- 309.07 Preparación del cemento asfáltico.
- 309.08 Mezcla.
- 309.09 Cantidad de cemento asfáltico.
- 309.10 Carga y transporte de la mezcla.
- 309.11 Preparación de la superficie.
- 309.12 Colocación y tendido.
- 309.13 Compactación.
- 309.14 Juntas.
- 309.15 Trabajo nocturno.
- 309.16 Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 309.17 Correcciones.
- 309.18 Medida.
- 309.19 Pago.

309.01 Definición. Es la capa de base asfáltica, constituida de materiales triturados que cumplen con la graduación establecida, mezclados con Cemento Asfáltico, en planta en caliente, con el objeto de obtener una mezcla con adecuadas condiciones de resistencia y estabilidad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito a las capas subyacentes de la estructura del pavimento.

309.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración de piedra o grava, combinándolas con arena, polvo de trituración y material de relleno para formar un material clasificado; el acarreo y apilamiento del material a mezclar; el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento, aplicación y mezcla del Cemento Asfáltico; el acarreo, colocación con pavimentadora, conformación y compactación de la mezcla asfáltica; la regulación del tránsito; así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias, para construir una capa de Base Asfáltica con material pétreo mezclado en planta, la cual debe tener el ancho, espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales, y ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES

309.03 Requisitos para los materiales.

(a) **Requisito para el material pétreo.** Debe consistir en piedra o grava de buena calidad, clasificadas y trituradas total o parcialmente, combinadas.

(1) **Abrasión.** La porción de material retenida en el Tamiz 4.75 mm (Nº 4) no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión

determinado por el método AASHTO T 96, mayor de 35 a 500 revoluciones.

- (2) **Desintegración al sulfato de sodio.** No debe tener una pérdida de peso mayor del 15%, al ser sometido a cinco ciclos, en el ensayo AASHTO T 104.
- (3) **Caras fracturadas y partículas planas o alargadas.** No menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el Tamiz 4.75 mm (Nº 4), deben tener por lo menos una cara fracturada. En todo caso, no más del 20% en peso, pueden ser partículas delgadas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- (4) **Impurezas.** El material no debe contener materias vegetales, basura, terrones de arcilla, suelos absorbentes o sustancias que, incorporadas dentro de la capa de base asfáltica, que pueden causar fallas en el pavimento.
- (5) **Graduación.** El material debe cumplir con los requisitos de graduación, determinada según AASHTO T 27 y T 11, para uno de los tipos establecidos en la Tabla 309-1, aplicable a Base Asfáltica en Caliente, limitando el tamaño máximo del agregado a 38.1 mm o según lo indiquen las Disposiciones Especiales.
- (6) **Plasticidad.** La porción de material que pasa el Tamiz 4.25 mm (Nº 40) incluyendo el material de relleno, debe tener un índice de plasticidad no mayor de 4, determinado por el método AASHTO T 90 y un límite líquido no mayor de 25, determinado por el método AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo, de conformidad con AASHTO T 146.

Tabla 309-1
Tipos de graduación para material pétreo de capa de base asfáltica

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27 y AASHTO T 11)			
		Tipo "A" 50 mm (2") máximo	Tipo "B1" 38.1 mm (1 ½") máximo	Tipo "B2" 38.1 mm (1½") máximo	Tipo "C" 25 mm (1") máximo
		Subbase	Subbase y base	Base	Base
50.0	2"	100			
38.1	1 ½"	-	100	100	
25.0	1"	65-90	70-100	83-93	100
19.0	¾"	-	60-90	73-83	70-100
9.50	⅜"	-	45-75	49-59	-
4.75	Nº4	25-60	30-60	30-40	35-65
2.00	Nº 10	-	15-35	18-28	-
0.425	Nº 40	10-30	8-20	5-15	12-30
0.075	Nº 200	3-12	5-15	3-9	5-15

El equivalente de arena no debe ser menor de 30, según AASHTO T 176 y ASTM D 2419.

(7) **Peso.** El material pétreo debe ser uniforme en calidad y densidad y su peso unitario, según AASHTO T 19, no debe ser menor de 1,600 Kg/m³ (100 lb./pie³).

(8) **Resistencia al desvestimiento.** Las partículas de material deben ser de tal naturaleza, que, para mezclarlas con Cemento Asfáltico del tipo y grado a usarse en la capa de Base Asfáltica en Caliente, el tiempo de mezcla de conformidad con lo establecido en la Especificación AASHTO T 195 indique el tiempo de mezcla requerido para obtener el 95% de las partículas perfectamente cubiertas con Cemento Asfáltico. El uso de aditivos como agentes antidesvestimiento, está condicionado a los resultados positivos del ensayo anteriormente indicado, usando los productos propuestos en las proporciones mínimas que satisfacen el mismo.

(b) **Requisitos para el material de relleno.** Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra naturalmente en el material, éste debe estar libre de impurezas y consistir en polvo de roca, cal hidratada, cemento hidráulico u otro material mineral inerte cuyas partículas pasen en su totalidad el Tamiz 0.600 mm. El material de relleno en el momento de su uso no deberá formar grumos.

(c) **Requisitos para el cemento asfáltico.** El tipo, grado, y Especificación del cemento asfáltico a usar, debe ser uno de los establecidos en la tabla siguiente, según lo indiquen las Disposiciones Especiales. Para el caso de asfaltos con graduación PG, el grado se indicará en las Disposiciones Especiales de acuerdo con el rango comprendido entre los promedios de las temperaturas máximas durante siete días o durante los siete días más calurosos del año y la temperatura mínima donde se localice el proyecto, pudiéndose fijar grados intermedios de la tabla siguiente:

Tabla 309-2
Graduación del cemento asfáltico para base asfáltica en caliente

Tipo y grado del cemento asfáltico	Especificación
Graduación por viscosidad: <ul style="list-style-type: none"> • AC-10¹ • AC-20¹ • AC-30² • AC-40¹ 	AASHTO M 226 <small>(1) AC-10, AC-20 y AC-40 de conformidad con Tabla 1 (2) AC-30 de conformidad con Tabla 2</small>
Graduación por penetración: <ul style="list-style-type: none"> • 40-50 • 60-70 • 85-100 • 120-150 	AASHTO M 20
Graduación PG: <ul style="list-style-type: none"> • 64-22 • 70-22 • 76-22 • 82-22 	AASHTO M 320

El rango de las temperaturas de la mezcla será el correspondiente para producir una viscosidad cinemática entre 0.15 y 0.19 Pascales segundo (Pa-s) (150 y 190 centi Stokes cS).

(d) Requisitos para la mezcla. La mezcla de material pétreo y Cemento Asfáltico debe llenar los requisitos del método de diseño establecido en la tabla siguiente o según lo indiquen las Disposiciones Especiales.

Tabla 309-3
Requisitos para la mezcla

Método de diseño	Valores límites	
	Mínimo	Máximo
1) Marshall (ASTM D 1559)		
• Temperatura de compactación de pastilla para producir una viscosidad de	0.25 Pa-s (250 cS)	0.31 Pa-s (310 cS)
• Número de golpes de compactación en cada extremo del espécimen	75	75
• Estabilidad	454 Kg (1,000 Libras)	-----
• Fluencia en 0.25 mm (0.01 de pulgada)	8	16
• Porcentaje vacíos de la mezcla compactada	3	8
• Porcentaje de vacíos llenados con asfalto	60	75
• Relación estabilidad/fluencia (lb./0.01 pulg.)	70	-----
• Relación finos/bitumen	0.6	1.6

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

309.04 Determinación del procedimiento de construcción. Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de Base Asfáltica en Caliente o cuando se cambien algunos de los materiales, el Contratista debe informar al Delegado Residente, el procedimiento, incluyendo maquinaria, equipo y materiales que utilizará para las operaciones de construcción de la Base Asfáltica en Caliente, principalmente en lo referente a la producción, acarreo, tendido y compactación de la mezcla asfáltica de acuerdo con las características de los materiales y los requisitos que establezcan las Disposiciones Especiales. El procedimiento debe determinar la localización de las plantas de producción de materiales, mezcla asfáltica, el tipo y grado del Cemento Asfáltico a utilizar de conformidad con las Disposiciones Especiales, la forma de su almacenamiento y calentamiento, la producción y preparación del material pétreo, incluyendo el material de relleno, las características de la planta de mezcla, ya sea fija o móvil, los resultados de los ensayos de laboratorio y la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias que se establecen en la Especificación 309.16, así como los rangos de las temperaturas de mezcla y compactación acordes al tipo y grado del Cemento Asfáltico a usar, para obtener una mezcla que llene los requisitos de estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

Esta información debe presentarla el Contratista antes de iniciar la producción de mezcla, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones que estime convenientes y aprobar la fórmula de trabajo, ordenando la cantidad de Cemento Asfáltico que se debe usar.

La aprobación del procedimiento de construcción, incluyendo maquinaria y equipo a utilizar no exime al Contratista de su responsabilidad de colocar una capa de Base Asfáltica en Caliente, que se ajuste a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

309.05 Producción del material pétreo. Previamente a la explotación, clasificación y trituración del material, debe efectuarse la limpia correspondiente en el banco, eliminar la vegetación, capa de materia orgánica, basura y arcilla que puedan contaminar el material pétreo. La trituración debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del material. La graduación del material debe lograrse en la planta de producción. Dicha planta debe estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas necesarias para lograr la granulometría especificada.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorios sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias para obtener un agregado de conformidad con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

El material pétreo producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta o ser acarreado para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo ajustarse a lo establecido en la Sección 313.

309.06 Preparación del material pétreo para mezcla en planta. El material inmediatamente antes de introducirlo en la planta mezcladora, debe ser secado y calentado a la temperatura establecida en la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias indicadas en la Especificación 309.16 (c) (3), a menos que sea indicado en otra forma en las Disposiciones Especiales.

La temperatura máxima y variación de calentamiento debe de ser tal, que no produzca daño en los materiales. La temperatura del material pétreo puede ser mayor que la temperatura de aplicación del cemento asfáltico siempre que no se produzcan daños en este material.

El material debe ser tamizado y clasificado, con la graduación especificada, separado en tolvas, de acuerdo a la fórmula de trabajo, antes de introducirlo en la cámara mezcladora.

309.07 Preparación del cemento asfáltico.

- (a) **Tanques de almacenamiento y equipo.** El Contratista debe de contar con equipo de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento con un sistema adecuado que permita mantener el contenido del tanque a una temperatura uniforme. Los tanques deben estar localizados en lugares estratégicos de fácil acceso y protegidos contra incendio.
- (b) **Calentamiento del cemento asfáltico.** El equipo de calentamiento, para la inyección a la mezcla debe tener la capacidad para calentar el material a utilizar a la temperatura especificada, sin dañarlo, debiendo tener sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas del quemador, con la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula el cemento asfáltico. No se debe calentar el cemento asfáltico a temperaturas mayores de 170°C.

Si la fórmula de trabajo requiere del uso de un aditivo antidesvestimiento líquido estable al calor, éste debe ser agregado dentro de las líneas de transferencia del cemento asfáltico en la terminal a granel o en la planta mezcladora. El aditivo debe ser inyectado durante por lo menos el 80 por ciento del tiempo de transferencia o de mezclado para obtener una mezcla uniforme.

309.08 Mezcla. El rango de temperaturas a las que el material pétreo debe de mezclarse con el cemento asfáltico debe ser las que correspondan a una viscosidad cinemática del Cemento Asfáltico entre 0.15 y 0.19 Pascales segundo Pa-s (150 y 190 centi Stokes cS), pero en ningún caso la temperatura de la mezcla a la salida de la planta deberá de exceder de 165 °C O de la temperatura especificada en el diseño aprobado de la mezcla.

- (a) **Requisitos para las plantas mezcladoras.** Las plantas mezcladoras deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 156 y con lo siguiente:

- (1) **Capacidad e instalación.** Las plantas mezcladoras deben ser de capacidad suficiente y estar de acuerdo con las operaciones correspondientes al procedimiento de construcción establecido o según se haya sido determinado en las Disposiciones Especiales.

Las instalaciones deben tener suficiente espacio para el almacenamiento y preparación del material pétreo y del Cemento Asfáltico. Los diversos tamaños de material pétreo deben mantenerse separados, hasta que sean transportados por el elevador en frío a la secadora. El espacio de las instalaciones debe de mantenerse limpio y ordenado y el almacenamiento de los materiales con fácil acceso para tomar muestras.

- (2) **Secador.** Las plantas de bachada deben tener secador con inclinación variable, colocado antes de las zarandas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de mezcla de la planta. A la salida del secador debe haber un termómetro indicador que registre automáticamente la temperatura del material pétreo. Las plantas de producción continua deberán de tener un sistema eficiente de control de la humedad de los agregados para asegurar que se mantengan las proporciones de mezcla constantes en unidades de peso seco a diferentes volúmenes de producción.

- (3) **Zarandas.** Las plantas de bachada deben de tener zarandas de capacidad y tamaño suficiente para proporcionar material pétreo, dentro de la graduación especificada.

- (4) **Tolvas.** Para almacenar el material pétreo éstas deben ser de tal capacidad que asegure la operación de la planta, por lo menos durante 15 minutos, sin alimentación a las mismas.

- (5) **Dispositivos para dosificar.** Que permitan medir las cantidades de material pétreo y Cemento Asfáltico por peso. Estos dispositivos deben permitir fácil ajuste en cualquier momento, para adaptar el proporcionamiento a la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias establecidas.
- (6) **Alimentación de combustible y aire.** Esta alimentación deberá efectuarse en forma balanceada para asegurar una combustión completa y eficiente que elimine el riesgo de contaminación de la superficie de los agregados con combustible sin quemar y que afecte su recubrimiento con Cemento Asfáltico o produzca excesivas emanaciones que contaminen el ambiente.
- (7) **Colectores de polvo.** Las plantas deberán estar equipadas con sistemas de recolección de polvo mecánicos, húmedos o mediante filtros, solos o en combinación, que impidan la contaminación ambiental.
- (8) **Silo de almacenamiento.** Las plantas de producción continua que utilicen silos de almacenamiento deberán estar provistas de mecanismos que eviten la segregación de la mezcla y preferentemente deberán estar equipados para mantener la temperatura de la mezcla durante el período de almacenamiento.
- (9) **Unidad mezcladora.** Pueden ser del tipo de producción continua o por bachadas con dispositivo para el control del tiempo de mezclado. Cuando se requiera el uso de aditivos para el Cemento Asfáltico, las plantas deberán estar equipadas con los dispositivos que permitan mantener una dosificación adecuada de los mismos.
- (10) **Básculas para pesar la mezcla producida.** Si la medida y pago se efectúa por el sistema de peso de la mezcla, la planta debe contar con básculas para pesar los vehículos que acarrean la mezcla, con sensibilidad del 5% respecto a la capacidad de la misma;

el indicador debe ser claro y visible para el control del peso, la báscula debe estar calibrada y para su aceptación, por el Delegado Residente, se deberá proporcionar el certificado de calibración reciente emitido por una empresa certificadora registrada de conformidad con la Norma COGUANOR NTG 17025.

(11) **Requisitos de seguridad.** En todos los lugares de acceso para control e inspección, debe proveerse escaleras con baranda metálica. Todos los engranajes, poleas, cadenas, ruedas dentadas y demás partes móviles, deben ser eficientemente resguardadas y protegidas. El espacio destinado a la carga de camiones debe estar libre y protegido para permitir la circulación lateral.

Deben instalarse extinguidores contra incendio y proveer todos los dispositivos e instrucciones para evitar accidentes a los operadores de la planta. Deberá también equiparse la planta con fosas para contener cualquier posible derrame de combustible o Cemento Asfáltico.

(b) **Calibración de la planta.** Previamente al suministro continuo de la mezcla, el Contratista debe proceder, en presencia del Delegado Residente, a efectuar la calibración de la planta haciendo los ajustes de todas las operaciones, para lograr una mezcla conforme a la fórmula de trabajo aprobada y dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 309.16 (c) (3).

(c) **Requisitos de clima.** No se permite el esparcimiento de la mezcla, cuando esté lloviendo o cuando la humedad de la superficie a recubrir sea perjudicial, y pueda ocasionar fallas en el pavimento.

309.09 Cantidad de cemento asfáltico. La cantidad de Cemento Asfáltico que debe aplicarse en la mezcla debe ser indicada por orden escrita del Delegado Residente, de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio y la fórmula de trabajo aprobada. La cantidad de Cemento Asfáltico es variable,

según las características de los materiales, entre un mínimo de 3% y un máximo de 6% en peso total de la mezcla, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales. La cantidad de aplicación debe mantenerse dentro de las tolerancias establecidas en la fórmula de trabajo y se debe comprobar por medio del ensayo AASHTO T 164.

309.10 Carga y transporte de la mezcla. Durante el proceso de carga de la mezcla, se deberá evitar la segregación de los agregados debido a una excesiva altura de la compuerta de descarga respecto al camión de transporte o a una apertura parcial de las compuertas de descarga. La carga de los camiones deberá ser distribuida uniformemente evitando la formación de un solo cono de material que permita el desplazamiento del agregado grueso hacia el frente y la parte posterior de la palangana de volteo para lo cual, de preferencia, las operaciones de carga se deberán efectuar en tres partes moviendo el camión hacia adelante y hacia atrás.

La mezcla debe ser transportada de la planta al lugar de su colocación, por medio de camiones de volteo con palanganas metálicas limpias y lisas, cubiertos con lona u otro material que preserve la mezcla del polvo y la lluvia, disminuyendo la pérdida de temperatura durante el trayecto. Para la limpieza de las palanganas no se deberán usar derivados del petróleo que puedan contaminar la mezcla. La palangana debe ser drenada antes de cargar la mezcla.

309.11 Preparación de la superficie. Antes de proceder a la colocación de la mezcla, se debe preparar la superficie y colocar un riego de liga de acuerdo con lo indicado en la Sección 408 cuando la capa inferior haya sido abierta al tránsito antes de ser cubierta con otra capa.

309.12 Colocación y tendido. La mezcla transportada a la carretera debe colocarse y tenderse con máquina pavimentadora autopropulsada especial para este trabajo, que permita ajustar el espesor y el ancho, asegurando su espaciamiento uniforme en una sola operación, en un ancho no menor de 3 metros. El espesor de cada capa no debe ser mayor

de 15 centímetros. La temperatura de colocación y tendido no deberá ser menor de 140 °C.

309.13 Compactación. La mezcla debe ser uniformemente compactada, hasta lograr el 98% de compactación, respecto a la densidad máxima de laboratorio conforme el método indicado en la Especificación 309.03 (d). La compactación de campo se debe comprobar según el método AASHTO T 230. Con la aprobación del Delegado Residente se podrán usar densímetros nucleares calibrados que cumplan con la Especificación ASTM D 2950.

La compactación en el campo se debe de iniciar en cuanto la temperatura de la mezcla se lo permita al equipo de compactación, pero nunca a una temperatura menor de 140 °C. La compactación se deberá completar antes que la temperatura de la capa alcance los 85 °C. Cuando el espesor de la Base Asfáltica en Caliente exceda de 15 centímetros, la mezcla debe ser tendida y compactada en dos o más capas, nunca mayores de 15 centímetros.

La capacidad del equipo de compactación debe adecuarse al volumen de colocación de la mezcla de manera que las operaciones de compactación se completen en forma continua dentro del rango de temperatura establecido en la fórmula de trabajo de acuerdo con el tipo y grado del Cemento Asfáltico o como se indique en las Disposiciones Especiales.

309.14 Juntas. La construcción de los carriles de tráfico adyacentes debe completarse, al mismo nivel, dentro de 24 horas. Si se dejan desniveles durante la noche y éstos son mayores de 50 milímetros, se debe colocar la señalización correspondiente y si son mayores de 100 milímetros, se deben construir filetes con un talud de 3 h a 1 v.

Las juntas transversales con capas colocadas previamente deben ser verticales y del mismo espesor para lo cual, a la finalización del trabajo diario, se deberá cortar la junta vertical y construir un filete para desvanecer el desnivel. Dicho filete deberá estar separado de la capa de Base Asfáltica compactada mediante una regla de madera o papel de suficiente resistencia y espesor. Al reiniciar los trabajos de colocación de Base Asfáltica en Caliente, se procederá

a remover el filete, a efectuar la limpieza de la cara de la junta y a aplicar un riego de liga en la misma de acuerdo con lo indicado en la Sección 408.

La capa de Base Asfáltica en Caliente debe ser colocada lo más continuo posible. No se debe pasar el rodillo sobre los extremos desprotegidos de la mezcla fresca recién colocada.

309.15 Trabajo nocturno. En adición a lo indicado en la Especificación 155.09, el Contratista deberá instalar unidades de iluminación independientes de suficiente altura e intensidad que puedan ser movilizadas en el área de trabajo para cubrir las actividades que se realicen en la planta de mezclado, en el área de carga de la mezcla, en la zona de descarga y colocación de la misma y a todo lo largo del área de donde se efectúen los trabajos de compactación y texturizado. El Contratista también deberá instalar señales luminosas a lo largo de la zona de trabajo para prevenir a los usuarios.

309.16 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Especificación 106.03.

(a) Control de calidad de los materiales.

(1) Abrasión. En cada banco se debe efectuar tres ensayos del material en su estado original. Durante la producción se debe efectuar un ensayo por cada 2,000 metros cúbicos de material triturado hasta alcanzar los 10,000 metros cúbicos y seguidamente uno cada 10,000 metros cúbicos o cuando cambien las características del banco.

(2) Caras fracturadas y partículas planas y alargadas. Se debe efectuar un ensayo cada 100 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos de cada banco y seguidamente uno por cada 5,000 metros cúbicos.

(3) Granulometría. Se debe efectuar un ensayo por cada 200 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos,

y seguidamente un ensayo cada 400 metros cúbicos.

(4) Plasticidad y equivalente de arena. Se debe efectuar un ensayo cada 2,000 metros cúbicos de agregado producido.

(5) Cemento asfáltico. Se debe tomar una muestra según AASHTO T 40 por cada 100,000 galones.

(6) Mezcla asfáltica. El Contratista debe efectuar ensayos completos de las características volumétricas de la mezcla y ensayos de estabilidad Marshall cuando éste sea el método de diseño utilizado, para determinar si llena los requisitos de la Especificación 309.03 (d), incluyendo porcentaje de asfalto, por cada 400 metros cúbicos de mezcla colocada y compactada. La condición anterior no excluye los controles de temperatura, proporciones de agregados mezclados y contenido de asfalto que se deberán verificar en forma continua en los indicadores de los dispositivos de control de la planta de producción del concreto asfáltico.

(b) Tolerancias en las características de los materiales. Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilicen en todo el proceso de construcción de la Base Asfáltica en Caliente no llenan los valores especificados, para cada una de las características indicadas en la Especificación 309.03; después de efectuadas las verificaciones necesarias, y si esta condición persiste en más del 20% de los ensayos verificados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

(c) Tolerancias en los requisitos de construcción.

(1) Compactación. Se establece una tolerancia de un 2% en menos, respecto al porcentaje de compactación estipulada en la Especificación 309.13, para aceptación de capa de base asfáltica en caliente.

Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 400 metros cuadrados de base, de cada una de las capas que se compacten.

Las densidades no deben ser efectuadas a una distancia menor de 40 metros en sentido longitudinal sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para corrección.

(2) **Superficie.** Durante el proceso de colocación, la conformación de la superficie de la capa de Base Asfáltica en Caliente debe ser efectuada utilizando los controles automáticos de la pavimentadora de acuerdo con los puntos de referencia establecidos mediante controles topográficos según el estacionamiento, localización y niveles correspondientes. Usando una regla metálica de 3 metros de longitud, se verificará que la superficie colocada no presente irregularidades en exceso o defecto mayores de 5 milímetros.

(3) **Tolerancias en la fórmula de trabajo.** La mezcla suministrada debe llenar los requisitos de la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias siguientes:

(5) **Deflexión.** El Contratista de conformidad con la Especificación AASHTO 256, por medio de la viga Benkelman, o por medio de otro método técnico incluido en esta Especificación u otro reconocido y aceptado profesionalmente y establecido en las Disposiciones Especiales, debe controlar si la deflexión de la capa de Base Asfáltica en Caliente conformada y compactada no sobrepasa el valor de la deflexión máxima aceptable para dicha capa, indicado en las Disposiciones Especiales.

Si en las disposiciones Especiales no se establece un valor específico para el proyecto, el valor máximo de deflexión aceptable para la capa de Base Asfáltica en Caliente es de 1.0 mm (0.04 pulgadas) respecto a un punto dado, a una distancia no mayor de 3.68 metros en cualquier dirección. En el caso que se use un Deflectómetro de impacto (FWD) la deflexión central no deberá de exceder de 0.6 milímetros (0.02 pulgadas).

Requisitos de la fórmula de trabajo	Tolerancia en más o en menos
<ul style="list-style-type: none"> • Agregado retenido en Tamiz N°4 (4.750 mm) • Agregado retenido en Tamiz N°40 (0.425 mm) • Agregado retenido en Tamiz N°200 (0.075 mm) • Contenido de Cemento Asfáltico • Temperatura para mezclar y tender 	<ul style="list-style-type: none"> • 7 % en peso del material pétreo • 5 % en peso del material pétreo • 2 % en peso del material pétreo • 0.5 % en peso de la mezcla total • 5° Centígrados

(4) **Espesor.** El espesor de capa de Base Asfáltica en Caliente se debe verificar al efectuar cada ensayo de control de compactación según AASHTO T 230, a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 200 metros, para verificación del espesor. Se establece una tolerancia en exceso o defecto de 5 milímetros.

El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión, por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de Base Asfáltica en Caliente compactada, previamente a su aceptación.

De preferencia la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto, y siguiendo un orden alternado de: derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con los vehículos y equipo necesarios para efectuar este control con el método AASHTO T 256 anteriormente indicado, o el que corresponda según las Disposiciones Especiales.

(d) Aceptación. La aceptación de la capa de Base Asfáltica en Caliente se debe efectuar hasta que ésta se encuentre debidamente compactada, en el ancho total de la Base Asfáltica, indicada en las secciones típicas de pavimentación.

309.17 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la capa de Base Asfáltica en Caliente por defectos de construcción o variaciones de diseño, se procederá en la forma siguiente:

(a) Correcciones por defectos de construcción o causas imputables al contratista. Defectos en la superficie, espesor deficiente, baches, grietas, segregación y laminación. El área previamente delimitada por el Delegado Residente debe excavarse en forma rectangular y con paredes verticales, en el espesor total de la capa, colocar un riego de liga en el fondo expuesto y en las paredes de los bordes laterales y sustituirse por una mezcla que esté dentro de especificaciones. Después de sustituir el material, se debe proceder a compactarla de nuevo, hasta que tanto el área delimitada como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

(b) Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista. Cuando sea necesario efectuar correcciones de la capa de Base Asfáltica en Caliente, por variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista a los costos unitarios de contrato, o en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

309.18 Medida.

(a) Capa de base asfáltica en caliente, por volumen.

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos de capa de Base Asfáltica en Caliente, con aproximación de dos decimales, medidos ya compactados en su posición final en la carretera, satisfactoriamente construidos y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos y dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación y de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

(b) Capa de base asfáltica en caliente, por peso.

Salvo que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra forma, la medida se debe hacer del número de toneladas métricas de 1,000 kilogramos, con aproximación de dos decimales de Capa de Base Asfáltica en Caliente, satisfactoriamente construida, colocada dentro de los límites de la Sección Típica de Pavimentación o conforme lo autorice el Delegado Residente y aceptada de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El peso se debe determinar, por medio de básculas que llenen los requisitos estipulados en la Especificación 309.08 (a) (10), debiéndose efectuar para cada medida del peso de los vehículos antes y después de ser cargados para determinar el peso neto de la mezcla en presencia del Inspector que controla el peso por parte de la Supervisora, quien debe firmar el vale correspondiente, comprobándose la colocación y aceptación en la carretera, con la firma del Inspector de campo de la misma Supervisora.

El Delegado Residente debe llevar un control diario del número de toneladas producidas, aceptadas y rechazadas, que corresponden a cada tramo para determinar los totales diarios y

si así corresponde efectuar las deducciones por los rechazos efectuados durante la colocación o posteriormente.

No se debe hacer ninguna deducción por el peso del cemento asfáltico contenido en la mezcla.

- (c) **Cemento asfáltico.** La medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15.6°C, con aproximación de dos decimales, de Cemento Asfáltico para Base Asfáltica en Caliente, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La medida del Cemento Asfáltico se debe determinar por diferencia de lecturas del indicador de la mezcladora en la planta, de conformidad con la cantidad ordenada y temperatura real de aplicación. La cantidad realmente aplicada en cada tramo se debe comprobar por medio de ensayos de extracción para determinar el contenido de bitumen en la mezcla, según AASHTO T 164. Con aprobación escrita del Ingeniero, pueden usarse otros métodos técnicos para el ensayo del contenido de bitumen en la mezcla.

309.19 Pago.

- (a) **Capa de base asfáltica en caliente, por volumen.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en la Especificación 309.18 (a), satisfactoriamente construidos como lo establecen los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Capa de Base Asfáltica en Caliente.

- (b) **Capa de base asfáltica en caliente, por peso.** Cuando las Disposiciones Especiales así lo estipulen expresamente, el pago se debe hacer por el número de toneladas, medidas como

se indica en la Especificación 309.18 (b), satisfactoriamente construidas y aceptadas como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato correspondiente a Capa de Base Asfáltica en Caliente.

- (c) **Cemento asfáltico.** El pago se debe hacer por el número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en la Especificación 309.18 (c), ordenados y satisfactoriamente aplicados dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 309.16 (c) (3) y de acuerdo con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Cemento Asfáltico para Capa de Base Asfáltica en Caliente.

Estos costos incluyen el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por el suministro de todos los materiales, incluyendo el agua, aditivos del Cemento Asfáltico y material de relleno, ni por el acarreo de materiales y mezcla asfáltica, ni por las operaciones necesarias para la obtención y utilización, apilamiento y almacenamiento del material pétreo. Tampoco se reconoce pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para ejecutar el trabajo deben estar incluidos en los costos unitarios correspondientes a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Abrasión	AASHTO T 96	Cemento asfáltico	AASHTO M 226 y AASHTO M 320
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104		
Graduación	AASHTO T 27 AASHTO T 11		
Preparación de muestra en húmedo	AASHTO T 146		
Índice plástico	AASHTO T 90		
Límite líquido	AASHTO T 89		
Equivalente de arena	AASHTO T 176		
Peso unitario	AASHTO T 19		
Partículas recubiertas con asfalto	AASHTO T 195		
Estabilidad Marshall	AASHTO T 245		
Gravedad específica			
Agregado fino	AASHTO T 84		
Agregado grueso	AASHTO T 85		
Contenido de asfalto en la mezcla (extracción)	AASHTO T 164		
Compactación	AASHTO T 230		
Densidad teórica máxima de la mezcla	AASHTO T 209 ASTM D 2041		
Equivalente de arena	AASHTO T 176 ASTM D 2419		
Compactación	AASHTO T 230 AASHTO T 310		
Deflexión viga Benkelman	AASHTO T 256 6.2.1		
Deflectómetro de impacto (FWD)	AASHTO T 256 6.2.4		

SECCIÓN 310
CAPA DE SUBBASE Y BASE DE
RECUPERACIÓN Y ESTABILIZACIÓN
DEL PAVIMENTO EXISTENTE

- 310.01. Definición.
- 310.02. Descripción.
- 310.03. Materiales.
- 310.04. Determinación del procedimiento de estabilización.
- 310.05. Selección de los bancos para material de aporte.
- 310.06. Escarificación, pulverización y estabilización del pavimento existente.
- 310.07. Conformación y compactación.
- 310.08. Requisitos para estabilización con cal hidratada y lechada de cal.
- 310.09. Requisitos para estabilización con cemento hidráulico, conglomerantes hidráulicos o mezclas con otros estabilizadores.
- 310.10. Requisitos para estabilización con emulsiones asfálticas.
- 310.11. Estabilización con productos químicos orgánicos e inorgánicos.
- 310.12. Requisitos del clima.
- 310.13. Control del tránsito y mantenimiento.
- 310.14. Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 310.15. Correcciones.
- 310.16. Medida.
- 310.17. Pago.

310.01 Definición. Es la Capa de Subbase o Base obtenida de la recuperación y estabilización de la capa de rodadura y la base del pavimento existente en combinación con material de aporte, para cumplir con la graduación establecida para la capa recuperada indicada en las Disposiciones Especiales, la cual debe tener el ancho, profundidades, espesores y proporciones indicadas en los planos, ajustándose a los alineamientos, niveles y pendientes longitudinales y transversales determinadas en los planos.

310.02 Descripción. Este trabajo consiste en la pulverización de la capa de rodadura existente y la capa de base total o parcialmente, de conformidad con lo establecido en el diseño adicionando material de aporte de ser requerido, procediendo a continuación a la homogeneización, humedecimiento, estabilización, conformación y compactación de la mezcla del material de aporte con el material recuperado. Este trabajo también incluye el suministro, transporte y colocación del material de aporte y materiales estabilizadores conforme se establezca en las Disposiciones Especiales.

REQUISITOS DE LOS MATERIALES

310.03 Materiales.

(a) **Material de aporte.** El material de aporte deberá cumplir con los requisitos establecidos en las Secciones 304 o 305 para la recuperación y estabilización de la capa de Subbase, cumplir con los requisitos establecidos en la Sección 305 para la recuperación y estabilización de la capa de base y cumplir con los requisitos establecidos en la Sección 401, cuando la recuperación esté limitada a la capa de rodadura, todo esto según corresponda y como se establezca en las Disposiciones Especiales.

(b) **Materiales a estabilizar.** Los materiales obtenidos de la recuperación del pavimento

existente, en su estado original o combinados con material de aporte, deben cumplir con lo establecido en la Especificación 307.03.

(c) **Materiales estabilizadores.** Los materiales estabilizadores según el procedimiento establecido en las Disposiciones Especiales o en los planos, deben cumplir con los requerimientos establecidos en la Especificación 307.04.

(d) **Mezcla del material recuperado con el de aporte.** El Contratista debe dimensionar y graduar el material de aporte y combinarlo en forma homogénea con los materiales estabilizadores y con el material recuperado, en las proporciones indicadas en los planos o en las Disposiciones Especiales, de conformidad con la aprobación del Delegado Residente con autorización del Ingeniero. La mezcla debe cumplir con todos los requisitos correspondientes a la Especificación 307.03 a menos que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra manera.

(e) **Agua.** El agua debe cumplir con lo establecido en la Especificación 307.05.

(f) **Material estabilizado.** Debe cumplir con lo establecido en la Especificación 307.06.

(g) **Materiales de curado.** Deben cumplir con lo establecido en la Especificación 307.07.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

310.04 Determinación del procedimiento de estabilización. El Contratista debe someter para conocimiento del Delegado Residente, el procedimiento, la graduación y la dosificación propuestas para la estabilización de acuerdo con las resistencias requeridas, indicadas en la Especificación 307.06 (a), según el tipo de material estabilizador a usar, las características de los materiales y el sistema de estabilización que se establezca en las Disposiciones Especiales.

El procedimiento debe incluir los resultados de los ensayos de laboratorio correspondientes.

Esta información debe presentarla el Contratista con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones que estime convenientes para su aprobación correspondiente.

310.05 Selección de los bancos para material de aporte. La selección de los bancos del material de aporte se efectuará conforme se establece en las secciones 303, 304, 305 o 401, según corresponda. La aprobación de estos bancos de materiales, no exime al Contratista de su responsabilidad de colocar una capa estabilizada de recuperación del pavimento existente que se ajuste a estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

310.06 Escarificación, pulverización y estabilización del pavimento existente. El Contratista debe escarificar, pulverizar y estabilizar el pavimento existente, en combinación con el material de aporte, si así estuviese especificado, hasta la profundidad y espesores indicados en los planos o autorizados por el Delegado Residente, utilizando los procedimientos descritos en las Especificaciones 306.03, 306.04, 306.05, 306.06 y cumpliendo con lo establecido en las Especificaciones 307.08 y 307.09, en lo que le sea aplicable. El espesor mínimo para la capa de recuperación y estabilización del pavimento existente es de 150 milímetros, si el espesor es mayor de 300 milímetros el material deberá colocarse y compactarse en dos capas.

El equipo para el fresado de la carpeta deberá contar con elementos de control del ancho y profundidad del corte que corresponda a los trabajos de recuperación del pavimento existente de conformidad con la Sección Típica, de conformidad con los planos o lo establecido en las Disposiciones Especiales

310.07 Conformación y compactación. La capa de recuperación del pavimento existente se debe conformar ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación. El contratista debe controlar por medio de ensayos de laboratorio y

de campo, la compactación que debe dar el material según el equipo de que dispone, para lograr la densidad indicada en las especificaciones 307.12 (d), 307.13(e) y 307.14 (e), según corresponda.

La determinación de la densidad máxima debe efectuarse por cada 3,000 metros cúbicos de material de capa estabilizada de recuperación del pavimento existente con el material de aporte ya incorporado.

La compactación en el campo se debe comprobar mediante el método AASHTO T 191. Con la aprobación escrita del Ingeniero, pueden utilizarse otros métodos técnicos incluyendo los no destructivos.

Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten. Las densidades de campo no deben ser efectuadas a una distancia menor de 40 metros en sentido longitudinal, sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para correcciones.

El material de capa estabilizada de recuperación del pavimento existente con la compactación realmente aplicada, dentro de las tolerancias establecidas, debe llenar los requisitos establecidos en la Especificación 307.06, según le corresponda de conformidad con los planos y Disposiciones Especiales.

Cuando el espesor de la capa a compactar excede de 300 milímetros, el material debe ser conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 100 milímetros.

Antes de iniciar las operaciones de construcción de capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, en forma continua, el Contratista debe efectuar un tramo de prueba en el ancho total de la misma, indicado en las secciones típicas de pavimentación, con las condiciones, maquinaria y equipo que utilizará para este efecto en la obra, con el objeto de que el Delegado Residente pueda determinar si el procedimiento y el equipo utilizado son los adecuados para alcanzar el porcentaje de compactación especificado. Si durante la

construcción ocurren cambios apreciables en las características y condiciones de los materiales o se cambie de banco de aprovisionamiento del material de aporte, se debe efectuar un nuevo tramo de prueba.

Si los resultados del tramo de prueba son satisfactorios para el Delegado Residente, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10,000 metros cúbicos de material de capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, siempre que la compactación se efectúe en idénticas condiciones que en el tramo de prueba.

310.08 Requisitos para estabilización con cal hidratada y lechada de cal. Se deberá de cumplir con lo establecido en las Especificaciones 307.04 (a), 307.04(b), 307.12 (a), (b) (1), (e), y (f).

310.09 Requisitos para estabilización con cemento hidráulico, conglomerantes hidráulicos o mezclas con otros estabilizadores. Se deberá cumplir con lo establecido en las Especificaciones 307.13 (a), 307.13 (b) (1), 307.13 (d), 307.13 (e), 307.13 (f) y 307.13 (g).

310.10 Requisitos para estabilización con emulsiones asfálticas. Se deberá cumplir con lo establecido en las Especificaciones 307.06 (a)(3), 307.14 (a), 307.14 (b) (1) y (2) y para las mezclas en carretera con las Especificaciones 307.14 (c) y (f).

El proceso de recuperación y estabilización del pavimento existente con emulsiones asfálticas, en lo que se refiere al pulverizado, adición de emulsión y mezcla, deberá efectuarse con equipo de recuperación especializado capaz de adicionar la emulsión, en forma controlada, de conformidad con la dosificación aprobada.

Cuando se use material de aporte en adición del material recuperado, estos materiales deberán ser mezclados previo a la adición de la emulsión.

Cuando el material recuperado y estabilizado con emulsiones asfálticas, se utilice en la capa de superficie del pavimento, el tamaño máximo de los agregados debe de ser de 1 pulgada, con una granulometría correspondiente a una graduación densa y el espesor de la capa de superficie, en este caso, no debe ser mayor de 100 milímetros.

El diseño de la mezcla, procedimientos de compactación y ensayos de laboratorio, deben efectuarse de acuerdo con lo establecido en el manual MS No. 19 del Instituto de Asfalto (Asphalt Institute). Para incrementar la resistencia de la mezcla, se podrá considerar la adición de cemento o cal hidratada en una proporción entre el 1.0% y 1.5% en peso de la mezcla.

El ensayo de Estabilidad Marshall deberá efectuarse de conformidad con la Norma ASTM D 1559, con la excepción que los especímenes compactados previo a la realización del ensayo, deben de dejarse al aire durante 2 horas a una temperatura de 25 grados Centígrados.

310.11 Estabilización con productos químicos orgánicos e inorgánicos. Se debe cumplir con lo establecido en la Especificación 307.15.

310.12 Requisitos de clima. Se debe cumplir con lo establecido en la Especificación 307.16 para mezclas en carretera.

310.13 Control de tránsito y mantenimiento. Se debe cumplir con lo establecido en la Especificación 307.17.

310.14 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106. Se debe de cumplir con lo establecido la Especificación 307.18.

310.15 Correcciones. Se debe cumplir con todo lo establecido en la Especificación 307.19 lo que se aplicará a las capas de Subbase, base y capa de rodadura de recuperación y estabilización del pavimento existente.

310.16 Medida.

(a) Material recuperado del pavimento existente. La medida se debe hacer del número de metros cuadrados del espesor de recuperación especificado, con aproximación de dos decimales, correspondiente al ancho promedio de la Sección Típica a construir indicada en los planos del

proyecto, satisfactoriamente construidos de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El área del material recuperado se debe determinar como el producto del ancho promedio por la longitud del tramo a recuperar y debe estar dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación, de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos o de conformidad con lo ordenado por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

(b) Material de aporte. El suministro y la colocación del material de aporte será medido por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, determinado por métodos analíticos con base al área neta comprendida entre la Sección Típica de Pavimentación al nivel de la capa recuperada y las secciones originales del pavimento existente. Para el efecto, a las áreas que requieran material de aporte se les debe deducir las áreas que estén afuera de los límites de la Sección Típica de construcción o de lo ordenado por el delegado residente al nivel de la capa recuperada. Las secciones originales del pavimento existente serán medidas por medio de secciones transversales como se indica en la Especificación 152.04 (b) usando para el cálculo del volumen el método del promedio de áreas extremas u otro como ahí se indica.

(c) Material estabilizador.

(1) Cal, cal hidratada, cemento hidráulico y conglomerantes hidráulicos. La medida de estos materiales estabilizadores, se debe hacer del número de kilogramos, con aproximación de dos decimales, ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

(2) Emulsiones asfálticas. La medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo

de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15.6° C, con aproximación de dos decimales, de emulsión asfáltica para estabilización, ordenados, realmente incorporados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

(3) Compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. Para el caso de los compuestos suministrados en estado líquido, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, suministrados en forma de concentrado sin diluir, y para el caso de los compuestos suministrados en estado sólido, la medida se debe hacer del número de kilogramos con aproximación de dos decimales. En ambos casos, esta medida corresponderá a la cantidad de material compuesto ordenado, realmente incorporado a la obra y aceptada dentro de las tolerancias establecidas de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

(d) Materiales para curado.

(1) Emulsión asfáltica. Cuando se utilice emulsión asfáltica, la medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6° C, con aproximación de dos decimales, de emulsión asfáltica para curado sin diluir, ordenados, realmente aplicados a la obra y aceptados dentro de las tolerancias y requisitos establecidos en la Especificación 307.18(c).

(2) Otros materiales para curado. Cuando de conformidad con la Especificación 307.07 (b), se utilicen otros materiales impermeables para curado, la medida se debe hacer, tal como se indique en las Disposiciones Especiales o en su ausencia en la forma como se indica en la Especificación anterior.

310.17 Pago.

- (a) **Material recuperado del pavimento existente.** El pago de la operación de recuperación se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en la Especificación 310.16 (a) y cubrirá todas las operaciones de escarificación, pulverización, mezcla del material de aporte, humidificación, homogeneización, conformación y compactación y que estén debidamente cubiertos por la capa de base en el caso de la Subbase recuperada o imprimados en el caso de la base recuperada, al costo unitario de contrato, correspondiente a Capa de Subbase o Capa de Base Recuperada.
- (b) **Material de aporte.** El pago del suministro y colocación del material de aporte se debe hacer por el número de metros cúbicos como se indica en la Especificación 310.16 (b) y cubrirá todas las operaciones de mezcla, humidificación, homogeneización, conformación y compactación, al costo unitario del contrato correspondiente al Material de Aporte.
- (c) **Material estabilizador.**
 - (1) **Cal, cal hidratada, conglomerantes hidráulicos y cemento hidráulico.** El pago de estos materiales estabilizadores se debe hacer del número de kilogramos, medidos como se indica en la Especificación 310.16 (c) (1) ordenados y realmente incorporados en la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, dentro de las tolerancias estipuladas en la Especificación 310.14, como lo establecen estas Especificaciones Generales, a los costos unitarios de contrato, correspondiente a Cal, Cemento, Puzolanas o Escorias de Alto Horno, según el caso.
 - (2) **Emulsión asfáltica.** El pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6° C, medidos como se indica en 310.16 (c) (2), ordenados y realmente incorporados en la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente dentro de las tolerancias

estipuladas en la Especificación 310.14, como lo establecen estas Especificaciones Generales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Emulsión Asfáltica.

- (3) **Compuestos químicos orgánicos e inorgánicos.** Para el caso de los compuestos suministrados en estado líquido, el pago se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, y para el caso de los compuestos suministrados en estado sólido, el pago se debe hacer del número de kilogramos, ambos medidos como se indica en la Especificación 310.16 (c) (3) ordenados y realmente incorporados en la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, dentro de las tolerancias estipuladas en la Especificación 310.14, como lo establecen estas Especificaciones Generales, al costo unitario de contrato, correspondiente a compuestos químicos orgánicos e inorgánicos.

(d) Materiales para curado.

- (1) **Emulsión asfáltica.** El pago se debe hacer por el número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6° C, medidos como se indica en la Especificación 310.16 (d) (1) ordenados y realmente aplicados sobre la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, dentro de las tolerancias estipuladas en la Sección 307.18(c)(4), como lo establecen estas Especificaciones Generales y al costo unitario de contrato, correspondiente a Emulsión Asfáltica para Curado.
- (2) **Otros materiales para curado.** El pago se debe hacer de conformidad con la medida indicada en la Especificación 310.16 (d) (2), ordenados y realmente aplicados sobre la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, dentro de las tolerancias y demás requisitos que se establezcan en las Disposiciones

Especiales y al costo unitario de contrato, correspondiente a Otros Materiales para Curado.

Estos costos incluyen el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por todos los materiales que sea necesario utilizar, ya sea solos o combinados, para construir la capa estabilizada de recuperación del pavimento existente, de conformidad con estas Especificaciones Generales, ni por el acarreo de los mismos; no se reconoce pago adicional por el suministro, acarreo y aplicación

de agua en todas las operaciones de estabilización incluyendo el curado. Tampoco se reconocerá el pago por el suministro, acarreo y aplicación de los acelerantes o los retardantes del fraguado; ni por las operaciones que sea necesario efectuar para la obtención y utilización de los materiales. Tampoco se reconoce pago extra por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de las deflexiones, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos deben estar incluidos en los correspondientes costos unitarios de Contrato.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Graduación	AASHTO T 27 AASHTO T11	Clasificación de suelos	AASHTO M 145
Límite líquido	AASHTO T 89	Cal	AASHTO M 216
Índice plástico	AASHTO T 90	Cemento hidráulico	AASHTO T 180
Equivalente de arena	AASHTO T 176	Emulsiones aniónicas	AASHTO M 140
Compactación	AASHTO T 180 AASHTO T 134 AASHTO T 191 AASHTO T 310	Emulsiones catiónicas	AASHTO M 208
Resistencia a compresión, suelo-cal	AASHTO T 220	Agua	AASHTO M 157 4.1.4
Resistencia a compresión, Subbase o base estabilizada con cemento	ASTM D 1632 ASTM D 1633		
Estabilidad Marshall	AASHTO T 245		
Humedad de campo, usando carburo	AASHTO T 217		
Mojado y secado, Subbase o base estabilizada con cemento	AASHTO T 135		
Deflexión viga Benkelman	AASHTO T 256 6.2.1		
Deflectómetro de impacto (FWD)	AASHTO T 256 6.2.4		
Deflexión y módulo de Superficie, deflectómetro de impacto manual (LWD)	ASTM E 2583		

SECCIÓN 311
FRESADO DEL PAVIMENTO

- 311.01. Definición.
- 311.02. Descripción.
- 311.03. Equipo.
- 311.04. Fresado.
- 311.05. Tolerancias.
- 311.06. Medida.
- 311.07. Pago.

311.01 Definición. Fresado. Es la operación de remoción y recuperación de la capa superior de la superficie del pavimento existente, a la profundidad máxima indicada en los planos y en las Disposiciones Especiales, o conforme lo ordene el Delegado Residente, para proporcionar una superficie uniforme de conformidad con las elevaciones y pendientes longitudinales y transversales establecidas en la Sección Típica. La superficie resultante no debe presentar irregularidades mayores que las establecidas en esta Sección.

311.02 Descripción. Este trabajo consiste en la remoción de la capa superior de pavimentos flexibles o rígidos por medio de un proceso de fresado, utilizando equipos especializados para este tipo de trabajos, conforme se establece en la presente Sección.

311.03 Equipo. El Contratista debe suministrar equipo para fresado que deberá ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto y los niveles de producción requeridos para mantener la eficiencia en las operaciones de fresado del pavimento. El equipo de fresado deberá cumplir con las siguientes características:

- (a) Debe ser autopropulsado, con potencia, tracción y estabilidad suficientes para mantener con exactitud los niveles de la superficie del fresado. El ancho de corte del equipo debe ser igual a por lo menos la mitad del ancho del carril.
- (b) Debe ser capaz de remover el espesor requerido del pavimento, en una o varias pasadas, mediante el uso de puntas o cuchillas de alta resistencia. El equipo debe estar provisto de un sistema automático para controlar el corte a los niveles requeridos mediante un esquí o sensores laterales acoplados a guías colocadas por referencias topográficas, con otro sistema automático para mantener la pendiente transversal.

- (c) Debe ser capaz de reducir el material existente al tamaño especificado.
- (d) Bandas transportadoras, sistema de carga y equipo de soporte adecuado para recuperar o disponer del material fresado de acuerdo con su volumen de producción.
- (e) Adicionalmente, se podrá utilizar equipo de precalentamiento para el fresado de pavimentos asfálticos, siempre que no exista contacto directo de llama sobre la superficie existente cuando los materiales obtenidos del fresado vayan a ser reutilizados como componentes de una nueva carpeta asfáltica.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

311.04 Fresado. Se debe utilizar guías laterales colocadas topográficamente para definir las pendientes longitudinales y transversales de la superficie fresada de acuerdo con los niveles, rasantes y pendientes indicadas en los planos. Las operaciones de fresado se deben de realizar en el sentido longitudinal de la carretera.

Cuando se requieran variaciones en la profundidad máxima de fresado, la transición entre las mismas deberá efectuarse con una pendiente uniforme máxima de 0.2%. Cuando la superficie fresada deba permanecer abierta al tránsito, al inicio y al final del tramo fresado se debe proveer una transición hacia la superficie original con la pendiente antes indicada. Cuando los trabajos de fresado no se completen en todo el ancho de la superficie de rodadura de la Sección Típica, se deberán efectuar las operaciones de prevención y control del tránsito como se indica en la Sección 155.

Si al final de la jornada de trabajo quedan desniveles mayores de tres (3) centímetros, se desvanecerá la diferencia de nivel entre la superficie

fresada hasta llegar al nivel original de la superficie de rodadura, en una longitud mínima de cinco (5) metros, a menos que en las Disposiciones Especiales o de conformidad con las indicaciones del Delegado Residente se indique otra.

Se debe utilizar una escoba giratoria inmediatamente detrás de las operaciones de fresado para remover todo el material suelto que no haya sido retirado por el equipo indicado en la Especificación 311.03 (c). Se debe minimizar el escape de polvo al aire.

Cuando en las Disposiciones Especiales se indique, el material fresado se podrá reutilizar transportándolo a la planta de producción de concreto asfáltico para ser mezclado con agregados triturados para producir un concreto asfáltico reciclado en caliente para su uso en las operaciones de pavimentación.

311.05 Tolerancias. La conformación de la superficie terminada de la capa fresada debe ser verificada mediante la utilización de una regla recta rodante o una regla o varilla de 3 metros de longitud graduada, determinándose si la altura es constante sobre la superficie en sentido transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades mayores de 6 milímetros tanto en el sentido longitudinal como en el transversal respecto al eje de la carretera.

Adicionalmente, la superficie fresada y de rodadura deben quedar limpias y los residuos producto del fresado deberán ser retirados y depositados en las áreas autorizadas por el Delegado Residente.

311.06 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cuadrados del espesor de fresado especificado, con aproximación de dos decimales, correspondiente al ancho promedio de la Sección Típica a fresar indicada en los planos del proyecto, satisfactoriamente ejecutados y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. El área del pavimento fresado se debe determinar como el producto del ancho promedio por la longitud del tramo a fresar y debe estar dentro de

los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas, de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos u ordenados por el Delegado Residente. La longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera, en proyección horizontal.

311.07 Pago. El pago de la operación de fresado se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en la Especificación 311.06 al costo unitario de contrato, correspondiente a Fresado del Pavimento y cubrirá todas las operaciones necesarias de movilización y uso del equipo de fresado y equipo auxiliar necesario para la realización de estos trabajos y la carga del material proveniente de estas operaciones, su transporte o acarreo y disposición en las áreas designadas por el Delegado Residente, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, incluyendo los trabajos topográficos, referenciación y mantenimiento del tránsito, todo de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

SECCIÓN 312
SUELO CEMENTO PLÁSTICO

- 312.01 Definición.
- 312.02 Descripción.
- 312.03 Requisitos de los materiales.
- 312.04 Mezcla, transporte y colocación.
- 312.05 Requisitos de la mezcla.
- 312.06 Control de calidad de la mezcla.
- 312.07 Control de calidad durante la construcción.
- 312.08 Tolerancias en las características de los materiales y de la mezcla.
- 312.09 Medida
- 312.10 Pago

312.01 Definición.

Suelo cemento plástico. Es el material resultante de la mezcla de agregados pétreos, mezcla de agregados pétreos y suelo o solo suelo con cemento, agua y aditivos químicos o aditivos minerales, en las proporciones adecuadas para lograr una mezcla fluida, auto nivelante, que se coloca sin compactar y sustituye al relleno compactado, para uso en condiciones especiales en carreteras. La norma ACI 229 define este tipo de mezclas como materiales de baja resistencia controlada (Controlled Low Strength Materials CLSM), cuya resistencia es igual o menor de 85 kg/cm² (1,200 lbs/plg²) a los 28 días.

Esta mezcla también se denomina concreto magro, en nuestro medio al suelo cemento plástico se le ha llamado lodocreto cuando ha sido usado en rellenos no compactados, pero sus características han permitido su uso para la cimentación de las tuberías de drenaje, sustituir capas de subrasante, subbase o base en trabajos de pavimentación según los requerimientos de cada capa y de las características del material con el que se cuente. Se puede utilizar también, en zonas en donde por limitaciones del derecho de vía o por la proximidad de construcciones no es posible el uso de compactadores vibratorios.

312.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención y explotación de bancos; el cribado de piedra o grava, para formar un material clasificado, el aprovisionamiento, transporte, almacenamiento y aplicación del cemento y agua; la mezcla en planta o en la carretera, según se indique en las Disposiciones Especiales, el transporte y suministro en el lugar de la obra, manejo y colocación del suelo cemento plástico para: reemplazo de tramos de reacondicionamiento de subrasante o de capas de Subbase y base de pavimentos, así como para formar la cuna de tuberías rígidas y flexibles o para el relleno de zanjas; rellenos de alcantarillas, rellenos en sitios de difícil acceso donde no es posible colocar

relleno compactado; rellenos estructurales; rellenos sobre zapatas; rellenos en excavaciones confinadas donde aflora agua y en general en zonas en donde no es posible usar rellenos compactados porque la vibración puede dañar estructuras cercanas.

MATERIALES

312.03 Requisitos de los materiales.

- (a) **Impurezas.** Los agregados pétreos o los suelos para la elaboración del suelo cemento plástico no deberán de contener: raíces, turba, terrones de arcilla, grama u otro material deletéreo. Debe cumplir con lo establecido en la Especificación 206.03(a).
- (b) **Agua.** El agua para la preparación del suelo cemento plástico debe ser potable, limpia y libre de materiales perjudiciales como: aceites, ácidos, álcalis, azúcar, cloruros y sulfatos, materia orgánica y otras sustancias nocivas. El agua de mar o aguas salobres o aguas estancadas de pantanos no se pueden usar en la preparación de suelo cemento plástico. El agua de los sistemas de abastecimiento y distribución de agua potable pueden usarse sin ensayos previos.

El agua de mar o aguas salobres o aguas estancadas de pantanos no se pueden usar en la preparación de suelo cemento plástico.

- (c) **Agregados pétreos.** Graduación: El suelo cemento plástico se puede preparar con una mezcla de arena y agregado fino menor de 9.5 milímetros (3/8") que cumplan con la norma ASTM C 33. Así mismo se puede preparar con una mezcla de suelos arenos limosos no plásticos y agregados pétreos siempre que se demuestre con ensayos de laboratorio que dan resultados aceptables de resistencia y fluidez.

(d) Cemento. Para la elaboración del suelo cemento plástico, se usan cementos tipo UG de conformidad con la Norma NTG 41095 (ASTM C 1157). Se admite el uso de otros tipos de cemento si mediante ensayos de laboratorio se comprueba que se obtienen resultados aceptables de resistencia y fluidez.

(e) Aditivos. Al suelo cemento plástico se le pueden adicionar aditivos químicos para aumentar el aire atrapado en la mezcla con el objeto de: mejorar la fluidez, reducir la contracción, reducir o eliminar la exudación, reducir la segregación, reducir el peso unitario y controlar el desarrollo de la resistencia última.

El incremento del aire atrapado también permite reducir el contenido de agua de la mezcla, no obstante, para prevenir la segregación cuando se usan altos contenidos de aire, la mezcla debe contener suficientes finos para promover la cohesión. También se debe de tener en cuenta que el incremento del aire atrapado puede requerir mayores presiones de bombeo.

La aceptación del uso de aditivos está sujeto a que se demuestre con ensayos de laboratorio la obtención de resultados favorables en la resistencia y fluidez de la mezcla de suelo cemento plástico.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

312.04 Mezcla, transporte y colocación: Dependiendo del volumen de suelo cemento plástico que vaya a ser colocado, la mezcla puede ser preparada usando mezcladoras de concreto o camiones de concreto premezclado e incluso plantas centrales de mezcla de concreto en proyectos de gran magnitud.

Cuando el Contratista use camiones mezcladores, se mantendrá la velocidad del mezclado normal y la secuencia de carga puede efectuarse en el siguiente orden y proporciones:

- 70% a 80% de la cantidad de agua requerida.
- 50% de los agregados.

- La cantidad total de cemento requerido.
- Se completa el volumen de agregados
- Se completa el volumen de agua.

Cuando este producto sea adquirido a proveedores establecidos, se requerirá el certificado de calidad, haciendo constar tipo de agregados, tipo de cemento y aditivos utilizados y resistencia a la compresión a los 28 días.

Para mezclas en planta, se seguirán procedimientos adaptados a los usados en la producción y transporte de concreto premezclado.

La colocación de la mezcla se puede efectuar por descarga mediante canaletas, bandas transportadoras, o sistemas de bombeo y tuberías. No se requiere vibración interna o compactación ya que la mezcla se consolida bajo su propio peso y el curado no es esencial para este tipo de mezcla.

En el relleno de muros, la mezcla debe ser colocada por capas, dejando que cada capa endurezca antes de la colocación de la siguiente capa para evitar que se generen sobrepresiones en los muros.

312.05 Requisitos de la mezcla: La resistencia del suelo cemento plástico se medirá por ensayos de compresión simple de acuerdo a la norma ASTM D 4832 Preparación y Ensayo de Cilindros de Material de Resistencia Baja Controlada.

De acuerdo con su uso en carreteras, el suelo cemento plástico deberá de tener las siguientes resistencias mínimas a los 28 días como se indica en las siguientes tablas:

Tabla 312-1
Resistencia mínima requerida para relleno

Uso	Resistencia según norma ASTM D 4832 (kg/cm ²)
Rellenos de zanjas	4 a 7
Cuna de tuberías	4 a 5
Relleno estructural	4 a 7

Tabla 312-2
Resistencia mínima requerida para substitución capas del pavimento

Uso	Resistencia según norma ASTM D 4832 (kg/cm ²)
Bases de pavimento rígido	14 a 40
Bases de pavimento flexible	28 a 85
Subbases	7 a 20

La experiencia ha demostrado que, si se quiere tener un relleno de suelo cemento plástico que se pueda excavar posteriormente a mano o con máquina, la resistencia de éste a los 28 días deberá ser igual o menor que 10 kg/cm².

312.06 Control de calidad de la mezcla. Toma de muestras: Las muestras del suelo cemento plástico se tomarán cuando éste esté recién mezclado y en estado fluido, siguiendo lo especificado en la norma ASTM D 5971.

(a) **Fluidez.** La fluidez del suelo cemento plástico se medirá siguiendo lo especificado en la norma ASTM C 143 si se desea un grado de fluidez de bajo a medio o usando la norma ASTM D6103 para las mezclas autonivelantes de un grado de fluidez alto.

Según el uso que se le dé al suelo cemento plástico la fluidez estará dentro de los siguientes límites como se muestra en la Tabla 312-3.

Tabla 312-3
Fluidez y revenimiento requeridos

Aplicación	Grado de fluidez	Revenimiento
Colocación en pendiente	Bajo	< 15 cm
Nivelación manual	Medio	15 a 20 cm
Autonivelante	Alto	>20 cm

- (b) Resistencia.** La resistencia del suelo cemento plástico se verificará ensayando probetas cilíndricas con una esbeltez, relación altura a diámetro de 2 según la norma ASTM D 4832.

312.07 Control de calidad durante la construcción.

- (a) Preparación del sitio.** El fondo y las paredes del sitio donde se coloque el suelo cemento plástico deberán estar libres de: terrones, suelo suelto, material caído, material orgánico o cualquier otro material que a juicio del Delegado Residente no sea apropiado o sea perjudicial.

Al colocar el suelo cemento plástico en zanjas o en rellenos de longitud apreciable se colocarán formaletas o retenes temporales de costales de arena para evitar que el suelo cemento plástico fluya dentro de la zona a llenar más de 20 metros lineales, medidos desde el punto de descarga.

Si en la excavación hay agua estancada el tirante de la misma no deberá exceder del 4% del espesor de cada capa a colocar. Si el tirante de agua excede de ese espesor se deberán usar bombas de achique para extraer el exceso de agua.

Si se coloca relleno de suelo cemento plástico en zanjas de alcantarillas o de tuberías de servicio, la colocación deberá hacerse en forma gradual y escalonada a ambos lados de la tubería o asegurando la tubería contra el fondo de la zanja, usando anclajes debidamente diseñados y construidos, con la debida aprobación del

Delegado Residente de forma tal que durante la fundición la tubería no se desplace.

- (b) Colocación.** El contratista se organizará de forma de no colocar suelo cemento plástico después de 90 minutos de completar la mezcla de cada bachada.

- (c) Resistencia.** Para obras que requieran menos de 100 metros cúbicos de suelo cemento plástico se tomarán 3 cilindros por cada 50 metros cúbicos colocados. Un cilindro se ensayará a los 7 días y dos a los 28 días. El contratista será responsable de la protección de los cilindros hasta el momento de su ensayo o hasta el momento que se le entreguen al laboratorio que hará las pruebas.

- (f) Flujo.** Cada 50 metros cúbicos se harán tres pruebas de fluidez, según la norma ASTM D 6103.

312.08 Tolerancias en las características de los materiales y de la mezcla. Si los ensayos efectuados a los materiales constituyentes o a su mezcla durante el proceso de construcción y después de haber efectuado las verificaciones correspondientes se establece que no se cumplen en más del 25% las especificaciones de resistencia, el Contratista deberá efectuar las correcciones necesarias a su costa, o el material será rechazado.

312.09 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos de Suelo Cemento Plástico, con aproximación de dos decimales, medidos en su posición final, satisfactoriamente colocados y

aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos y dentro de los límites y dimensiones indicados en los planos o aprobado por el Delegado Residente.

312.10 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en la Especificación 312.09, satisfactoriamente construidos como lo establecen los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Suelo Cemento Plástico.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Muestreo	ASTM D 5971	Agregado fino	ASTM C 33
Resistencia a la compresión simple	ASTM D 4832	Cemento	COGUANOR NTG 41095 (ASTM C 1157)
Peso unitario y contenido de aire para materiales de baja resistencia controlada	ASTM D 6023	Aditivos minerales	ASTM M 295
Fluidez de materiales de baja resistencia controlada	ASTM D 6103	Aditivos químicos	ASTM C 494

SECCIÓN 313
APILAMIENTO Y ALMACENAMIENTO
DE AGREGADOS

- 313.01 Definiciones.
- 313.02 Descripción
- 313.03 Materiales.
- 313.04 Selección de los lugares para apilamiento y almacenamiento.
- 313.05 Preparación de los lugares para apilamiento y almacenamiento.
- 313.06 Apilamiento de agregados.
- 313.07 Protección de los agregados.
- 313.08 Disponibilidad de los agregados.
- 313.09 Medida.
- 313.10 Pago.

313.01 Definiciones.

Apilamiento de agregados. Es la acción y efecto de poner en pilas o montones, los agregados que se utilizan en la construcción.

Almacenamiento de agregados. Es la acción y efecto de guardar los agregados destinados a la construcción de la obra, protegiéndolos adecuadamente en los sitios o lugares seleccionados, en forma tal que puedan conservarse sin contaminación y sin perder sus propiedades.

313.02 Descripción. Este trabajo consiste en la selección de los sitios o lugares para colocar los materiales; la limpieza y preparación de dichos lugares; la carga, transporte y descarga del agregado, distribuyéndolo en montones o pilas; la protección adecuada y el cuidado necesario de los agregados correspondientes; todo de acuerdo con estas Especificaciones Generales y lo indicado en los planos y Disposiciones Especiales.

313.03 Materiales. Los agregados depositados y almacenados deben mantener todos los requisitos especificados para el tipo y características de los materiales a utilizar según el caso, evitando especialmente la segregación y contaminación, todo de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

313.04 Selección de los lugares para apilamiento y almacenamiento. El Contratista debe proceder a seleccionar los lugares más adecuados según la posición más favorable para la ejecución de los trabajos, de conformidad con los planos y Disposiciones Especiales. La selección de estos lugares es responsabilidad absoluta del Contratista y no se reconoce ningún pago por acarreo o sobreacarreo, ni tampoco compensación alguna, si el material se pierde o se daña por cualquier causa.

313.05 Preparación de los lugares para apilamiento y almacenamiento. Los lugares destinados a estas operaciones deben prepararse, limpiándolos de toda materia vegetal, árboles, troncos, malezas, así como de los residuos y basura, en forma tal que se evite la contaminación del material de acuerdo con lo indicado en la Sección 202. Los sitios o lugares escogidos deben ser nivelados, conformados y compactados hasta lograr una sección transversal razonablemente uniforme que drene satisfactoriamente, y de preferencia con una pendiente no mayor del 8%. Se tiene que compactar la superficie en todo su ancho, con un mínimo de tres pasadas completas con equipo de compactación aprobado por el Delegado Residente.

Después de que el sitio haya sido nivelado y compactado, se tiene que colocar y compactar una capa de protección de agregados u otro material granular adecuado sobre toda el área de las pilas y las vías de acceso.

El espesor de la capa del agregado o material granular colocado para prevenir la contaminación de las pilas con suelo natural u otros materiales perjudiciales, debe ser suficiente para estabilizar el suelo del sitio y las vías de acceso y no deberá tener un espesor menor de 150 milímetros.

Las operaciones de carga de los materiales ya apilados para su uso posterior se deberán efectuar sin afectar la capa de protección ni a una profundidad que resulte en la contaminación de los agregados con los suelos existentes en la base de los apilamientos.

313.06 Apilamiento de agregados. Las pilas o montones aislados deben de tener una forma geométrica regular, no permitiéndose alturas inferiores a 5 metros, ni mayores de 12 metros, con una pendiente lateral no mayor a la del ángulo de reposo de los materiales, pero en ningún caso la pendiente podrá ser más plana que 1:1.

Para formar las pilas, los agregados se deben depositar en capas uniformes de espesores no mayores de 1 metro. Los agregados se deben colocar por medio de camiones de volteo, volquetes, u otro sistema de transporte y descarga por volteo equipados con llantas neumáticas. No se permite el uso de maquinaria empujadora ni de equipos o medios de apilado que causen degradación o segregación de los agregados.

No se debe verter el agregado de manera que parte de éste se escurra hacia abajo sobre las capas inferiores de la pila. No se deben verter agregados utilizando cubetas o canaletas en un lugar específico para formar una pila con forma de cono.

No se debe apilar agregados en los sitios en los que el tráfico pase a través de las pilas. Cuando se operen camiones sobre las pilas, se deben colocar planchas de paso, cuando sea requerido por el Delegado Residente, para evitar que el lodo de las llantas o cualquier otro material penetre en el material apilado.

Las pilas deben colocarse lo suficientemente separadas o deben ser separadas por medio de paredes o particiones para evitar que se mezclen las distintas graduaciones de agregados.

Después de medir y aceptar una pila de agregados que será utilizada en un futuro, ésta debe ser cubierta con un cobertor protector contra el medio ambiente.

313.07 Protección de los agregados. Las pilas se deben ubicar y formar de tal manera que no se produzca mezcla de agregados de diferente tipo o segregación en los mismos; alejando lo más posible las pilas de los lugares de paso de vehículos, para evitar su contaminación con el polvo. Cuando los materiales tengan que estar depositados al aire libre y las condiciones de intemperie sean desfavorables, es obligación del Contratista cubrirlos, utilizando cubiertas de polietileno, de lona o de otro material adecuado.

La cubierta debe de colocarse directamente encima de los agregados, fijándola adecuadamente y cubriendo toda la superficie del apilamiento,

para asegurar su protección contra la acción de los elementos naturales.

313.08 Disponibilidad de los agregados. Cuando el Contratista tenga almacenada una cantidad de agregados menor que la requerida para terminar la obra de que se trate, éste está obligado a completarla, aun cuando tenga que adquirirla de otra fuente que llene los mismos requisitos especificados. Cuando disponga de una cantidad mayor de agregados, sin que así se le haya requerido, si el Gobierno tiene interés o no en comprar dicho excedente, así se lo hará saber al Contratista, dentro de los 30 días siguientes a partir del día que se compruebe que se produjo un excedente, para que, en caso negativo, el Contratista pueda disponer libremente del material.

313.09 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos con aproximación de dos decimales, de agregados apilados y almacenados en los lugares seleccionados. Este volumen se debe determinar, utilizando métodos analíticos por medición directa de las pilas formadas. Esta medida será hecha solamente con propósito de referencia.

313.10 Pago. No se reconoce ningún pago por concepto de apilamiento de agregados, ni su transporte y acarreo, ya que el costo de estas operaciones deberá estar incluido en el costo de los renglones que utilicen los agregados apilados y de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02 de los costos unitarios de los renglones de trabajo incluyen la compensación total de todas las actividades requeridas para la finalización de un Renglón contratado.

Tampoco se reconoce ningún pago adicional por la adquisición o arrendamiento de terrenos, limpia, chapeo y destronque de los mismos, construcción de caminos de acceso, agregados y materiales de recubrimiento del terreno, cubiertas de protección de las pilas, cercas, vigilancia, y pérdida de materiales por erosión, robo o cualquier otra causa.

SECCIÓN 314
PALIATIVOS DEL POLVO

- 314.01. Definición.
- 314.02. Descripción.
- 314.03. Requisitos de los materiales.
- 314.04. Generalidades.
- 314.05. Preparación y aplicación.
- 314.06. Medida.
- 314.07. Pago.

314.01 Definición.

Paliativo del polvo. Es la aplicación de uno o más riegos de un material sobre una superficie preparada de una carretera para aplacar el polvo.

314.02 Descripción. Este trabajo consiste en el suministro de los materiales a usar como paliativos del polvo y la aplicación de los mismos sobre la superficie de la carretera, de conformidad con estas Especificaciones Generales o las Disposiciones Especiales.

MATERIALES

314.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Cloruro de calcio.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 144 Clase A, Tipo L para aplicación en forma líquida y Tipo

S Grados 1, 2 o 3, para aplicación en escamas; ambas con una proporción mínima de 35% en peso.

(b) **Emulsión asfáltica.** Las emulsiones asfálticas, según su tipo, cumplirán con las siguientes características:

(1) **Emulsiones aniónicas.** Deben cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 140.

(2) **Emulsiones catiónicas.** Deben cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 208.

Además, las emulsiones asfálticas deben cumplir con los requisitos de temperatura indicados en la siguiente tabla.

Tabla 314-1
Rango de temperaturas de aplicación

Tipo y grado de la emulsión asfáltica	Rangos de temperaturas de rociado mínima-máxima en °C
SS-1, SS-1h CSS-1, CSS-1h	20-70 20-70

(c) **Sulfonato de lignina.** El Contratista debe suministrar una solución de agua con una base catiónica de amoniaco, calcio o sodio. Debe cumplir con lo siguiente:

(1) Sólidos	50%
(2) Gravedad específica ASTM D 1298	1.20 mínimo
(3) pH, según ASTM E 70	3.0 a 8.0

(d) **Cloruro de magnesio.** El Contratista debe suministrar una solución en salmuera que cumpla con lo siguiente:

(1) Cloruro de magnesio, por masa	28% a 35%
(2) Agua, por masa	65% a 72%
(3) Gravedad específica, ASTM D 1298	1.29 a 1.33

(e) **Agua.** El Contratista debe suministrar agua libre de substancias nocivas para los materiales a ser utilizados en la ejecución de los trabajos.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

314.04 Generalidades. Se debe conformar y nivelar la subrasante existente, dejando de 25 milímetros a 50 milímetros de material suelto, el que se humedece aplicando los paliativos del polvo a razón de 1.0 lt/m² a 2.25 lt/m² o la proporción aprobada por el Delegado Residente y se procederá a efectuar la mezcla y la compactación de la capa.

El distribuidor debe ser capaz de calentar el paliativo de manera uniforme. Debe tener una barra de rociado de circulación ajustable a un ancho de 4.6 metros y una manguera con boquilla para poder trabajar las áreas inaccesibles al distribuidor y para los trabajos de acabado. El distribuidor deberá tener un tacómetro, un calibrador de presiones, un dispositivo para medición de volúmenes o un tanque calibrado para depositar uniformemente

el paliativo sobre todo el ancho con una tolerancia de 0.08 litros por metro cuadrado de la razón de aplicación requerida. Deberá tener además un termómetro para medir la temperatura del paliativo en el tanque.

No se debe aplicar el paliativo del polvo cuando el clima esté nublado o lluvioso o cuando se esperen lluvias dentro de las 24 horas de la aplicación. El paliativo debe ser aplicado cuando la temperatura ambiente sea mayor de 4 °C.

Las superficies de las estructuras y de los árboles deben ser protegidas durante la aplicación del paliativo para protegerlos de las salpicaduras u otros daños. Se deben usar varias aplicaciones en una cantidad reducida, si es necesario, para prevenir escurremientos. Se prohíbe verter paliativos del polvo en las fuentes de agua o en sus proximidades.

314.05 Preparación y aplicación.

(a) **Emulsión asfáltica.** La superficie debe ser preparada de acuerdo con lo indicado en la Sección 301.

Las emulsiones se deben diluir en 5 o más partes, en volumen, de agua. El material diluido se debe regar con el distribuidor de asfalto en repetidas aplicaciones ligeras, según se requiera, de acuerdo con lo indicado en 404.08. La cantidad de aplicación debe variar entre 0.45 y 2.3 litros por metro cuadrado o en la cantidad aprobada por el Delegado Residente.

(b) **Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio.** Cuando se utilice sulfonato de lignina, éste debe ser diluido con agua hasta que la mezcla contenga 40 ± 10 por ciento de sulfonato de lignina en volumen. Al suministrar el sulfonato de lignina, el Contratista debe presentar un certificado de calidad con indicación de la fecha de compra, número de identificación del vehículo que lo transporta, masa neta, volumen neto a 15 °C, gravedad específica a 15 °C, porcentaje de sólidos por peso, pH y marca del producto. Cuando se utilice cloruro de calcio, se debe preparar una solución

con agua que contenga 32 ± 5 por ciento de cloruro en masa.

Cuando se utilice cloruro de magnesio, la salmuera debe ser aplicada cuando la temperatura ambiente sea mayor de 15°C .

La aplicación se debe hacer en una cantidad de 1.4 a 2.7 litros por metro cuadrado o en la cantidad aprobada por el Delegado Residente. La superficie debe ser compactada.

314.06 Medida.

- (a) **Emulsión asfáltica.** La medida se debe hacer del número de galones, con aproximación de dos decimales, de Emulsión Asfáltica sin diluir para Paliativo del Polvo, satisfactoriamente aplicados de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.
- (b) **Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio.** La medida se debe hacer del número de galones, con aproximación de dos decimales, de mezcla ya preparada para Paliativo del Polvo, satisfactoriamente aplicada de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

314.07 Pago.

- (a) **Emulsión asfáltica.** El pago se debe hacer del número de galones, con aproximación de dos decimales, de Emulsión Asfáltica sin diluir para Paliativo del Polvo, medidos como se indica en la Especificación 314.06 (a), satisfactoriamente aplicados de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales al costo unitario de contrato correspondiente a Paliativos del Polvo con Emulsión Asfáltica.
- (b) **Sulfonato de lignina, cloruro de calcio o cloruro de magnesio.** El pago se debe hacer del número de galones, con aproximación de dos decimales, de mezcla ya preparada para Paliativo del Polvo, medidos como se indica en la Especificación 314.06 (b), satisfactoriamente aplicada de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

No se debe hacer ningún pago por separado por el suministro de la mano de obra, materiales, herramientas, equipo y por el agua, el mezclado y la aplicación en la carretera.

Estos costos incluyen todo el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Gravedad específica	ASTM D 1298	Cloruro de calcio	AASHTO M 144
PH soluciones acuosas	ASTM E 70	Emulsiones asfálticas aniónicas	AASHTO M 140
		Emulsiones asfálticas catiónicas	AASHTO M 208

DIVISIÓN 400
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

SECCIÓN 401
PAVIMENTO DE CONCRETO
ASFÁLTICO EN CALIENTE

- 401.01. Definiciones.
- 401.02. Descripción.
- 401.03. Requisitos de los materiales.
- 401.04. Determinación del procedimiento de construcción.
- 401.05. Producción del material pétreo.
- 401.06. Preparación del material pétreo para mezcla en planta.
- 401.07. Preparación del cemento asfáltico.
- 401.08. Mezcla.
- 401.09. Cantidad del cemento asfáltico.
- 401.10. Carga y transporte de la mezcla.
- 401.11. Requisitos del clima.
- 401.12. Pavimentadoras.
- 401.13. Preparación de la superficie.
- 401.14. Colocación y tendido.
- 401.15. Compactación.
- 401.16. Juntas.
- 401.17. Trabajo nocturno.
- 401.18. Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 401.19. Correcciones.
- 401.20. Medida.
- 401.21. Pago.

401.01 Definiciones.

Concreto asfáltico. Es el sistema de construcción asfáltica, que consiste en la elaboración en planta, en caliente, de una mezcla de proporciones estrictamente controladas de materiales pétreos, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos, para obtener un producto de alta resistencia y duración, con características de calidad uniformes, que se puede tender y compactar de inmediato en la carretera, en una o en varias capas, de ser requerido, para proporcionar las características de resistencia y textura a las capas de soporte o de superficie, según se establezca en los planos y en las Disposiciones Especiales.

En los planos de Sección Típica de Pavimentación, se deberá indicar el año base utilizado para el diseño del pavimento, el período de diseño, el total de ejes equivalentes de 80 kN (ESAL) en el carril de diseño durante el período correspondiente, los espesores de las capas de concreto asfáltico con sus respectivas graduaciones y tipo de cemento asfáltico.

Mezcla tradicional. Sistema usado tradicionalmente en los proyectos de pavimentación en Guatemala para definir las propiedades del concreto asfáltico y los procedimientos para el diseño de mezclas de concreto asfáltico usando el método Marshall.

SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavement). Sistema para definir y medir las propiedades del asfalto y de los procedimientos para el diseño de mezclas de concreto asfáltico y su desempeño, desarrollada por el SHRP (Strategic Highway Research Program) de la FHWA (Federal Highway Administration).

Clasificación del cemento asfáltico por desempeño (PG - Performance Graded). Sistema de clasificación del cemento asfáltico basado en las temperaturas

máxima y mínima de trabajo a las que se desempeñará la mezcla asfáltica. Dicha clasificación se indica en la norma AASHTO M 320.

401.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos; la trituración de piedra o grava, combinándolas con arena de río o triturada, polvo mineral de trituración y material de relleno para formar un material clasificado que cumpla con las especificaciones definidas en esta Sección; así como el apilamiento, almacenamiento y acarreo del material a mezclar; el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento y aplicación del material bituminoso; el acarreo, colocación, tendido, conformación y compactación de la mezcla asfáltica; la regulación del tránsito; así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias, para construir el concreto asfáltico en una o varias capas, la cual debe tener el ancho, espesores y proporciones indicadas en los planos y en las Disposiciones Especiales, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

En las Disposiciones Especiales se deberá de indicar el sistema a utilizar para el diseño de las mezclas de concreto asfáltico, ya sea tradicional o SUPERPAVE. Cuando no se indique en las Disposiciones Especiales, este se deberá basar en el nivel de tránsito de acuerdo con lo siguiente:

Aplicación de Mezcla Tradicional o SUPERPAVE de acuerdo con el volumen de tránsito

Tráfico, en millones de ESAL	Método de diseño
≤ 1	Tradicional
1 < ESAL ≤ 30	Tradicional con desempeño o SUPERPAVE
> 30	SUPERPAVE

MATERIALES

401.03 Requisitos de los materiales.

(a) Agregados para mezclas tradicionales.

(1) **Agregado grueso (retenido en el tamiz de 4.75 milímetros).** El Contratista debe suministrar partículas de roca, piedra o grava trituradas que cumplan con lo siguiente:

a) Abrasión:	
AASHTO T 96	30% máximo
AASHTO T 327	20% máximo
b) Desintegración al sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T 104	12% máximo
c) Caras fracturadas:	
1 cara fracturada	90% mínimo
2 caras fracturadas	75% mínimo
d) Partículas planas o alargadas, ASTM D 4791	8% máximo

(2) **Agregado fino (100 % Pasa el tamiz de 4.75 milímetros).** El Contratista debe

suministrar arena, piedra triturada, grava tamizada, o una combinación de éstas que cumpla con los siguientes requisitos:

- a) Equivalente de arena, AASHTO T 176 45 mínimo
- b) Índice Plástico, AASHTO T 90 4% máximo
- c) Graduación N° 2 o N° 3 de AASHTO M 29
- d) Azul de Metileno: AASHTO T 330 15 máximo

(3) **Polvo mineral.** Cuando se necesite agregar polvo mineral como ingrediente separado, en adición al que contiene el agregado pétreo después de su trituración, peste debe consistir en: polvo de roca, cemento hidráulico, cal hidratada u otro material inerte no absorbente, que llene, según AASHTO M 17, los requisitos siguientes:

El polvo mineral debe estar libre de impurezas orgánicas y exceptuando la cal y el cemento, debe tener un Índice Plástico no mayor de 4 y al momento de su uso, debe de estar lo suficientemente seco para fluir libremente y no formar grumos.

El polvo mineral debe llenar los requisitos de graduación, determinados según AASHTO T 37, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 401-1
Requisitos de graduación para el polvo mineral

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje total que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 37)
0.600	30	100 %
0.300	50	95-100 %
0.075	200	70-100 %

(4) Mezcla compuesta de agregados. El Contratista debe dimensionar, graduar, y combinar las fracciones de agregados en proporciones mixtas de acuerdo con lo siguiente:

a) **Graduación.** Las fracciones de agregado deben ser dimensionadas, graduadas y combinadas en proporciones dosificadas que resulten en una mezcla compuesta con una curva granulométrica continua, sin quiebres bruscos, situada dentro de los límites para el tamaño máximo

nominal apropiado del agregado indicado en la tabla 401-2, correspondiente a graduaciones densas. Las graduaciones finas de mezclas asfálticas utilizadas para arena asfalto y lámina asfáltica están especificadas en la Sección 410. Cuando en las Disposiciones Especiales se especifiquen mezclas abiertas para capa de superficie o de base, en las mismas también se debe de indicar el rango admisible para cada tamiz estándar que regirá para la graduación a ser utilizada.

Tabla 401-2
Graduación de agregados para pavimento de concreto asfáltico (ASTM D 3515)

Tamaño del tamiz	Porcentaje en masa que pasa el tamiz designado (AASHTO T 27 y T 11)				
	Graduación designada y tamaño máximo nominal ⁽¹⁾				
	B (38.1 mm)	C (25.4 mm)	D (19 mm)	E (12.5 mm)	F (9.5 mm)
63.00 mm					
50.00 mm	100				
38.10 mm	90-100	100			
25.00 mm	-	90-100	100		
19.00 mm	56-80	-	90-100	100	
12.50 mm	-	56-80	-	90-100	100
9.50 mm	-	-	56-80	-	90-100
4.75 mm	23-53	29-59	35-65	44-74	55-85
2.36 mm ⁽²⁾	15-41	19-45	23-49	28-58	32-67
0.30 mm	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23
0.075 mm	0-6	1-7	2-8	2-10	2-10

- (1) El tamaño máximo nominal es el tamaño del tamiz mayor siguiente al tamaño del primer tamiz que retenga más del 10% del agregado combinado. El tamaño máximo es el del tamiz mayor al correspondiente al tamaño máximo nominal.
- (2) El porcentaje que pasa el tamiz No. 8 (2.36 mm), cuando se aproxima al valor máximo indicado en esta tabla, dará como resultado una textura fina, mientras que porcentajes próximos al valor mínimo indicado darán como resultado comparativamente una superficie más áspera y consecuentemente con mayor fricción.
- (3) La proporción alta de arenas naturales a arenas de trituración o de arenas finas a arenas gruesas pueden producir mezclas tiernas que no resisten el peso de las compactadoras a temperaturas normales de compactación. Un indicativo de esta condición lo da un exceso mayor del 3% en el porcentaje que pasa el tamiz No. 30 (0.600 mm) respecto al porcentaje establecido para este tamaño en la línea de densidad máxima correspondiente al tamaño máximo nominal de la mezcla considerada.
- (4) En relación a la prevención de mezclas finas también se puede considerar limitar la proporción de arena natural a menos del 25% de la masa total y limitar la proporción de arenas naturales a menos del 50% de la fracción del agregado fino.

- b) La mezcla de agregados debe estar libre de materia vegetal, basura, terrones de arcilla o substancias que puedan causar fallas en el pavimento.
- c) La mezcla de agregados debe ser uniforme en calidad y densidad y su peso unitario AASHTO T 19 no debe ser menor de 1360 kilogramos por metro cúbico.
- d) La mezcla de agregados o de agregados y polvo mineral debe tener un índice plástico determinado según el método AASHTO T 90, menor del 4%, excepto cuando el polvo

mineral esté constituido por cal hidratada o cemento hidráulico.

(b) Agregados para mezclas SUPERPAVE.

En adición a los requisitos establecidos en la Especificación 401.03 (a) para los agregados para mezclas tradicionales, los agregados para mezclas SUPERPAVE, deben cumplir con los requisitos siguientes:

- (1) Caras fracturadas (ASTM D 5821) el ensayo en el material retenido en el tamiz de 4.75 mm debe estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 401-3.

Tabla 401-3
Requisitos de caras fracturadas (100 % retenido en el tamiz 4.75 mm)

Tráfico, en millones de ESAL	Profundidad desde la superficie	
	< 100 mm	≥ 100 mm
3-10	90/80	-/-
10-30	95/90	90/75
30-100	100/100	95/90
mayor a 100	100/100	100/100

Nota: "90/80" significa que 90% del agregado grueso tiene una cara fracturada y 80% tiene dos o más caras fracturadas.

- (2) Angularidad del agregado fino, AASHTO T 304, ASTM C 1252 Método A, de acuerdo con la Tabla 401-4.

Tabla 401-4
Angularidad del agregado fino

Tráfico, en millones de ESAL	Profundidad desde la superficie	
	< 100 mm	≥ 100 mm
menor o igual a 0.3	-	-
0.3-1	40 min.	-
1-3	40 min.	40 min.
3-30	45 min.	40 min.
mayor a 30	45 min.	45 min.

Nota: Los valores indicados corresponden al porcentaje de vacíos del agregado fino compactado suelto.

- (3) **Equivalente de arena**, AASHTO T 176, de acuerdo con la Tabla 401-5.

Tabla 401-5
Requisito de equivalente de arena

Tráfico, en millones de ESAL	Equivalente de arena (Mínimo)
menor o igual a 3	40
3-30	45
mayor a 30	50

(4) Graduación. Las fracciones de agregado deben ser dimensionadas, graduadas y combinadas en proporciones dosificadas que resulten en una mezcla compuesta con una curva granulométrica continua, sin quiebres bruscos, situada dentro de los puntos de control para el tamaño máximo nominal apropiado del agregado indicado en las Tablas 401-6 a 401-10.

El tamaño máximo nominal es el tamaño del tamiz mayor siguiente al tamaño del primer tamiz que retenga más del 10% del agregado combinado. El tamaño máximo es el del tamiz mayor al correspondiente al tamaño máximo nominal.

El tamaño máximo nominal del agregado de la graduación especificada para la capa de superficie deberá estar comprendido entre 9.5 mm y 19.0 mm y para las capas de soporte o inferiores deberá estar comprendido entre 19.0 mm y 25.0 mm, siempre y cuando el tamaño máximo nominal sea menor que un medio del espesor de la capa que se esté trabajando.

Para el análisis granulométrico de los agregados, se usarán gráficos en donde el eje de las abscisas corresponde al logaritmo de la abertura en milímetros de los tamices, el eje vertical corresponde al porcentaje que pasa

en cada tamiz, la línea de densidad máxima es la unión del origen con el tamaño máximo de los agregados. El tamaño máximo de los agregados, de conformidad con la serie de tamices especificados, corresponde a dos tamaños más al del primer tamiz que retiene más del 10% de los agregados.

La ecuación de la línea de densidad máxima, corresponde a la de la curva de Fuller en donde el exponente 0.5 se redujo a 0.45 de conformidad con las modificaciones propuestas por la Federal Highway Administration, como se indica a continuación:

$$p = 100 (d/D)^{0.45}$$

En donde:

p = porcentaje que pasa el tamiz considerado
d = tamaño en mm de la abertura del tamiz
D = tamaño en mm del agregado máximo

No es recomendable el uso de mezclas con graduaciones que crucen o se ubiquen en las zonas restringidas indicadas en las tablas 401-6 a 401-10. Preferentemente la graduación deberá ubicarse por debajo de la zona restringida. La graduación se verificará de acuerdo con el ensayo especificado en AASHTO T 11 y AASHTO T 27.

Tabla 401-6
Graduación SUPERPAVE para agregado con tamaño máximo nominal de 9.5 mm

Tamiz (mm)	Puntos de control		Gráfica de 0.45 densidad máxima	Zona restringida	
	Máx.	Min.		Límite mínimo	Límite máximo
12.50	100		100.0		
9.50	100	90	88.4		
4.75	90		64.7		
2.36	67	32	47.2	47.2	47.2
1.18			34.6	31.6	37.6
0.600			25.3	23.5	27.5
0.300			18.7	18.7	18.7
0.150			13.7		
0.075	10	2	10.0		

Tabla 401-7
Graduación SUPERPAVE para agregado con tamaño máximo nominal de 12.5 mm

Tamiz (mm)	Puntos de control		Gráfica de 0.45 densidad máxima	Zona restringida	
	Máx.	Min.		Límite mínimo	Límite máximo
19.00	100		100.0		
12.50	100	90	82.8		
9.50	90		73.2		
4.75			53.6		
2.36	58	28	39.1	39.1	39.1
1.18			28.6	25.6	31.6
0.600			21.1	19.1	23.1
0.300			15.5	15.5	15.5
0.150			11.3		
0.075	10	2	8.3		

Tabla 401-8
Graduación SUPERPAVE para agregado con tamaño máximo nominal de 19 mm

Tamiz (mm)	Puntos de control		Gráfica de 0.45 densidad máxima	Zona restringida	
	Máx.	Min.		Límite mínimo	Límite máximo
25.00	100		100.0		
19.00	100	90	88.4		
12.50	90		73.2		
9.50			64.7		
4.75			47.4		
2.36	49	23	34.6	34.6	34.6
1.18			25.3	22.3	28.3
0.600			18.7	16.7	20.7
0.300			13.7	13.7	13.7
0.150			10.0		
0.075	8	2	7.3		

Tabla 401-9
Graduación SUPERPAVE para agregado con tamaño máximo nominal de 25 mm

Tamiz (mm)	Puntos de control		Gráfica de 0.45 densidad máxima	Zona restringida	
	Máx.	Min.		Límite mínimo	Límite máximo
37.50	100		100.0		
25.00	100	90	83.3		
19.00	90		73.6		
12.50			61.0		
9.50			53.9		
4.75			39.5	39.5	39.5
2.36	45	19	28.8	26.8	30.8
1.18			21.1	18.1	24.1
0.600			15.6	13.6	17.6
0.300			11.4	11.4	11.4
0.150			8.3		
0.075	7	1	6.1		

Tabla 401-10
Graduación SUPERPAVE para agregado con tamaño máximo nominal de 37.5 mm

Tamiz (mm)	Puntos de control		Gráfica de 0.45 densidad máxima	Zona restringida	
	Máx.	Min.		Límite mínimo	Límite máximo
50.00	100		100.0		
37.50	100	90	87.9		
25.00	90		73.2		
19.00			64.7		
12.50			53.6		
9.50			47.4		
4.75			34.7	34.7	34.7
2.36	41	15	25.3	23.3	27.3
1.18			18.5	15.5	21.5
0.600			13.7	11.7	15.7
0.300			10.0	10.0	10.0
0.150			7.3		
0.075	6	0	5.4		

(5) Desintegración al sulfato de sodio (5 ciclos).
 AASHTO T 104. 10% máximo

(6) Materiales perjudiciales y terrenos de arcillas. AASHTO T 112. Valores entre 0.2% y 10% dependiendo de la composición exacta de los contaminantes.

(c) Requisitos para el cemento asfáltico. El tipo, grado y especificación del cemento asfáltico deberá ser clasificado por Grado PG para niveles de tránsito menor o igual a 30×10^6 ESAL y por Grado de Desempeño Ampliado (PG-MSCR) para tránsitos mayores a 30×10^6 ESAL, ya sea asfalto modificado o convencional. Se podrá utilizar cemento asfáltico clasificado por Grado

Viscosidad para mezclas tradicionales con tránsitos menores a 10x106 ESAL. El asfalto seleccionado deberá ser uno de los establecidos en la Tabla 401-11, o según lo indiquen las Disposiciones Especiales.

Para el caso de los asfaltos con clasificación PG y PG-MSCR, el grado se indicará en las Disposiciones Especiales con base a la aplicación de los modelos del LTPP para las temperaturas máximas y mínimas del pavimento a 20 mm de profundidad; donde la $T_{máx}$ se obtiene mediante el promedio de las temperaturas máximas durante los siete días consecutivos más calurosos del año de un registro histórico,

y la $T_{mín}$ se obtiene con base al promedio de las temperaturas mínimas anuales de un registro histórico tomando en cuenta la desviación estándar de la temperatura promedio del aire y usando un nivel de confiabilidad del 98% ($Z=2.055$).

El nivel de ajuste por tránsito para la clasificación por Grado PG se realizará incrementando el grado de la temperatura alta, un grado para tránsito lento y un grado adicional si el tránsito esperado excede de un ESAL de 30x106 en el carril de diseño, fijando los grados para los rangos de temperaturas indicados en la Tabla 401-11.

Tabla 401-11
Especificaciones del cemento asfáltico

Tipo y grado del cemento asfáltico	Especificación																																																
Clasificación por viscosidad: Para tránsito: ESAL $\leq 10 \times 10^6$ <ul style="list-style-type: none"> • AC-10¹ • AC-20¹ • AC-30² • AC-40¹ 	AASHTO M 226 <small>⁽¹⁾ AC-10, AC-20 y AC-40 de conformidad con Tabla 1 ⁽²⁾ AC-30 de conformidad con Tabla 2</small>																																																
Clasificación por Grado PG: Para tránsito: ESAL $\leq 30 \times 10^6$ <ul style="list-style-type: none"> • PG 64-10, PG 64-16, PG 64-22 • PG 70-10, PG 70-16, PG 70-22 • PG 76-10, PG 76-16, PG 76-22 • PG 82-10, PG 82-16, PG 82-22 	AASHTO M 320																																																
Clasificación por Grado de Desempeño Ampliado (PG-MSCR): Para cualquier nivel de tránsito <table border="0" data-bbox="161 1340 1098 1703"> <tr> <td>• Grado PG 64S-10</td> <td>• Grado PG 70S-10</td> <td>• Grado PG 76S-10</td> <td>• Grado PG 82S-10</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64H-10</td> <td>• Grado PG 70H-10</td> <td>• Grado PG 76H-10</td> <td>• Grado PG 82H-10</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64V-10</td> <td>• Grado PG 70V-10</td> <td>• Grado PG 76V-10</td> <td>• Grado PG 82V-10</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64E-10</td> <td>• Grado PG 70E-10</td> <td>• Grado PG 76E-10</td> <td>• Grado PG 82E-10</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64S-16</td> <td>• Grado PG 70S-16</td> <td>• Grado PG 76S-16</td> <td>• Grado PG 82S-16</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64H-16</td> <td>• Grado PG 70H-16</td> <td>• Grado PG 76H-16</td> <td>• Grado PG 82H-16</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64V-16</td> <td>• Grado PG 70V-16</td> <td>• Grado PG 76V-16</td> <td>• Grado PG 82V-16</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64E-16</td> <td>• Grado PG 70E-16</td> <td>• Grado PG 76E-16</td> <td>• Grado PG 82E-16</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64S-22</td> <td>• Grado PG 70S-22</td> <td>• Grado PG 76S-22</td> <td>• Grado PG 82S-22</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64H-22</td> <td>• Grado PG 70H-22</td> <td>• Grado PG 76H-22</td> <td>• Grado PG 82H-22</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64V-22</td> <td>• Grado PG 70V-22</td> <td>• Grado PG 76V-22</td> <td>• Grado PG 82V-22</td> </tr> <tr> <td>• Grado PG 64E-22</td> <td>• Grado PG 70E-22</td> <td>• Grado PG 76E-22</td> <td>• Grado PG 82E-22</td> </tr> </table>	• Grado PG 64S-10	• Grado PG 70S-10	• Grado PG 76S-10	• Grado PG 82S-10	• Grado PG 64H-10	• Grado PG 70H-10	• Grado PG 76H-10	• Grado PG 82H-10	• Grado PG 64V-10	• Grado PG 70V-10	• Grado PG 76V-10	• Grado PG 82V-10	• Grado PG 64E-10	• Grado PG 70E-10	• Grado PG 76E-10	• Grado PG 82E-10	• Grado PG 64S-16	• Grado PG 70S-16	• Grado PG 76S-16	• Grado PG 82S-16	• Grado PG 64H-16	• Grado PG 70H-16	• Grado PG 76H-16	• Grado PG 82H-16	• Grado PG 64V-16	• Grado PG 70V-16	• Grado PG 76V-16	• Grado PG 82V-16	• Grado PG 64E-16	• Grado PG 70E-16	• Grado PG 76E-16	• Grado PG 82E-16	• Grado PG 64S-22	• Grado PG 70S-22	• Grado PG 76S-22	• Grado PG 82S-22	• Grado PG 64H-22	• Grado PG 70H-22	• Grado PG 76H-22	• Grado PG 82H-22	• Grado PG 64V-22	• Grado PG 70V-22	• Grado PG 76V-22	• Grado PG 82V-22	• Grado PG 64E-22	• Grado PG 70E-22	• Grado PG 76E-22	• Grado PG 82E-22	AASHTO M 332
• Grado PG 64S-10	• Grado PG 70S-10	• Grado PG 76S-10	• Grado PG 82S-10																																														
• Grado PG 64H-10	• Grado PG 70H-10	• Grado PG 76H-10	• Grado PG 82H-10																																														
• Grado PG 64V-10	• Grado PG 70V-10	• Grado PG 76V-10	• Grado PG 82V-10																																														
• Grado PG 64E-10	• Grado PG 70E-10	• Grado PG 76E-10	• Grado PG 82E-10																																														
• Grado PG 64S-16	• Grado PG 70S-16	• Grado PG 76S-16	• Grado PG 82S-16																																														
• Grado PG 64H-16	• Grado PG 70H-16	• Grado PG 76H-16	• Grado PG 82H-16																																														
• Grado PG 64V-16	• Grado PG 70V-16	• Grado PG 76V-16	• Grado PG 82V-16																																														
• Grado PG 64E-16	• Grado PG 70E-16	• Grado PG 76E-16	• Grado PG 82E-16																																														
• Grado PG 64S-22	• Grado PG 70S-22	• Grado PG 76S-22	• Grado PG 82S-22																																														
• Grado PG 64H-22	• Grado PG 70H-22	• Grado PG 76H-22	• Grado PG 82H-22																																														
• Grado PG 64V-22	• Grado PG 70V-22	• Grado PG 76V-22	• Grado PG 82V-22																																														
• Grado PG 64E-22	• Grado PG 70E-22	• Grado PG 76E-22	• Grado PG 82E-22																																														

El nivel de ajuste por tránsito para la clasificación PG-MSCR se realizará de acuerdo con la velocidad de operación y la intensidad del tránsito, de acuerdo con la Tabla 401-11A.

El rango de las temperaturas del cemento asfáltico para la preparación de la mezcla de los

especímenes en el laboratorio será el correspondiente para producir una viscosidad cinemática entre 0.15 y 0.19 Pascales segundo (Pa-s) (150 y 190 centiStokes cS). Para asfaltos modificados, el proveedor del asfalto deberá proporcionar el rango de temperaturas de mezclado y compactación del material.

Tabla 401-11A
Nivel de ajuste por tránsito para clasificación por Grado de Desempeño Ampliado

Nivel de tránsito	Velocidad de operación km/h	Nivel de ajuste		
		v > 70	20 ≤ v ≤ 70	v < 20
ESAL < 10x10 ⁶	Normal (S)	Alto (H)	Muy alto (V)	
10x10 ⁶ ≤ ESAL ≤ 30x10 ⁶	Alto (H)	Alto (H)	Muy alto (V)	
ESAL > 30x10 ⁶	Muy alto (V)	Muy alto (V)	Extremadamente alto (E)	

Nota: El ajuste de grado se logra mediante el uso de "H", "V", o "E", por lo cual ya no es necesario incrementar la temperatura del PG como se recomienda en la AASHTO M 323.

Fuente: AASHTO MP 332 (2023)

Tabla 401-12
Especificaciones para cementos asfálticos. Clasificados por viscosidad

Características	Clasificación			
Del cemento original (AASHTO M 226)	AC - 10 (Tabla 1)	AC - 20 (Tabla 1)	AC-30 (Tabla 2)	AC - 40 (Tabla 1)
Viscosidad a 60°C (AASHTO T 202); Pa.s (Poises)	100 ± 20 (1000 ± 200)	200 ± 40 (2000 ± 400)	300 ± 60 (3000 ± 600)	400 ± 80 (4000 ± 800)
Viscosidad cinemática (AASHTO T 201) a 135°C; mm ² /s, mínimo (1 mm ² /s = 1 centistoke)	150	210	350	300
Penetración a 25°C (AASHTO T 49), 100g, 5s, mínimo	70	40	50	20
Punto de flama (AASHTO T 48); °C, mínimo	219	232	232	232
Solubilidad (AASHTO T 44), %, mínimo	99	99	99	99
Ensayos del residuo horno de película delgada				
Viscosidad a 60°C (AASHTO T 202); Pa.s (Poises)	400 (4000)	800 (8000)	1200 (12000)	1600 (16000)

Fuente: AASHTO M 226.

Tabla 401-13

Especificación de grado de desempeño para ligante asfáltico (AASHTO MPI)

Grado de desempeño	PG 64			PG 70			PG 76			PG 82											
	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22									
Temperatura máxima de diseño del pavimento, promedio de 7 días °C ^b	<64			<70			<76			<82											
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C ^b	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22									
Ligante original																					
Temperatura del punto de llama, T 48: Mínimo °C	230																				
Viscosidad, ASTM D4402 ^b Máximo, 3 Pa*s, Temperatura de prueba, °C	135																				
Corte dinámico, TP5: ^c G*/ sinδ, Mínimo, 1.00 kPa Temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	64			70			76			82											
Horno rodante de película fina (T240)																					
Pérdida de masa. (Porcentaje máximo)	1																				
Corte dinámico, TP5: G*/ sinδ, Mínimo, 2.20 kPa Temperatura de prueba @ 10 rads/s, °C	64			70			76			82											
Residuo del recipiente envejecido a presión (D 6521) (R 28)																					
PAV Temperatura del envejecimiento, °C ^d	100			100 (110)			100 (110)			100 (110)											
Corte dinámico, TP5: G* sinδ, Máximo, 5000 kPa Temperatura de prueba @ 10 rads/s, °C	31	28	25	34	31	28	37	34	31	40	37	34									
Endurecimiento físico ^e	Reporte																				
Rigidez de fluencia, TP1: ^f S, Máximo, 300.0 Mpa, valor - m, Mínimo, 0.300 Temperatura de prueba @ 60s, °C	0	-6	-12	0	-6	-12	0	-6	-12	0	-6	-12									
Tensión directa, TP3: ^f Tensión de falla, mínimo 1.0% Prueba de temperatura @ 1.0 mm/min, °C	0	-6	-12	0	-6	-12	0	-6	-12	0	-6	-12									
^a Las temperaturas del pavimento se estiman a partir de las temperaturas del aire, utilizando un algoritmo contenido en el programa del software "Superpave", será provisto por las disposiciones especiales del proyecto, o siguiendo los procedimientos como se describe en PPX.																					
^b Este requisito puede quedar a discreción de la agencia especificadora si el proveedor garantiza que el ligante asfáltico se puede bombear y mezclar adecuadamente a temperaturas que cumplan con todos los estándares de seguridad aplicables.																					
^c Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de la viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones de corte dinámico de G*/sin δ a temperaturas de prueba donde el asfalto es un fluido newtoniano. Se puede utilizar cualquier método estándar adecuado de medición de la viscosidad, incluido el viscosímetro capilar o racional. (AASHTO T201 O T202).																					
^d La temperatura de envejecimiento PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C o 110°C. La temperatura de envejecimiento PAV es 100°C para PG 64- y superiores, excepto en climas desérticos donde es 110°C.																					
^e El endurecimiento físico -TP1, se realiza sobre un juego de vigas estáticas según la Sección 13.1 de esta Especificación, excepto que el tiempo de acondicionamiento se extiende 24 hrs +10 minutos a 100C por encima de la temperatura mínima de desempeño. La rigidez de 24 horas y el valor m se reportan solo con fines informativos.																					
^f Si la rigidez de fluencia está por debajo 300 MPa, no se requiere la prueba de tensión directa. Si la rigidez de fluencia está entre 300 y 600 Mpa, el requisito de deformación por falla de tensión directa se puede utilizar en lugar del requisito de rigidez a fluencia. El requisito de valor m debe satisfacerse en ambos casos.																					
Fuente: The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays. SHRP-A 407. Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC 1994.																					

Tabla 401-13A
Especificaciones del cemento asfáltico, graduaciones PG-MSCR aplicables a Guatemala

Grado por desempeño	PG 64			PG 70			PG 76			PG 82												
	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22										
Temperatura máxima de diseño del pavimento, °C	< 64			< 70			< 76			< 82												
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22	>-10	>-16	>-22										
Característica	Especificación																					
Asfalto original																						
Punto de flama, AASHTO T 48: mínimo °C	230																					
Viscosidad, T 316: Máximo 3.0 Pa·s (3000 cP), Temperatura de ensayo, °C	135																					
Corte dinámico, T 315: G*/sen δ , mínimo 1.00 kPa, Temperatura de ensayo @ 10 rad/s, °C	64		70		76		82															
Residuo de ensayo en horno rotatorio de película delgada (AASHTO T 240)																						
Porcentaje máximo de pérdida de masa, %	1																					
MSCR, T 350, Tránsito Estándar "S", Jnr3.2, máx 4.5 kPa-1, Jnrdiff, máx 75%, Temperatura de ensayo, °C	64		70		76		82															
MSCR, T 350, Tránsito Alto "H", Jnr3.2, máx 2.0 kPa-1, Jnrdiff, máx 75%, Temperatura de ensayo, °C	64		70		76		82															
MSCR, T 350, Tránsito Muy Alto "V", Jnr3.2, máx 1.0 kPa-1, Jnrdiff, máx 75%, Temperatura de ensayo, °C	64		70		76		82															
MSCR, T 350, Tránsito Extremadamente Alto "E", Jnr3.2, máx 0.5 kPa-1, Temperatura de ensayo, °C	64		70		76		82															
Residuo del ensayo en recipiente de envejecimiento a presión (PAV) (AASHTO R-28)																						
Temperatura de envejecimiento de PAV, °C	100			100 (110)			100 (110)			100 (110)												
Corte dinámico, T 315: Tránsito "S", G*(sin δ), máx 6000 kPa, δ , mín 42°, Temperatura de ensayo @ 10 rad/s, °C	31	28	25	34	31	28	37	34	31	40	37	34										
Corte dinámico, T 315: Tránsitos "H", "V", "E", G*(sin δ), máx 6000 kPa, Temperatura de ensayo @ 10 rad/s, °C	31	28	25	34	31	28	37	34	31	40	37	34										
Rigidez a fluencia, T313: S, máximo 300 Mpa, Valor-m, mínimo 0.300, Temperatura de ensayo @ 60 s, °C	0	-6	-12	0	-6	-12	0	-6	-12	0	-6	-12										
Tensión directa, T 314: Deformación de falla, mínimo 1.0 %, Temperatura de ensayo @ 1.0 mm/min, °C	0	-6	-12	0	-6	-12	0	-6	-12	0	-6	-12										

Fuente: AASHTO M332 (2023)

En la clasificación Grado por Desempeño Ampliado (PG-MSCR) se deberá complementar la caracterización del asfalto para tránsitos mayores a 30×10^6 ESAL con los ensayos indicados en la Tabla 401-13B, de acuerdo con lo especificado en las bases de licitación del proyecto.

Tabla 401-13B

Especificaciones adicionales para asfaltos modificados con polímero

Grado por desempeño	PG 64			PG 70			PG 76			PG 82			
	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	-10	-16	-22	
Característica	Especificación												
Asfalto original													
Punto de reblandecimiento, AASHTO T 53: mínimo °C	48							55					
Recuperación elástica por torsión @ 25 °C, mínimo %					35								
Separación del polímero, diferencia anillo y esfera, ASTM D 7173, máximo °C					2								
MSCR, T 350, respuesta elástica RE3.2, mínimo %	25			25			30			30			

- (d) **Requisitos para la mezcla.** La mezcla de material pétreo y material bituminoso, debe cumplir con los requisitos indicados en las Tablas 401-14 y 401-15 según corresponda al método de diseño aplicado o de conformidad con lo establecido en las Disposiciones Especiales. El tipo de material bituminoso a usar será el establecido de acuerdo al procedimiento indicado en la Especificación 401.04.

Tabla 401-14
Requisitos para la mezcla de concreto asfáltico

Métodos de diseño ⁽¹⁾	Valores límites	
	Mínimo	Máximo
1) Marshall (AASHTO T 245) Diseño para tránsito $\leq 30 \times 10^6$ ESAL		
• Temperatura de compactación de pastilla para producir una viscosidad de	0.25 Pa-s (250 cS)	0.31 Pa-s (310 cS)
• Número de golpes de compactación en cada extremo del espécimen ⁽²⁾		
• Tránsito $\leq 10^6$ ESAL	50	50
• Tránsito $10^6 > \text{ESAL} \leq 30 \times 10^6$	75	75
• Estabilidad		
• Tránsito $\leq 10^6$ ESAL	5,338 N (1,200 lbs)	16
• Tránsito $10^6 > \text{ESAL} \leq 30 \times 10^6$	8,000 N (1,800 lb)	14
• Fluencia en 0.25 mm (0.01 pulg.)		
Para asfaltos convencionales		
• Tránsito $\leq 10^6$ ESAL	8	8
• Tránsito $10^6 > \text{ESAL} \leq 30 \times 10^6$	8	24
• Para asfaltos modificado con polímero	8	24
• Relación estabilidad/fluencia (lb./0.01 pulg.)	120	225
• Porcentaje de vacíos de la mezcla compactada ⁽³⁾	3	5
• Porcentaje óptimo de vacíos	4	4
• Porcentaje de vacíos en agregado mineral (VAM)		
• Porcentaje de vacíos llenados con asfalto		
• Tránsito $\leq 3 \times 10^6$ ESAL	65	78
• Tránsito $> 3 \times 10^6$ ESAL	65	75
• Relación finos/bitumen ⁽⁴⁾	0.6	1.2
• Sensibilidad a la humedad AASHTO T 283 resistencia retenida		
• Susceptibilidad a la deformación permanente por Rueda Cargada de Hamburgo AASHTO T 324*		
• Tránsito $10^6 < \text{ESAL} \leq 10 \times 10^6$		
• Tránsito $10 \times 10^6 > \text{ESAL} \leq 30 \times 10^6$		
• Partículas recubiertas con bitumen, para definir tiempo de mezclado, AASHTO T 195	95%	
*Nota: El ensayo de desempeño <i>Susceptibilidad a la deformación permanente por Rueda Cargada de Hamburgo</i> se realizará únicamente para tránsitos mayores a 1×10^6 ESAL, para obtener un diseño Tradicional con desempeño.		
2) SUPERPAVE (AASHTO MP-2, AASHTO R 35) Diseño para cualquier número de ESAL		
• Compactación con compactador giratorio AASHTO T 312		
• Temperatura de compactación de espécimen para producir una viscosidad de		
• Porcentaje de vacíos de la mezcla compactada ⁽³⁾	0.25 Pa-s (250 cS)	0.31 Pa-s (310 cS)
• Porcentaje óptimo de vacíos	3	5
• Porcentaje de vacíos en agregado mineral (VAM)	4	4
• Porcentaje de vacíos llenados con asfalto		
• Tránsito $\leq 3 \times 10^6$ ESAL	70	80
• Tránsito $> 3 \times 10^6$ ESAL	65	78
• Relación finos/bitumen ⁽⁴⁾	0.8	1.6
• Sensibilidad a la humedad AASHTO T 283 resistencia retenida		
• Susceptibilidad a la deformación permanente por Rueda Cargada de Hamburgo AASHTO T 324		
• Tránsito $\leq 10^6$ ESAL		
• Tránsito $10^6 > \text{ESAL} \leq 10 \times 10^6$		
• Tránsito $> 10 \times 10^6$ ESAL		
• Partículas recubiertas con bitumen, para definir tiempo de mezclado, AASHTO T 195		
• Capas de base	90 %	
• Capa de superficie	95 %	

⁽¹⁾ El porcentaje de vacíos con aire se basa en AASHTO T 166, AASHTO T 209 y AASHTO T 269.

⁽²⁾ Cuando se establezca en las Disposiciones Especiales, los espécimenes podrán ser preparados usando el compactador giratorio aplicando las mismas especificaciones de compactación indicadas más adelante para mezclas SUPERPAVE.

⁽³⁾ Este valor deberá calcularse en función de la gravedad específica teórica máxima de la mezcla compactada determinada directamente conforme el ensayo Rice-AASHTO T 209.

⁽⁴⁾ La razón finos/bitumen se define como el porcentaje de material que pasa el tamiz de 75 micrómetros dividido por el contenido efectivo de asfalto calculado por masa de mezcla.

Ductilidad a 250C y 5 cm/min; cm, mínimo	50	en término del total de ejes equivalentes de 18,000 libras, para el período del diseño establecido.
--	----	---

Para la evaluación de la durabilidad, desempeño y características volumétricas, de las Mezclas Superpave se aplicarán los procedimientos establecidos y los ensayos de laboratorio requeridos en las Especificaciones AASHTO R 35, AASHTO M 323 y para la definición del diseño de la mezcla, se tendrá en cuenta el tipo de cemento asfáltico según lo indicado en las Especificaciones AASHTO M 320 y AASHTO M 332, así como el criterio de selección y la magnitud de la carga de diseño del pavimento

Para las mezclas diseñadas por el Método Marshall, se deberán efectuar los ensayos de laboratorio indicados en el Manual MS-2 del Instituto del Asfalto (Asphalt Institute) siguiendo los procedimientos de cálculo y criterios de selección indicados en dicho Manual para el diseño de mezclas asfálticas.

El método Marshall original, sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación

Tabla 401-15
Vacíos en el agregado mineral (VAM)

Tamaño nominal máximo del agregado en mm	Porcentaje de vacíos del agregado mineral (VAM)			
	Marshall			SUPERPAVE
	3% ⁽¹⁾	4% ⁽¹⁾	5% ⁽¹⁾	4% ⁽¹⁾
9.50	14	15	16	15
12.50	13	14	15	14
19.00	12	13	14	13
25.00	11	12	13	12
37.50	10	11	12	11
50.00	9.5	10.5	11.5	No aplicable

⁽¹⁾ Porcentaje de vacíos con aire de la mezcla compactada.

que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor.

(e) Requisitos adicionales para mezclas SUPERPAVE.

- (1) Compactación.** Para el diseño de las mezclas Superpave, éstas deben compactarse a los esfuerzos de compactación y dentro de los límites que se establecen en las Tablas 401-16 y 401-17.
- (2) Ensayos de desempeño.** Para evaluar la durabilidad y el desempeño de las mezclas asfálticas Superpave, se deberán cumplir con los rangos de aceptación de los ensayos de granulometría, análisis volumétrico, ensayos de esfuerzos y deformaciones, corte simple, corte repetitivo, agrietamiento a baja temperatura y agrietamiento por fatiga efectuados en los equipos de ensayo de corte (SST) y en el de tensión indirecta (IDT) de Superpave de conformidad con el manual de Diseño de Mezclas Superpave SP-2 del Instituto de Asfalto así como los métodos de ensayo indicados en las Especificaciones AASHTO M320 y AASHTO M 332.

Tabla 401-16
Esfuerzo de compactación de diseño en el compactador giratorio

ESAL de diseño ⁽¹⁾ (Millones)	Número de giros		
	N _{inicial}	N _{diseño}	N _{máximo}
< 0.3	6	50	75
0.3 a < 3	7	75	115
3 a < 30	8	100	160
> 30	9	125	205

Notas:

1. Nivel de tráfico para un período de diseño del pavimento de 20 años. Para períodos menores, se deberán proyectar los ESAL a 20 años.
2. Para capas en las cuales su superficie está a más de 100 mm debajo de la superficie del pavimento o cuando menos del 25% de su espesor está dentro de los 100 mm de la superficie, el esfuerzo de compactación de diseño de la mezcla para esa capa debe reducirse en un nivel.

3. Cuando sólo se efectúe diseño volumétrico, las mezclas de diseño deben ser envejecidas a la temperatura de compactación durante 2 horas.
4. Para el diseño en laboratorio, las propiedades volumétricas deben ser medidas directamente sobre especímenes compactados a N_{diseño} y no estimadas basándose en el N_{máximo}.

Tabla 401-17
Densidad máxima de diseño

Ejes equivalentes de diseño (ESAL)	Porcentaje de la densidad máxima AASHTO T 209
· < 0.3 x 10 ⁶	Al número máximo inicial de giros, N _{inicial} 91.5 % máximo
· 0.3 x 10 ⁶ - 3.0 x 10 ⁶	90.5 % máximo
· > 3.0 x 10 ⁶	89.0 % máximo
· En todos los rangos anteriores	Al número de giros de diseño N _{diseño} , 96.0 % máximo Al número máximo de giros N _{max} , 98.0 % máximo

- (f) Aditivos antidesvestimiento.** Las partículas de agregado deben ser de tal naturaleza que al recubrirlas completamente con el cemento asfáltico del tipo y grado a usarse en la capa de concreto asfáltico, no presenten evidencia de desvestimiento, permaneciendo más del 90% de las partículas perfectamente cubiertas con material bituminoso, al efectuar el ensayo ASTM D3625 (efecto de agua hirviendo en agregados recubiertos con material bituminoso). El uso de aditivos antidesvestimiento está condicionado a los resultados positivos del ensayo anteriormente indicado.

Los aditivos antidesvestimiento, sirven para mejorar la resistencia de las mezclas al daño por humedad que puede producir el desprendimiento de la capa asfáltica del agregado pétreo. Cuando en las Disposiciones Especiales no se indique el tipo de aditivo a utilizar, se podrá usar cualquiera de los tipos indicados más adelante, en dosificaciones mayores que las mínimas recomendadas por el fabricante, que aseguren

el adecuado recubrimiento de las partículas de agregados conforme los requerimientos establecidos en el párrafo anterior.

Tipo 1. Productos líquidos. El Contratista debe suministrar productos líquidos fabricados comercialmente, estables al calor que, al ser agregados durante la producción de la mezcla asfáltica, tengan las propiedades químicas y físicas necesarias para prevenir la separación del asfalto y los agregados.

Tipo 2. Cal. Usualmente la cal se adiciona a los agregados antes de que se mezclen con cemento asfáltico, la cal hidratada deberá cumplir con la norma NTG 41018. Generalmente se usa una dosificación entre 1% a 1.5% en peso de cal en relación con el peso seco del agregado. En plantas de concreto asfáltico continuas puede darse una pérdida de la dosificación de cal si ésta se adiciona antes de que los agregados sean ingresados al tambor giratorio, por lo que es aconsejable que la cal se agregue justo antes de que se adicione el cemento asfáltico.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

401.04 Determinación del procedimiento de construcción. Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de concreto asfáltico, o cuando se cambien algunos de los materiales, el Contratista debe informar al Delegado Residente, el procedimiento, incluyendo maquinaria, equipo y materiales que utilizará para las operaciones de construcción del concreto asfáltico, principalmente en lo referente a la producción, acarreo, tendido y compactación de la mezcla asfáltica de acuerdo con las características de los materiales y los requisitos que establezcan las Disposiciones Especiales.

El procedimiento debe determinar la localización de las plantas de producción de agregados y concreto asfáltico, el tipo y grado del material bituminoso a utilizar de conformidad con las Disposiciones Especiales, la forma de su almacenamiento y calentamiento, la producción y preparación del material pétreo en sus diferentes tamaños, incluyendo

el material de relleno, las características de la planta de mezcla, ya sea fija o móvil, los resultados de los ensayos de laboratorio y la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias que se establecen en la Especificación 401.18, así como los rangos de las temperaturas de mezcla y compactación acordes al tipo y grado del material bituminoso a usar, para obtener una mezcla que llene los requisitos de estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La fórmula de trabajo deberá incluir la graduación de la mezcla, las proporciones que se usarán de los agregados de diferente tamaño y material de relleno, el contenido de cemento asfáltico y aditivos antidesvestimiento, si así se requiere, el tiempo de mezclado establecido de conformidad con AASHTO T 195, el porcentaje de absorción de agua de los agregados y el porcentaje de absorción de cemento asfáltico de la mezcla, la relación entre estos dos últimos valores y los resultados de los ensayos de la mezcla según el método de diseño definido en las Disposiciones Especiales y conforme lo indicado en la Especificación 401.03 (d).

Esta información debe presentarla el Contratista antes de iniciar la producción de la mezcla, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones que estime convenientes y aprobar la fórmula de trabajo, ordenando el tipo y la cantidad de cemento asfáltico que se debe usar.

Los cambios en el diseño de la mezcla asfáltica aprobada, únicamente se podrán efectuar debido a causas de fuerza mayor y plenamente justificadas. Estos cambios se deberán proponer por el contratista con la debida anticipación para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones que estime conveniente.

La aprobación del procedimiento de construcción, incluyendo maquinaria y equipo a utilizar no exime al Contratista de su responsabilidad de colocar una capa de concreto asfáltico, que se ajuste a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

401.05 Producción del material pétreo. Previamente a la explotación, clasificación y trituración del material, debe efectuarse la limpia correspondiente en el banco, eliminar la vegetación, capa de materia orgánica, y la basura o arcilla que puedan contaminar el material pétreo. La trituración debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del material. La graduación de cada uno de los tamaños en los que se separarán los agregados debe lograrse en la planta de producción. Dicha planta debe estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado que a su vez permita el lavado efectivo de los agregados mediante un sistema de rociadores a presión, con el número y tipo de zarandas necesarias para lograr el apilamiento clasificado de materiales por tamaño que al ser combinados en la planta de concreto asfáltico proporcionen la graduación especificada de los agregados para la mezcla. La separación y apilamiento de los agregados se deberá efectuar separándolos por lo menos en tres tamaños a suficiente distancia de separación, de manera que se impida la mezcla del agregado de diferente tamaño. Adicionalmente los apilamientos deberán estar protegidos de la humedad y contaminación, efectuando las operaciones de colocación y de carga para la alimentación de la planta asfáltica, de manera que se evite la segregación de los agregados.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias para obtener un agregado de conformidad con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

Cada fracción del material pétreo producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta de trituración o ser acarreado para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente elegidos ubicados en el área de la planta de mezclado, debiendo ajustarse a lo establecido en la Sección 313.

401.06 Preparación del material pétreo para mezcla en planta.

El material pétreo inmediatamente antes de introducirlo en la planta mezcladora, se debe verificar que su contenido de humedad no sea mayor al 5%,

en caso contrario, la velocidad de alimentación de los agregados debe de ser reducida de manera que estos sean secados adecuadamente. La temperatura máxima y variación de calentamiento debe de ser tal, que no produzca daño en los materiales. La temperatura del material pétreo puede ser mayor que la temperatura de aplicación del cemento asfáltico en un máximo de 15 °C siempre que no se produzcan daños en la mezcla.

El material debe ser tamizado, y con la graduación especificada, y separado por lo menos en tres tolvas, de acuerdo a la fórmula de trabajo, antes de introducirlo en la cámara mezcladora.

Si se utiliza un aditivo antidesvestimiento en polvo, éste debe ser inyectado paralelo a la inyección del cemento asfáltico y a través del conducto específicamente instalado en las plantas asfálticas. Se deben utilizar dispositivos calibrados para medir o pesar la cantidad de los aditivos, así como de la humedad adicionada al agregado, cuando éste sea el caso.

401.07 Preparación del cemento asfáltico.

(a) Tanques de almacenamiento y equipo. El Contratista debe de contar con equipo de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento con un sistema adecuado que permita mantener el contenido del tanque a una temperatura uniforme. Los tanques deben estar localizados en lugares estratégicos de fácil acceso y protegidos contra incendio.

(b) Calentamiento del cemento asfáltico. El equipo de calentamiento, para la inyección a la mezcla debe tener la capacidad para calentar el cemento asfáltico a utilizar a la temperatura de mezcla correspondiente al grado especificado sin dañarlo, debiendo tener sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas del quemador, con la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula el material bituminoso. No se debe calentar el cemento asfáltico a temperaturas mayores que las especificadas para el grado correspondiente, pero nunca mayores de 170 °C.

Si la fórmula de trabajo requiere del uso de un aditivo antidesvestimiento líquido estable al calor, éste debe ser agregado dentro de las líneas de transferencia del cemento asfáltico en la terminal a granel o en la planta mezcladora. El aditivo debe ser inyectado durante por lo menos el 80 por ciento del tiempo de transferencia o de mezclado para obtener una mezcla uniforme.

401.08 Mezcla. La temperatura a la que se debe aplicar el cemento asfáltico debe ser la que corresponda a una viscosidad cinemática del mismo entre 0.15 y 0.19 Pascales segundo Pa-s (150 y 190 centi Stokes cS), pero en ningún caso la temperatura de la mezcla a la salida de la planta deberá de exceder de 165 °C o de la temperatura especificada en el diseño aprobado de la mezcla.

(a) Requisitos para las plantas mezcladoras.

Las plantas mezcladoras deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 156 y con lo siguiente:

(1) Capacidad e instalación. Las plantas mezcladoras deben ser de capacidad suficiente y estar de acuerdo con las operaciones correspondientes al procedimiento de construcción establecido o según se haya sido determinado en las Disposiciones Especiales.

Las instalaciones deben tener suficiente espacio para el almacenamiento y preparación del material pétreo y del cemento asfáltico. Los diversos tamaños de material pétreo deben mantenerse separados, hasta que sean transportados por el elevador en frío a la secadora. El espacio de las instalaciones debe de mantenerse limpio y ordenado y el almacenamiento de los materiales con fácil acceso para tomar muestras.

(2) Secador. Las plantas de bachada deben tener secador con inclinación variable, colocado antes de las zarandas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de mezcla de la planta. A la salida del secador debe haber

un termómetro indicador que registre automáticamente la temperatura del material pétreo. Las plantas de producción continua deberán de tener un sistema eficiente de control de la humedad de los agregados para asegurar que se mantengan las proporciones de mezcla constantes en unidades de peso seco a diferentes volúmenes de producción. El secador debe tener la capacidad y operar de tal manera que la humedad máxima residual en la mezcla asfáltica no sea mayor del 0.50 %.

(3) Zarandas. Las plantas de bachada deben de tener zarandas de capacidad y tamaño suficiente para proporcionar material pétreo, dentro de la graduación especificada.

(4) Tolvas. Para almacenar el material pétreo éstas deben ser de tal capacidad que asegure la operación de la planta, por lo menos durante 15 minutos, sin alimentación a las mismas.

(5) Dispositivos para dosificar. Que permitan medir las cantidades de material pétreo, polvo mineral y cemento asfáltico por peso. Estos dispositivos deben permitir fácil ajuste en cualquier momento, para adaptar el proporcionamiento a la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias establecidas.

(6) Alimentación de combustible y aire. Esta alimentación deberá efectuarse en forma balanceada para asegurar una combustión completa y eficiente que elimine el riesgo de contaminación de la superficie de los agregados con combustible sin quemar y que afecte su recubrimiento con material bituminoso, o produzca excesivas emanaciones que contaminen el ambiente.

(7) Colectores de polvo. Las plantas deberán estar equipadas con sistemas de recolección de polvo mecánicos, húmedos o mediante filtros, solos o en combinación, que impidan la contaminación ambiental. En caso se usen sacos colectores de polvo, se debe disponer del material recolectado o

éste debe ser devuelto uniformemente al proceso de mezclado, siempre que así se hubiere establecido en la fórmula de trabajo aprobada.

- (8) **Silo de almacenamiento.** Las plantas de producción continua que utilicen silos de almacenamiento deberán estar provistas de mecanismos que eviten la segregación de la mezcla y preferentemente deberán estar equipados para mantener la temperatura de la mezcla durante el período de almacenamiento.
- (9) **Unidad mezcladora.** Pueden ser del tipo de producción continua o por bachadas con dispositivo para el control del tiempo de mezclado. Cuando se requiera el uso de aditivos para el material bituminoso, las plantas deberán estar equipadas con los dispositivos que permitan mantener una dosificación adecuada de los mismos. A la salida de la unidad mezcladora, la humedad máxima residual de la mezcla no debe ser mayor del 0.50%.
- (10) **Básculas para pesar la mezcla producida.** La planta debe contar con básculas para pesar los vehículos que acarrean la mezcla, con sensibilidad de 5kg; el indicador debe ser claro y visible para el control del peso y la báscula debe estar calibrada y aceptada por el Delegado Residente. La calibración de la báscula deberá ser realizada por un ente que cuente con acreditación vigente ante la OGA (Oficina Guatemalteca de Acreditación) de conformidad con la Norma ISO/IEC 17025 para Laboratorios de Ensayo y Calibración. La calibración de la báscula deberá tener una vigencia máxima de 6 meses. Al trasladar de ubicación la báscula, se deberá realizar un nuevo proceso de calibración.
- (11) **Requisitos de seguridad.** En todos los lugares de acceso para control e inspección, debe proveerse escaleras con baranda metálica. Todos los engranajes, poleas, cadenas, ruedas dentadas y demás partes móviles, deben ser

eficientemente resguardados y protegidos. El espacio destinado a la carga de camiones debe estar libre y protegido para permitir la circulación lateral.

Deben instalarse extinguidores contra incendio y proveer todos los dispositivos e instrucciones para evitar accidentes a los operadores de la planta. Deberá también equiparse la planta con fosas para contener cualquier posible derrame de combustible o material bituminoso.

- (b) **Calibración de la planta.** Previamente al suministro continuo de la mezcla, el Contratista debe proceder, en presencia del Delegado Residente, a efectuar la calibración de la planta haciendo los ajustes de todas las operaciones, para lograr una mezcla conforme a la fórmula de trabajo aprobada y dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 401.18 (c) (3).

401.09 Cantidad de cemento asfáltico. La cantidad de cemento asfáltico que debe aplicarse en la mezcla debe ser indicada por orden escrita del Delegado Residente, de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio y la fórmula de trabajo aprobada. La cantidad de cemento asfáltico de diseño es variable, según las características de los materiales. Esta cantidad definida en la fórmula de trabajo deberá estar comprendida entre los rangos indicados en la Tabla 401-18, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales. La cantidad de aplicación debe mantenerse dentro de las tolerancias establecidas en la fórmula de trabajo y se debe comprobar por medio del ensayo AASHTO T 164.

Tabla 401-18
Cantidad de cemento asfáltico (ASTM D 3515) ⁽¹⁾

Graduación designada y tamaño máximo nominal				
B (38.1 mm)	C (25.4 mm)	D (19 mm)	E (12.5 mm)	F (9.5 mm)
1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"
Porcentaje de bitumen en peso de la mezcla total				
3 - 8	3 - 9	4 - 10	4 - 11	5 - 12

- ⁽¹⁾ La cantidad que pasa el tamiz No. 8 (2.36 mm) es un elemento de control significativo y adecuado que determina la diferencia entre los agregados finos y gruesos de la mezcla. Las graduaciones con valores al máximo permisible de la Especificación de pasa tamiz No. 8 tienden a producir texturas finas, mientras que estos valores que se aproximan al mínimo establecido comparativamente, resultan en texturas más gruesas. El contenido de cemento asfáltico está dado en términos del porcentaje de peso de la mezcla total. La amplia diferencia en el valor de gravedad específica de la variedad de agregados, así como la gran diferencia en el porcentaje de absorción para los agregados, da como resultado un rango amplio para la cantidad de cemento asfáltico especificado. La cantidad de cemento asfáltico requerido para una mezcla dada debe ser determinada ejecutando los ensayos de laboratorio apropiados.

401.10 Carga y transporte de la mezcla. Durante el proceso de carga de la mezcla, se deberá evitar la segregación de los agregados debido a una excesiva altura de la compuerta de descarga respecto al camión de transporte o a una apertura parcial de las compuertas de descarga. La carga de los camiones deberá ser distribuida uniformemente evitando la formación de un solo cono de material que permita el desplazamiento del agregado grueso hacia el frente y la parte posterior de la palangana de volteo para lo cual, de preferencia, las operaciones de carga se deberán efectuar en tres partes moviendo el camión hacia adelante y hacia atrás.

La mezcla debe ser transportada de la planta al lugar de su colocación, por medio de camiones de volteo con palanganas metálicas limpias y lisas, cubiertos con lona u otro material que preserve la mezcla del polvo y la lluvia, disminuyendo la pérdida de temperatura durante el trayecto. Para la limpieza de las palanganas no se deberán usar derivados del petróleo que puedan contaminar la mezcla. La palangana debe ser drenada antes de cargar la mezcla.

401.11 Requisitos del clima. No se permite el esparcimiento de la mezcla, cuando esté lloviendo o cuando la superficie a recubrir se encuentre

húmeda o cuando la temperatura ambiente en la sombra sea menor de 4° C y la temperatura de la mezcla no cumpla con los requisitos indicados en la Especificación 401.14, de acuerdo con la temperatura de la superficie de la carretera.

401.12 Pavimentadoras. Las pavimentadoras deberán ser unidades auto contenidas y auto propulsadas con tornillos sin fin y planchas vibratorias ajustables al ancho total, las cuales deben ser calentadas en todo su ancho.

Las pavimentadoras deben ser capaces de esparcir y darle el acabado especificado a las capas de mezcla asfáltica en anchos de por lo menos 300 milímetros más que el ancho de un carril y estar equipadas con una tolva de alimentación con suficiente capacidad para asegurar que se obtenga un esparcimiento uniforme.

Los controles de alimentación deben ser automáticos y estar ajustados adecuadamente para mantener un espesor uniforme del material delante de la plancha vibratoria. La operación de la pavimentadora se debe efectuar a velocidades compatibles con la colocación uniforme y satisfactoria de la mezcla produciendo un alisado y textura en la superficie libre de segregaciones, rasgaduras, desplazamientos o ranuras.

Con el objeto de obtener un control preciso de la geometría de las capas, las pavimentadoras deberán estar equipadas con controles automáticos con sensores capaces de controlar el nivel desde una línea de referencia exterior, controlando la pendiente transversal de la plancha y proveyendo las señales automáticas que operan la misma para mantener el nivel y la pendiente transversal.

De conformidad con las Disposiciones Especiales, para reducir la rugosidad de la superficie, se podrá requerir la utilización de equipo auxiliar de transferencia de la mezcla con suficiente capacidad de almacenamiento, que evite la descarga directa de los camiones a la tolva de la pavimentadora y permita mantener una operación de esparcimiento continua.

401.13 Preparación de la superficie. Antes de proceder a la colocación de la mezcla de concreto asfáltico, se debe preparar la superficie y colocar un riego de liga para unir las superficies de

pavimentos, bordillos, cunetas, pozos de visita y demás estructuras de acuerdo con lo indicado en la Sección 408.

En trabajos de recapeo, cuando se requiera la nivelación de la superficie existente, el Delegado Residente aprobará la fórmula de trabajo a ser usada para la capa de nivelación. El espesor de cada capa de nivelación no debe exceder de 75 milímetros. La capa de nivelación debe completarse antes de iniciar las operaciones normales de pavimentación.

401.14 Colocación y tendido. La mezcla transportada a la carretera debe colocarse y tenderse con máquina pavimentadora autopropulsada especial para este trabajo, que permita ajustar el espesor y el ancho, asegurando su esparcimiento uniforme en una sola operación, en un ancho no menor de 3 metros. El concreto asfáltico debe ser colocado y compactado en el número de capas del espesor indicado en los planos o en su defecto, conforme se indica en la siguiente tabla:

Tabla 401-19
Espesores compactados de las capas de concreto asfáltico

Espesor total del concreto asfáltico *	Número de capas	Espesor de la capa de superficie en mm		Espesor de la capa inferior siguiente en mm		Espesor de todas las otras capas inferiores en mm	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
< 75 mm	1	-	-	-	-	-	-
75-90mm	2	35	45	35	40	-	-
>90-120 mm	2	45	60	45	75	-	-
>120 mm	**	45	65	45	75	45	100

* Cuando en los planos aparezca que se debe colocar una tela de refuerzo entre las capas del concreto asfáltico, el espesor total del concreto asfáltico arriba de dicha tela será considerado “el espesor total del concreto asfáltico” para propósitos de colocación y compactación.

** Para espesores mayores se deberá colocar un número de capas con un espesor no mayor de 65 mm cada una.

Tabla 401-20
Temperaturas para la colocación de la mezcla de concreto asfáltico

Espesor compactado de la capa =>	< 50 mm	50 – 75 mm	> 75 mm
Temperatura de la superficie de la carretera en °C	Temperatura mínima de colocación en °C		
4 – 7.9	No se permitirá	141	140
8 – 14.9	146	140	135
≥ 15	141	135	130

La temperatura de colocación y tendido del concreto asfáltico de acuerdo con la temperatura de la superficie de la carretera y el espesor de la capa a construir no deberá ser menor que los valores que se indican la Tabla 401-20. La temperatura de la mezcla debe ser medida justo antes de ser descargada en la esparcidora.

No se deben usar mezclas producidas en distintas plantas a menos que las mezclas hayan sido producidas basadas en la misma fórmula de trabajo, se estén utilizando agregados provenientes de la misma fuente y la producción haya sido aprobada por el Delegado Residente.

Las juntas longitudinales entre una capa inferior y una capa superior sucesivas, incluyendo las capas de base estabilizada si así fuera el caso, no deben coincidir en su localización. La separación entre éstas debe ser por lo menos 150 milímetros. La junta longitudinal de la capa superior debe quedar a lo largo de la línea central de las carreteras con dos carriles o en las líneas que separan los carriles de carreteras de más de dos carriles.

No se permitirá la colocación de mezclas con segregaciones. Todas las áreas segregadas que no sean corregidas antes de la compactación deberán ser removidas y reemplazadas con material apropiado, a expensas del Contratista.

401.15 Compactación. Para las mezclas diseñadas por el Método Marshall, se requerirá un porcentaje de compactación mínimo del 97% de la mezcla compactada en relación con la densidad del diseño y los vacíos con aire determinados de conformidad con el método AASHTO T 245. La verificación del

porcentaje de compactación de campo, se efectuará en base al promedio diario de por lo menos tres especímenes de la mezcla compactada, estableciendo la gravedad específica de estos especímenes de conformidad con AASHTO T 166 y AASHTO T 230. Las mezclas Superpave deben ser uniformemente compactadas, hasta lograr el 94% de compactación, respecto a la densidad teórica máxima determinada según el método AASHTO T 209. Con la aprobación del Delegado Residente se puede utilizar el método nuclear AASHTO T 310 calibrado.

La calibración para el uso del método nuclear AASHTO T 310 (ASTM D2950), se puede efectuar midiendo inicialmente por lo menos 7 densidades con el densímetro nuclear y en la posición de cada medición se obtienen núcleos cuya densidad se evalúa de conformidad con las Especificaciones AASHTO T 230 y AASHTO T 166 indicadas anteriormente. La correlación entre ambas series de mediciones se establecerá conforme se indica en el numeral 3.5 de la Especificación ASTM D2950.

Para la implementación de procesos y equipos de compactación inteligentes se deberá proceder como se indica en la Especificación AASHTO PP 81.

La compactación en el campo se debe de iniciar a una temperatura mayor que la correspondiente a una viscosidad del cemento asfáltico de 0.25 Pa·s (250 cS), pero nunca a una temperatura menor de 140 °C. Para el efecto, se usará la curva viscosidad-temperatura correspondiente al lote de producción o embarque del cemento asfáltico en uso, suministrada por el Proveedor por intermedio

del Contratista. La compactación se debe completar antes que la temperatura de la capa alcance los 85 °C. Las operaciones de texturizado deberán finalizarse antes de que la temperatura de la superficie alcance los 65 °C. La operación de las compactadoras se debe mantener lo más próximo al equipo de esparcimiento del concreto asfáltico para lograr su operación dentro de los rangos de temperatura indicados anteriormente.

El Contratista debe suministrar por lo menos 3 compactadoras. La primera, consistente en un rodillo metálico liso, estático o vibratorio para la compactación inicial. Una compactadora de neumáticos para efectuar la compactación intermedia y un rodillo metálico liso sin vibración para efectuar las operaciones finales de texturizado de la superficie. El Delegado Residente, a solicitud del Contratista y con aprobación del Ingeniero, podrá autorizar otra secuencia o procedimiento de compactación cuando dicha solicitud se encuentre debidamente documentada con información técnica proporcionada por los fabricantes del equipo a utilizar y se establezca su adecuación para cumplir con las especificaciones de temperatura, densidad y textura aquí establecidas.

Para evitar la adherencia del material bituminoso a los rodillos, éstos deben estar provistos de un sistema que los mantenga mojados en toda el área de contacto, pero deben evitarse excesos de agua. Todo el equipo de compactación debe estar en buen estado de funcionamiento, sin fugas de aceites o combustibles, causa por la que este equipo será rechazado hasta que no se corrija esta falla.

La compactación se debe efectuar paralelamente al eje longitudinal y en pasadas sucesivas de la orilla al centro. En las curvas la compactación debe iniciarse en el borde inferior. En todo caso, debe dejarse un traslape entre pasadas, no menor de la mitad del ancho de la compactadora, debiéndose evitar que éstas se estacionen en la mezcla caliente que se está compactando.

Se debe evitar producir desplazamientos, grietas y ranuras. Las operaciones de texturizado se deben continuar hasta que se eliminen todas las marcas en la superficie.

La mezcla a lo largo de bordillos, cabezales, muros y otros sitios que no sean accesibles a las compactadoras, debe ser compactada con equipo que permita lograr la densidad requerida.

Debe colocarse riego de liga, de acuerdo a la Sección 408 cuando la capa inferior haya sido abierta al tránsito antes de ser cubierta con otra capa.

La capacidad del equipo de compactación debe adecuarse al volumen de colocación de la mezcla de manera que las operaciones de compactación se completen en forma continua dentro del rango de temperatura establecido anteriormente de acuerdo con el tipo y grado del material bituminoso.

Cuando por primera vez en el proyecto se proceda a la colocación, tendido y compactación de una capa del concreto asfáltico, se construirá una franja de control para verificar que el equipo y los procedimientos constructivos son adecuados y dan como resultado el cumplimiento de las Especificaciones correspondientes a la capa de concreto asfáltico en caliente. Cuando no se indique en las Disposiciones Especiales, el área de la franja de control no deberá exceder de 400 m² y los costos de los materiales colocados y aceptados para esta franja, serán incluidos en los renglones contractuales correspondientes a los trabajos de concreto asfáltico en caliente.

401.16 Juntas. La construcción de los carriles de tráfico adyacentes debe completarse, al mismo nivel, dentro de 24 horas. Si se dejan desniveles durante la noche y éstos son mayores de 50 milímetros, se debe colocar la señalización correspondiente y si son mayores de 90 milímetros, se deben construir filetes con un talud de 3 h a 1 v.

Las juntas transversales con capas colocadas previamente deben ser verticales y del mismo espesor para lo cual, a la finalización del trabajo diario, se deberá proceder a cortar la junta vertical y construir un filete para desvanecer el desnivel. Dicho filete deberá estar separado del pavimento compactado mediante una regla de madera o papel de suficiente resistencia y espesor. Al reiniciar los trabajos de pavimentación, se procederá a remover

el filete, a efectuar la limpieza de la cara de la junta y a aplicar un riego de liga en la misma de acuerdo con lo indicado en la Sección 408.

Las juntas longitudinales se deben desplazar por lo menos 150 milímetros de la junta longitudinal de la capa inmediata inferior. La junta longitudinal de la capa de superficie debe coincidir con la línea central en las carreteras de 2 carriles o en la división entre carriles adyacentes en las carreteras de carriles múltiples.

La mezcla de concreto asfáltico debe ser colocada lo más continuo posible. No se debe pasar el rodillo sobre los extremos desprotegidos de la mezcla fresca recién colocada.

401.17 Trabajo nocturno. En adición a lo indicado en la Especificación 155.09, el Contratista deberá instalar unidades de iluminación independientes de suficiente altura e intensidad que puedan ser movilizadas en el área de trabajo para cubrir las actividades que se realicen en la planta de mezclado, en el área de carga de la mezcla, en la zona de descarga y colocación de la misma y a todo lo largo del área de donde se efectúen los trabajos de compactación y texturizado. El Contratista también deberá instalar señales luminosas a lo largo de la zona de trabajo para prevenir a los usuarios.

401.18 Control de calidad, tolerancias y aceptación. El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

(a) Control de calidad de los materiales.

(1) Abrasión. En cada banco se debe efectuar tres ensayos del material en su estado original. Durante la producción se debe efectuar un ensayo por cada 2,000 metros cúbicos de material triturado hasta alcanzar los 10,000 metros cúbicos y seguidamente uno cada 10,000 metros cúbicos o cuando cambien las características del banco.

(2) Caras fracturadas, partículas planas y alargadas del agregado grueso. Se debe efectuar un ensayo cada 100 metros cúbicos

de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos de cada banco y seguidamente uno por cada 5,000 metros cúbicos.

(3) Angularidad del agregado fino en mezclas SUPERPAVE AASHTO T 304. Se debe efectuar un ensayo cada 100 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos de cada banco y seguidamente uno por cada 5,000 metros cúbicos.

(4) Granulometría de los agregados. Se debe efectuar un ensayo AASHTO T 11, AASHTO T 27 y AASHTO T 37 por cada 200 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos, y seguidamente un ensayo cada 400 metros cúbicos.

(5) Plasticidad y equivalente de arena. Se debe efectuar un ensayo cada 2,000 metros cúbicos de agregado producido.

(6) Cemento asfáltico. El Contratista deberá proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor en donde se haga constar las características del material bituminoso correspondientes al grado especificado proveído por lote de producción o embarque según sea aplicable, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente efectuando las operaciones de muestreo de conformidad con AASHTO T 40.

La presentación del Certificado de Calidad no releva al Contratista de su responsabilidad para proveer el suministro del material bituminoso de la mejor calidad.

Los proveedores del cemento asfáltico, ya sea el productor ubicado en el país, así como el importador del producto, deben de contar con los servicios de un laboratorio acreditado de conformidad con el estándar ISO/IEC 17025 que certifique que el embarque o lote suministrado cumple con los requerimientos correspondientes al tipo de asfalto especificado.

El cumplimiento de estas especificaciones también estará sujeto a las comprobaciones que se efectúen por un Laboratorio instalado en el país para caracterizar el tipo de asfalto. El Laboratorio indicado deberá de estar acreditado por el Organismo Guatemalteco de Acreditación, OGA, bajo el estándar ISO/IEC 17025, debiendo contar con todos los recursos necesarios para efectuar los ensayos requeridos según la clasificación del cemento asfáltico utilizado en el proyecto, para poder emitir el Certificado del cumplimiento correspondiente.

Durante la realización de los ensayos, se deberá permitir el acceso a las instalaciones y procedimientos de laboratorio a los Funcionarios de la Dirección General de Caminos, personal del Contratista y de la Supervisora.

Para aceptar el uso del asfalto recibido, se deberá proceder según corresponda de la siguiente manera:

En el caso de asfaltos clasificados por viscosidad, el Contratista debe proporcionar el Certificado de Calidad correspondiente y presentar los resultados de los ensayos indicados en la Tabla 401-12 correspondientes a asfaltos clasificados por viscosidad de acuerdo con la Especificación AASHTO M 226.

En el caso de los asfaltos clasificados por desempeño (PG) se procederá de la misma forma para proporcionar el Certificado de Calidad y la presentación de los resultados de los ensayos indicados en la Tabla 401-13 de acuerdo con la Especificación AASHTO M 320.

Para los asfaltos con la clasificación por desempeño ampliada, el Certificado de Calidad deberá estar respaldado por los resultados de los ensayos indicados en la Especificación AASHTO M 332

especialmente en lo que se refiere al análisis y a los resultados del ensayo AASHTO T 350 (MSCR).

Para el Aseguramiento de Calidad, el Delegado Residente debe requerir al Contratista la verificación del cumplimiento de los Certificados de Calidad correspondientes y de ser necesario participar en la realización de los ensayos indicados anteriormente, verificando su cumplimiento y resultados obtenidos, para proceder a emitir o negar la autorización para el uso del cemento asfáltico analizado.

El Delegado Residente podrá ordenar que la calidad del cemento asfáltico de producción local o importado sea evaluada por un laboratorio, como se indicó anteriormente, que esté ubicado en Guatemala acreditado por la Oficina Guatemalteca de Acreditación bajo el estándar ISO 17025, efectuando los ensayos requeridos según la clasificación del cemento asfáltico utilizado en el proyecto.

(7) Mezcla asfáltica. El Contratista debe efectuar ensayos completos de las características volumétricas de la mezcla, ensayos de la granulometría de la mezcla AASHTO T 30 y ensayos de estabilidad Marshall o efectuar la evaluación de las características volumétricas de la mezcla, ensayos granulométricos, evaluación de la densidad teórica máxima de la mezcla conforme el ensayo AASHTO T 209 y evaluación de la resistencia de la mezcla a la tensión indirecta o como se indique en las Disposiciones Especiales cuando se usen mezclas Superpave.

El Contratista también deberá determinar si se cumplen los requisitos de la Especificación 401.03 (d), incluyendo porcentaje de asfalto, por cada 500 toneladas de mezcla producida, pero no menos de una muestra diaria de cada producción. Se deben extraer núcleos de la mezcla ya compactada

para efectuar las mismas pruebas. La condición anterior no excluye los controles de temperatura, proporciones de agregados mezclados y contenido de asfalto que se deberán verificar en forma continua en los indicadores de los dispositivos de control de la planta de producción del concreto asfáltico, según el diseño del mismo.

(8) **Temperatura.** El Contratista debe verificar las lecturas de temperatura en la planta. Debe verificar, tomando tres lecturas por medio de un termómetro de penetración, la temperatura de la mezcla en cada camión en el punto de colocación. Finalmente, debe verificar que la temperatura de compactación esté dentro del rango especificado.

(b) **Tolerancias en las características de los materiales.** Si los ensayos efectuados a los materiales que se utilicen en todo el proceso de construcción del concreto asfáltico no llenan los valores especificados, para cada una de las características indicadas en la Especificación 401.03; después de efectuadas las verificaciones necesarias, y si esta condición persiste en más del 20% de los ensayos repetidos en un mismo lote de producción, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

(c) **Tolerancias en los requisitos de construcción.**

(1) **Compactación.** Para la aceptación de la compactación medida conforme AASHTO T 230 y AASHTO T 166 de mezclas diseñadas por el método Marshall, se establece una tolerancia de un 1% de la densidad de diseño obtenida en el ensayo AASHTO T 245 como se indica en la Especificación 401.15. Para la aceptación de la capa de concreto asfáltico Superpave, se establece una tolerancia de un 1% en menos, respecto al porcentaje de compactación determinado según la densidad teórica máxima determinada de acuerdo con AASHTO T 209 e indicada en la Especificación 401.15.

Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 400 metros cuadrados de concreto asfáltico, de cada una de las capas que se compacten. Las densidades no deben ser efectuadas a una distancia menor de 40 metros en sentido longitudinal sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para corrección.

(2) **Tolerancias en la fórmula de trabajo.**

La mezcla suministrada debe llenar los requisitos de la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias siguientes:

Requisitos de la fórmula de trabajo	Tolerancia en más o en menos
<ul style="list-style-type: none"> • Agregado retenido en Tamiz N°4 (4.750mm) • Agregado retenido en Tamiz N°8 (2,360 mm) • Agregado retenido en Tamiz N°30 (0.600 mm) • Agregado que pasa el Tamiz N°200 (0.075 mm) • Contenido de cemento asfáltico • Temperatura para mezclar, tender y compactar 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 % en peso del material pétreo • 2 % en peso del material pétreo • 2 % en peso del material pétreo • 1 % en peso del material pétreo • 0.3 % en peso de la mezcla total • 5° Centígrados

- (3) **Espesor.** El espesor de capa de concreto asfáltico, se debe verificar al efectuar cada ensayo de control de compactación según AASHTO T 230, a menos que se hayan utilizado los métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 800 metros cuadrados, para verificación del espesor. Se establece una tolerancia de ± 5 milímetros, pero el promedio aritmético de los espesores determinados cada kilómetro, no debe diferir en más de 2.5 milímetros del espesor estipulado en los planos.
- (4) **Superficie.** La conformación de la superficie terminada de la capa de concreto asfáltico debe ser verificada mediante la utilización de una regla recta rodante o una regla o varilla de 3 metros de longitud graduada, determinándose si la altura es constante sobre la superficie en sentido transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades mayores de 2.5 milímetros en el sentido paralelo al eje de la carretera ni mayores de 5 milímetros en el sentido transversal.

La regularidad de la superficie deberá ser determinada de manera continua, para todos los carriles de rodadura en toda la longitud del proyecto, mediante un perfilómetro de referencia inercial provisto de acelerómetros y sensores láser que cumplan con la Especificación ASTM E950 / E950 M Clase 1.

El equipo de referencia inercial se deberá validar previamente de conformidad con el procedimiento de certificación establecido en AASHTO R 56 y los procedimientos de operación establecidos en AASHTO R 57.

Para la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de conformidad con la Norma AASHTO R 43, se usará el valor promedio del IRI correspondiente a las mediciones de los sensores que se encuentran a cada lado del equipo de medición y se determinará el

promedio por carril de rodadura en tramos de 160 metros de longitud. No se harán mediciones en la entrada y salida de puentes ni en intersecciones con otras carreteras. Variaciones puntuales significativas en las mediciones del perfil deberán de ser tratadas como singularidades para establecer sus causas e identificar si se requieren medidas correctivas por defectos de construcción.

El procesamiento de la información obtenida mediante un perfilómetro de referencia inercial se podrá efectuar usando el Programa ProVal (Profile Viewer and Analyzer) de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (Federal Highway Administration) u otro equivalente, usando datos en intervalos de 50 milímetros efectuando promedios cada 300 milímetros y evaluando a una velocidad equivalente a 80 km/h, en tramos de por lo menos 50 metros de longitud.

En las Disposiciones Especiales se deberá establecer el Índice de Rugosidad IRI (International Roughness Index) máximo permisible aplicable a cada capa de concreto asfáltico. Cuando no se especifique en las Disposiciones Especiales, el IRI para la capa de superficie no debe ser mayor de 1.8.

- (5) **Deflexión.** El Contratista por medio de la Viga Benkelman o por medio de otro método de los establecidos en la Especificación AASHTO T 256, según se establezca en las Disposiciones Especiales deberá controlar usando las equivalencias correspondientes a la viga Benkelman, si la deflexión de la capa de concreto asfáltico conformada y compactada, no sobrepasa el valor de deflexión máxima permisible para dicha capa, de acuerdo con la carga e intensidad de tránsito de diseño del pavimento, indicado en las Disposiciones Especiales.

En defecto de una definición de la deflexión máxima permisible en las Disposiciones Especiales, el valor máximo

de dicha deflexión respecto a un punto dado, a una distancia no mayor de 3.68 metros en cualquier dirección para la capa de superficie de concreto asfáltico será el especificado en la siguiente la Tabla 401-21. El Contratista debe efectuar una prueba de campo para determinar la deflexión, por cada 400 metros cuadrados, en la superficie de la capa de concreto asfáltico compactada, previamente a su aceptación.

Tabla 401-21
Deflexiones máximas permisibles

Ejes equivalentes en el carril de diseño ESAL	Deflexión permisible medidas con viga Benkelman y FWD
· $< 5.0 \times 10^6$	· 0.60 mm (0.024 pulgada)
· $< 10.0 \times 10^6$	· 0.50 mm (0.020 pulgada)
· $< 30.0 \times 10^6$	· 0.40 mm (0.015 pulgada)
· $< 50.0 \times 10^6$	· 0.35 mm (0.014 pulgada)

De preferencia la prueba de deflexión se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto, y siguiendo un orden alternado de: derecha e izquierda del eje.

El Contratista debe contar con los vehículos y equipo necesarios para efectuar este control con el método AASHTO T 256 anteriormente indicado, para el caso de Deflexiones con Viga Benkelman, no se admitirá el uso de camiones cisterna para la aplicación de la carga del ensayo.

En el caso de que no se indiquen en las Disposiciones Especiales, las equivalencias de deflexión entre otros dispositivos de medición respecto a la Viga Benkelman, cuando se usen Deflectómetros de Impacto del tipo FWD, el valor de la deflexión máxima medida con estos equipos se podrá considerar igual a las medidas obtenidas con Viga Benkelman, dado que para los

reducidos valores de deflexión máxima en la capa de superficie de concreto asfáltico, no se reportan variaciones significativas en las mediciones con estos dos tipos de equipo. Para el uso de Deflectómetros de Impacto Livianos del tipo LWD, se deberá determinar la correlación entre las deflexiones medidas con Viga Benkelman y las deflexiones medidas con este tipo de equipo.

(d) Aceptación.

(1) Mezcla de concreto asfáltico. La mezcla debe ser rechazada, si la temperatura en el momento de descarga en la carretera es menor de la temperatura de tendido, con la tolerancia establecida, o no llena los requisitos estipulados en la Especificación 401.18 (b).

(2) Aceptación de la capa de concreto asfáltico. Se debe efectuar, hasta que ésta se encuentre, en el ancho total de superficie indicado en las secciones típicas de pavimentación, debidamente compactada y dentro de las tolerancias establecidas.

401.19 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la capa de concreto asfáltico por defectos de construcción o variaciones de diseño, se procederá en la forma siguiente:

(a) Correcciones por defectos de construcción o causas imputables al contratista. **Corrección de defectos en la superficie, espesor deficiente, baches, grietas, segregación y laminación.** El área previamente delimitada por el Delegado Residente, debe excavarse en forma rectangular y con paredes verticales, en el espesor total de la capa, colocar un riego de liga en el fondo expuesto y en las paredes de los bordes laterales y sustituirse por una mezcla que esté dentro de especificaciones. Después de sustituir el material, se debe proceder a compactarla de nuevo, hasta que tanto el área delimitada como la superficie adyacente, cumplan con los requisitos de estas

Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

- (b) Correcciones por causas no imputables al contratista.** Cuando sea necesario efectuar correcciones de la capa de concreto asfáltico, por causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe proceder a delimitar el área afectada, ordenando las correcciones necesarias, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista a los costos unitarios de contrato, o en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

401.20 Medida.

- (a) Concreto asfáltico, por volumen.** Cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, la medida se debe hacer por el número de metros cúbicos de Concreto Asfáltico, con aproximación de dos decimales, medidos en su posición final ya compactados, satisfactoriamente construidos y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos, la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal, el ancho debe ser el delimitado y dimensionado dentro de la Sección Típica de Pavimentación y el espesor debe ser el promedio de los espesores reales colocados y compactados dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 401.18.

- (b) Concreto asfáltico, por peso.** Salvo que en las Disposiciones Especiales se establezca de otra forma, la medida se debe hacer del número de toneladas métricas de 1,000 kilogramos, con aproximación de dos decimales de Concreto Asfáltico, satisfactoriamente construido, colocado dentro de los límites de la Sección Típica de Pavimentación o conforme lo autorice el Delegado Residente y aceptado de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El peso se debe determinar, por medio de básculas que llenen los requisitos estipulados en la

Especificación 401.08 (a) (10), debiéndose efectuar cada medida del peso neto de la mezcla en presencia del Inspector que controla el peso por parte de la Supervisora, quien debe firmar el vale correspondiente, comprobándose la colocación y aceptación en la carretera, con la firma del Inspector de campo de la misma Supervisora.

El Delegado Residente debe llevar un control diario del número de toneladas producidas, aceptadas y rechazadas, que corresponden a cada tramo y efectuar las deducciones por rechazos posteriores.

No se debe hacer ninguna deducción por el peso del cemento asfáltico contenido en la mezcla.

- (c) Cemento asfáltico.** La medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6°C, con aproximación de dos decimales, de Cemento Asfáltico ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La cantidad de cemento asfáltico se debe determinar, por diferencia de lecturas del indicador de la mezcladora, de conformidad con la cantidad ordenada según la Especificación 401.09, y se debe comprobar por medio de ensayos del contenido de bitumen en la mezcla según AASHTO T 164.

Para efectuar los ajustes correspondientes a la cantidad, cuando proceda, en ningún caso se debe aceptar para medida, una cantidad mayor de lo ordenado más la tolerancia establecida en la Especificación 401.18 (c) (2).

401.21 Pago.

- (a) Concreto asfáltico, por volumen.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 401.20 (a), satisfactoriamente construidos y aceptados

como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Concreto Asfáltico.

- (b) **Concreto asfáltico, por peso.** Cuando las Disposiciones Especiales así lo estipulen expresamente, el pago se debe hacer por el número de toneladas, medidas como se indica en la Especificación 401.20 (b), satisfactoriamente construidas y aceptadas como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato correspondiente a Concreto Asfáltico.
- (c) **Cemento asfáltico.** El pago se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en la Especificación 401.20 (c), ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales al costo unitario de contrato correspondiente a Cemento Asfáltico para Concreto Asfáltico.

Estos costos incluyen todo el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por el suministro de todos los materiales, incluyendo el agua y el polvo mineral; ni por el acarreo de materiales y mezcla asfáltica, ni por las operaciones necesarias para la obtención, producción, apilamiento y almacenamiento del material pétreo, tampoco se reconoce pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio, incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista, ni por la mezcla de concreto asfáltico rechazado. Todos estos gastos y los demás implícitos para efectuar el trabajo, deben estar incluidos en los costos unitarios de contrato, correspondiente a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Abrasión	AASHTO T 96	Polvo mineral	AASHTO M 17
Graduación	AASHTO T 27	Cemento asfáltico por viscosidad	AASHTO M 226
Graduación pasa tamiz 200	AASHTO T 11	Cemento asfáltico por desempeño PG	AASHTO M 320
Graduación filler mineral	AASHTO T 37	Cemento asfáltico por desempeño ampliado (MSCR)	AASHTO M 332
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104	Diseño volumétrico de mezclas asfálticas SUPERPAVE	AASHTO M 323
Peso unitario	AASHTO T 19	Selección Grado PG Cemento Asfáltico usando modelos LTTP Temperatura Pavimento	FHWA-RD-97-103
Preparación muestra suelo en húmedo	AASHTO T 146		
Índice plástico	AASHTO T 90		
Límite líquido	AASHTO T 89		
Equivalente de arena	AASHTO T 176		
Desvestimiento	ASTM D 3625		
Compactación	AASHTO T 191		
Gravedad específica	AASHTO T 84		
Viscosidad cinemática del cemento asfáltico	AASHTO T 85		
Rigidez de fluencia a la flexión cemento asfáltico usando reómetro de viga	AASHTO T 313		
Determinación de los esfuerzos de deformaciones a la falla de cemento asfáltico mediante ensayo de tensión directa	AASHTO T 314		
Determinación propiedades cemento asfáltico con reómetro de corte dinámico	AASHTO T 315		
Viscosidad de cemento asfáltico con viscometro rotativo	AASHTO T 316		
Punto de inflamación (Flama) del cemento asfáltico	AASHTO T 48		
Marshall	AASHTO T 245 (ASTM D 1559)		

Contenido de asfalto en la mezcla (extracción)	AASHTO T 164	
Graduación después de la extracción	AASHTO T 30	
Gravedad específica Bulk mezclas asfálticas compactadas	AASHTO T 166	
Muestreo de mezcla asfáltica	AASHTO T 168	
Muestra de asfalto	AASHTO T 40	
Densidad máxima teórica de la mezcla	AASHTO T 209	
Sensibilidad a la humedad-resistencia retenida	AASHTO T 283	
Recubrimiento de agregados	AASHTO T 195	
Gravedad específica agregado fino	AASHTO T 84	
Gravedad específica agregado grueso	AASHTO T 85	
Gravedad específica filler mineral	AASHTO T 100	
Gravedad específica API cemento asfáltico	AASHTO T 295	
Densidad teórica máxima de la mezcla (rice)	AASHTO T 209	
Grado de compactación de mezclas asfálticas	AASHTO T 230	
Método de recuperación elástica a diferentes esfuerzos usando reómetro de corte dinámica	AASHTO T 350	
Determinación rugosidad superficie de pavimentos	AASHTO R 43	
Perfilómetro de referencia inercial	ASTM E950/ E950M Clase 1	
Operación perfilómetro de referencia inercial	AASHTO R 56 AASHTO R 57	
Viga Benkelman	AASHTO T 256 6.2.1	
Deflectómetro de impacto (FWD)	AASHTO T 256 6.2.4	
Deflectómetro de impacto Manual (LWD)	ASTM E 2583	

SECCIÓN 402
PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO MEZCLADO EN CALIENTE

- 402.01. Definición.
- 402.02. Descripción.
- 402.03. Requisitos de los materiales.
- 402.04. Composición de la mezcla (diseño de la fórmula de trabajo).
- 402.05. Planta de mezclado.
- 402.06. Construcción.
- 402.07. Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 402.08. Medida.
- 402.09. Pago.

402.01 Definición. Es el pavimento de concreto asfáltico compuesto por materiales provenientes del fresado de una carpeta existente combinados con agregados triturados nuevos, si así se especifica en las Disposiciones Especiales, adicionando cemento asfáltico incluyendo agentes recicladores o rejuvenecedores cuando sean requeridos, mezclados en caliente en una planta de concreto asfáltico para cumplir los requisitos establecidos en la Sección 401 de estas Especificaciones Generales.

402.02 Descripción. Este trabajo consiste en la utilización del material recuperado de la capa superior del pavimento según lo establecido en la Sección 311 Fresado del Pavimento, la adición de los materiales requeridos en la mezcla, su procesamiento y posterior colocación conforme la Sección 401 Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente.

MATERIALES

402.03 Requisitos de los materiales.

- (a) **Agregado grueso nuevo (retenido en el tamiz de 4.75 Milímetros).** Debe ser producido de tal manera que cumpla con lo establecido en la Especificación 401.03 (a) (1).
- (b) **Agregado fino nuevo (pasa el tamiz de 4.75 Milímetros).** Debe ser producido de tal manera que cumpla con lo establecido en la Especificación 401.03 (A) (2).
- (c) **Mezcla compuesta de agregados nuevos y recuperados.** Debe cumplir con lo establecido en la Especificación 401.03 (a) (4).
- (d) **Polvo mineral.** Debe cumplir con los requisitos estipulados en la Especificación 401.03 (a)(3).
- (e) **Cemento asfáltico.** El tipo, grado, y Especificación del cemento asfáltico nuevo a agregar en la mezcla debe ser uno de los

establecidos en la Tabla 402-1 o según se indique en las Disposiciones Especiales, en una proporción tal que al ser combinado con el agente reciclador, de ser ese el caso, y con el asfalto proveniente de la recuperación, proporcione una viscosidad, según AASHTO T 202, comprendida entre 160 y 240 Pascales segundo Pa-s (1,600 y 2,400 poises) y la viscosidad a 60°C que corresponda según AASHTO T 240, viscosidad del residuo en el ensayo al horno de película delgada o el asfalto en el rango que se indique en las Disposiciones Especiales.

El rango de las temperaturas de la mezcla de cemento asfáltico nuevo y recuperado con los agregados nuevos y recuperados para la preparación de los especímenes de la mezcla en el laboratorio, será el correspondiente a una viscosidad cinemática según AASHTO T 201, entre 0.15 y 0.19 Pascales segundo Pa-s (150 y 190 centi Stokes-cS).

Tabla 402-1
Requisitos del cemento asfáltico nuevo
graduación por viscosidad

Tipo y grado del cemento asfáltico	Especificación
Graduación por viscosidad: <ul style="list-style-type: none"> • AC-2.5 • AC-5 • AC-10 • AC-20 	AASHTO M 226

Nota: Para graduaciones PG consultar la Tabla 401-11

- (f) **Aditivo antidesvestimiento.** Se debe utilizar aditivo antidesvestimiento cuando sea requerido de acuerdo con los requisitos establecidos en la Especificación 401.03 (f).

(g) Agente reciclador. Los agentes recicladores para mezclas asfálticas en caliente deben de cumplir con los requisitos de ASTM D 4552 o, como alternativa, se podrá usar un aditivo derivado del petróleo, previamente aprobado, que restaure el asfalto recuperado para que cumpla con las especificaciones aquí indicadas.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

402.04 Composición de la mezcla (diseño de la fórmula de trabajo). El Contratista debe preparar las mezclas de concreto asfáltico reciclado mezclado en caliente utilizando pavimento asfáltico recuperado, agregados recuperados, agregados nuevos, cemento asfáltico nuevo, agentes recicladores y aditivos para cumplir con los requisitos aplicables de graduación de agregados indicados en la Tabla 401-1 y los parámetros de diseño indicados en la Tabla 401-14. Para la preparación de la mezcla, se debe usar un máximo de 35 por ciento de material de pavimento asfáltico recuperado cuando se utilicen plantas de bacheada y un máximo de 50 por ciento para plantas de producción continua. En las Disposiciones Especiales se indicará el porcentaje de material de pavimento asfáltico recuperado a utilizar.

Las características del cemento asfáltico proveniente del fresado de la carpeta existente se determinarán en el asfalto recuperado por el método de Abson indicado en la Especificación AASHTO T 170.

Previamente a la iniciación de los trabajos de producción de concreto asfáltico reciclado mezclado en caliente, o cuando se cambien algunos de los materiales, el Contratista debe informar al Delegado Residente, el procedimiento, incluyendo maquinaria, equipo y materiales que utilizará para las operaciones de construcción del concreto asfáltico, principalmente en lo que corresponda a la adecuación de la planta de concreto asfáltico para procesar agregados nuevos y recuperados en combinación con material recuperado de la carpeta asfáltica así como lo referente a la producción, acarreo, tendido y compactación de la mezcla asfáltica de acuerdo con

las características de los materiales y los requisitos que establezcan las Disposiciones Especiales.

El procedimiento debe determinar la localización y las características de las plantas de producción de agregados, del equipo de fresado y de recuperación del pavimento existente, producción de concreto asfáltico, el tipo y grado del material bituminoso a utilizar incluyendo los agentes recicladores, la forma de su almacenamiento y calentamiento, la producción y preparación del material pétreo en sus diferentes tamaños, incluyendo el material de relleno, el procedimiento de alimentación del material recuperado de la carpeta asfáltica, las características de la planta de mezcla, ya sea fija o móvil, los resultados de los ensayos de laboratorio y la fórmula de trabajo con indicación de las proporciones de material recuperado de la carpeta asfáltica con los agregados recuperados y los agregados nuevos, el contenido de asfalto de la carpeta recuperada, la proporción de agente reciclador y cemento asfáltico nuevo, todo dentro de las tolerancias que se establecen en la Especificación 402.07, así como los rangos de las temperaturas de calentamiento de los agregados recuperados y los agregados nuevos, y las temperaturas de mezcla y compactación acordes con las características de la mezcla de cemento asfáltico nuevo con el obtenido de la recuperación para obtener una mezcla que llene los requisitos de estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La fórmula de trabajo también deberá incluir la graduación de la mezcla y el contenido de aditivos antidesvestimiento, si así se requiere, el porcentaje de absorción de cemento asfáltico de los agregados y los resultados de los ensayos de la mezcla según el método de diseño definido en las Disposiciones Especiales y conforme lo indicado en la Tabla 401-14.

Cuando se requiera que se verifiquen las características del cemento asfáltico de la mezcla recuperada de conformidad con graduaciones por desempeño PG según la Especificación AASHTO M 320, éstas deberán de ser incluidas en las Disposiciones Especiales.

Esta información debe presentarla el Contratista antes de iniciar la producción de la mezcla, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones que estime convenientes y aprobar la fórmula de trabajo, ordenando la cantidad de agente reciclador y cemento asfáltico nuevo que se debe usar.

La aprobación del procedimiento de construcción, incluyendo maquinaria y equipo a utilizar no exime al Contratista de su responsabilidad de colocar una capa de concreto asfáltico, que se ajuste a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

En adición a lo indicado anteriormente, el Contratista debe proporcionar lo siguiente:

- (a) Muestras del material de pavimento asfáltico recuperado, del agregado mineral recuperado a ser utilizado como agregado y de los agentes recicladores a ser incorporados en el trabajo. Cuando sea necesario obtener una muestra del pavimento existente, éste se debe pulverizar en un área aprobada, hasta la profundidad de remoción especificada. El pavimento removido debe ser reemplazado con una mezcla de concreto asfáltico previamente aprobada. Este material de reemplazo no debe ser utilizado en la mezcla de material reciclado.
- (b) Resultados de los ensayos de laboratorio efectuados sobre el cemento asfáltico recuperado, el cemento asfáltico nuevo y el agente reciclador que comprueben que el cemento asfáltico combinado cumple con lo indicado en la Especificación 402.03 (e).

402.05 Planta de mezclado. Las plantas indicadas en la Especificación 401.08 (a) deben ser modificadas para procesar el material recuperado de acuerdo con las especificaciones del fabricante del equipo y el tipo de planta, tomando como referencia lo establecido en el Manual MS-20 del Instituto de Asfalto y cumpliendo los requisitos que se indican a continuación.

- (a) **Plantas de producción por bacheada.** Estas plantas se deben modificar para permitir la introducción del material proveniente exclusivamente de la recuperación de la carpeta asfáltica utilizando métodos que eviten el paso del mismo por la secadora. La tolva de alimentación en frío, el sistema de transportación y la tolva especial adyacente al dispositivo de pesado, si se utilizan, deben ser diseñados de tal forma que se prevenga la segregación y que se adhiera el material del pavimento asfáltico recuperado.

El agregado nuevo y el material granular recuperado proveniente de la capa de base, de ser ese el caso, deben ser calentados hasta alcanzar una temperatura que transfiera suficiente calor al material de la carpeta asfáltica recuperada para producir una mezcla uniforme en temperatura dentro del rango especificado en la fórmula de trabajo aprobada.

- (b) **Plantas de producción continua.** Estas plantas deben ser modificadas de acuerdo con las especificaciones del fabricante, de manera que se prevenga el contacto directo del material de la carpeta asfáltica recuperada con la llama del quemador y se evite el sobrecalentamiento del mismo.

402.06 Construcción. El pavimento de concreto asfáltico reciclado mezclado en caliente debe ser construido en lo que sea aplicable de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones 401.05 a 401.17. El material recuperado que no sea utilizado debe ser desecharido de acuerdo con lo indicado en la Sección 201.

402.07 Control de calidad, tolerancias y aceptación. Se regirá por lo establecido en la Especificación 401.18.

402.08 Medida.

- (a) **Fresado y recuperación del pavimento existente.** Se efectuará de conformidad con lo indicado en la Especificación 311.06.

- (b) **Concreto asfáltico reciclado mezclado en caliente por volumen.** Se efectuará de conformidad con lo indicado en la Especificación 401.20 (a) y verificando por métodos analíticos las áreas o espesores de la superficie del pavimento reciclado colocado respecto al fondo de la superficie fresada.
- (c) **Concreto asfáltico reciclado mezclado en caliente por peso.** Se efectuará de conformidad con lo indicado en la Especificación 401.20 (b).
- (d) **Cemento asfáltico nuevo y agentes recicladores.** En esta medida se incluirá el volumen total de Cemento Asfáltico Nuevo y Agentes Recicladores aplicándose para el efecto lo indicado en la Especificación 401.20 (c).

402.09 Pago.

- (a) **Fresado y recuperación del pavimento existente.** Se efectuará de conformidad con lo indicado en la Especificación 311.07.
- (b) **Concreto asfáltico reciclado mezclado en caliente por volumen.** Se efectuará de conformidad con lo indicado en la Especificación 401.21 (a).

(c) **Concreto asfáltico reciclado mezclado en caliente por peso.** Se efectuará de conformidad con lo indicado en la Especificación 401.21 (b).

(d) **Cemento asfáltico nuevo y agentes recicladores.** Se efectuará según lo indicado en la Especificación 401.21 (c).

Estos costos incluyen todo el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por el suministro de todos los materiales, incluyendo el agua, aditivos y el polvo mineral; ni por el acarreo de materiales, agregados nuevos y recuperados y mezcla asfáltica, ni por las operaciones necesarias para la obtención, producción, apilamiento y almacenamiento de los agregados nuevos y recuperados, tampoco se reconoce pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio, incluyendo la deflexión, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista, ni por la mezcla de concreto asfáltico rechazado. Todos estos gastos y los demás implícitos para efectuar el trabajo, deben estar incluidos en los costos unitarios de contrato correspondientes a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos	
Viscosidad cinemática del cemento asfáltico	AASHTO T 201
Penetración del cemento asfáltico	AASHTO T 49
Punto de inflamación del cemento asfáltico	AASHTO T 48
Recuperación del asfalto por el método de Abson	AASHTO T 170
Ensayo horno de película delgada	AASHTO T 179

SECCIÓN 403

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO

- 403.01. Definición.
- 403.02. Descripción.
- 403.03. Requisitos de los Materiales.
- 403.04. Determinación del proceso de construcción.
- 403.05. Producción del agregado.
- 403.06. Preparación del agregado.
- 403.07. Preparación del material bituminoso.
- 403.08. Mezcla, acarreo, colocación, afinamiento y compactación.
- 403.09. Requisitos del clima.
- 403.10. Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 403.11. Correcciones.
- 403.12. Medida.
- 403.13. Pago.

403.01 Definición. Es la mezcla de agregados pétreos nuevos mezclados en frío con material bituminoso, en la carretera o en planta para constituir la capa de superficie del pavimento o esta misma mezcla, combinada con agregados recuperados de una carpeta existente y material bituminoso para constituir la capa de base de una carpeta. Cuando se efectúen trabajos de fresado de pavimentos existentes, para este componente, se aplicará lo establecido en la Sección 311. La mezcla puede ser de textura abierta o cerrada, dependiendo de las características de graduación de los agregados pétreos y según se establezca en las Disposiciones Especiales.

403.02 Descripción. Este trabajo consiste en: la obtención y explotación de canteras o bancos de piedra o grava, usándolas en su estado natural, clasificadas o bien trituradas total o parcialmente cuando así se requiera en los planos o Disposiciones Especiales, combinándolas con agregados recuperados, arena o polvo de roca para producir un agregado clasificado; el apilamiento y almacenamiento de los agregados pétreos, el suministro, transporte y preparación de los mismos; el suministro, almacenamiento, acarreo, calentamiento y aplicación del material bituminoso; la ejecución de la mezcla; el transporte, colocación, curado, conformación y compactación de la mezcla asfáltica en frío; la regulación del tránsito; así como el control de laboratorio durante todas las operaciones necesarias para construir una capa de mezcla asfáltica en frío, en una o varias capas, de conformidad con lo indicado en los planos y ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical, y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas y de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES

403.03 Requisitos de los materiales.

(a) Agregados pétreos. Los agregados pétreos deben consistir en piedra o grava clasificada de buena calidad, cuando así lo requieran las Disposiciones Especiales y los planos, deberán triturarse combinando el producto obtenido, con agregados recuperados, si así se requiriera en las Disposiciones Especiales, arena pétrea y polvo de roca de trituración, según el caso.

Los agregados pétreos deben llenar los requisitos siguientes:

(1) Abrasión, AASHTO T 96	40% máximo
(2) Desintegración al sulfato de sodio, (5 ciclos), AASHTO T 104	15% máximo
(3) Caras fracturadas, 1 cara	65% mínimo (*)
(4) Partículas planas o alargadas, ASTM D 4791	15% máximo (*)
(5) Equivalente de arena, AASHTO T 176	35 mínimo
(6) Índice plástico, AASHTO T 90	6% máximo
(7) Límite líquido, AASHTO T 89	25% máximo

(*) Si en las Disposiciones Especiales se requiere trituración total o parcial de los agregados minerales.

(8) Impurezas. El agregado no debe contener materias vegetales, basura, terrones de

arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la mezcla asfáltica en frío con piedra o grava puedan producir fallas en el pavimento.

(9) Graduación. El agregado pétreo, listo para ser mezclado con material bituminoso, debe

cumplir con los requisitos de graduación determinada según AASHTO T 11 y T 27, para uno de los tipos establecidos, según se indique en las Disposiciones Especiales y de acuerdo a la siguiente tabla para graduaciones abiertas y de acuerdo con la Tabla 403-2 para graduaciones densas.

Tabla 403-1
Tipos de graduación abierta para mezclas asfálticas en frío (manual ms-4 instituto asfalto)

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 11 y 27)			
		Tipo "A-1" Capa de base 38.1 mm (1 ½") máximo	Tipo "B-1" Capa de superficie media 25 mm (1") máximo	Tipo "C-1" Capa de superficie intermedia 19 mm (¾") máximo	Tipo "D-1" Capa de superficie fina 12.5 mm (½") máximo
38.1	1 ½"	100			
25.0	1"	95-100	100		
19.0	¾"	-	90-100	100	
12.5	½"	25-60	-	90-100	100
9.5	⅜"	-	20-55	-	85-100
4.75	4	0-10	0-10	0-15	-
2.36	8	0-5	0-5	0-5	-
1.18	16	-	-	-	0-5
0.075	200	0-2	0-2	0-2	0-2

Nota: Para Graduaciones abiertas tipo A-1, B-1, C-1 ó D-1 o si el porcentaje de vacíos con aire de la mezcla compactada excede del 8%, la mezcla asfáltica en frío debe ser recubierta con un sello asfáltico según la Sección 405, o bien con un tratamiento asfáltico superficial simple de acuerdo a la Sección 404. Los valores mínimos de vacíos en el agregado mineral VAM se pueden determinar usando la Figura H5 del Apéndice H del Manual para Mezclas Frías MS-14. Aproximadamente se pueden usar valores de 5% para mezclas Tipo A y 14% para mezclas Tipo D

Tabla 403-2
Tipos de graduación densa para mezclas asfálticas en frío (manual ms-4 instituto asfalto)

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 11 y 27)			
		Tipo "A-2" Capa de base 38.1 mm (1 ½") máximo	Tipo "B-2" Capa de superficie media 25 mm (1") máximo	Tipo "C-2" Capa de superficie intermedia 19 mm (¾") máximo	Tipo "D-2" Capa de superficie fina 12.5 mm (½") máximo
38.1	1 ½"	100			
25.0	1"	90-100	100		
19.0	¾"	-	90-100	100	
12.5	½"	60-80	-	90-100	100
9.5	⅜"	-	60-80	-	90-100
4.75	4	25-60	35-65	45-70	60-80
2.36	8	15-45	20-50	25-55	35-65
0.300	50	3-18	3-20	5-20	6-25
0.075	200	1-7	2-8	2-9	2-10

(b) Polvo mineral. Cuando se necesite agregar polvo mineral en adición al que se encuentra naturalmente en el agregado, éste debe cumplir con los requisitos establecidos en 401.03 (b).

(c) Material bituminoso.

(1) Asfaltos líquidos. Los asfaltos líquidos para Mezclas Asfálticas en frío están compuestos por Cemento Asfáltico diluidos en solventes de evaporación media (MC) Generalmente los solventes en los asfaltos líquidos de curado medio consisten en queroseno. Los asfaltos líquidos utilizados para la elaboración de la mezcla asfáltica en frío deben cumplir con lo establecido en el numeral 1) de la Tabla 403-3.

(2) Emulsión asfáltica. Las emulsiones asfálticas están formadas de tres ingredientes básicos: cemento asfáltico (AC), agua y agente emulsivo. Se le podrán agregar aditivos a las emulsiones asfálticas, tales como estabilizadores, aditivos antidesvestimiento, aditivos para el control del fraguado o polímeros para mejorar las propiedades reológicas del asfalto.

Existen dos tipos de emulsiones: las aniónicas, las cuales tienen cargas electroquímicas negativas y las catiónicas, con cargas electroquímicas positivas. En principio, las emulsiones aniónicas tienen mayor afinidad con agregados pétreos con

cargas positivas, tales como agregados ricos en carbonato de calcio, mientras que las emulsiones catiónicas cubren mejor a los agregados pétreos de tipo sílico.

Las emulsiones se clasifican de acuerdo con el tiempo de fraguado de las mismas,

siendo éstas RS, MS y SS, que significan de fraguado rápido, medio y lento, respectivamente. Las emulsiones asfálticas utilizadas en la mezcla asfáltica en frío deben cumplir con lo establecido en el numeral 2) de la Tabla 403-3.

Tabla 403-3
Requisitos para los materiales bituminosos y temperaturas de aplicación

Tipo y grado de material bituminoso	Especificación AASHTO	Temperatura en °C para mezclas en planta	Temperatura de aplicación en °C para mezclas en carretera
1) Asfaltos líquidos MC <ul style="list-style-type: none"> • MC 250 • MC 800 • MC 3000 	M 82	Temperatura de la mezcla 55-80 75-100 80-115	> 40 > 55 -
2) Emulsiones asfálticas aniónicas <ul style="list-style-type: none"> • MS-2, MS-2h • SS-1, SS-1h • HFMS-2, HFMS-2h, HFMS-2s Catiónicas <ul style="list-style-type: none"> • CMS-2, CMS-2h • CSS 1, CSS-1h 	M 140 M 208	Temperatura de la emulsión 10-70 10-70	20-70 20-70

Nota: La tabla anterior sirve para indicar los rangos de temperatura necesarios para proporcionar la viscosidad del asfalto adecuada para su esparcimiento. Debe reconocerse que los rangos de temperatura indicados están arriba del mínimo punto de flama para los asfaltos líquidos. Algunos asfaltos pueden tener puntos de flama a temperaturas inferiores de los rangos aquí indicados, es por ello que deben tomarse precauciones de seguridad adecuadas todo el tiempo cuando se trabaje con asfaltos líquidos. Estas precauciones de seguridad incluyen, pero no están limitadas a lo siguiente:

1. No se debe permitir la existencia de llamas o chispas cerca de estos materiales. El control de temperatura debe efectuarse en mezcladoras, distribuidoras u otro equipo diseñado y aprobado para este propósito.
2. Nunca deben usarse llamas para examinar los tambores, tanques de asfalto u otros contenedores en los que se hayan almacenado estos materiales.
3. Todos los vehículos que transporten estos materiales deben ser ventilados adecuadamente.
4. Únicamente el personal con experiencia podrá supervisar y manipular estos materiales.

Las emulsiones aniónicas de rompimiento medio tipo MS o CMS usualmente se emplean con agregados que tienen elevadas proporciones de la fracción que pasa el Tamiz No. 200 o cuando se desea mantener apilada la mezcla.

El material bituminoso que se utiliza en las mezclas en frío depende de varios factores. Depende del procedimiento de elaboración: si es elaborada en planta central o en la carretera. Depende del uso que se le vaya a dar a la mezcla: como material para

capa asfáltica o como material para bacheo. Para capa asfáltica, depende del tipo de graduación de los agregados: si es cerrada o abierta. Para bacheo, depende del tiempo en que se vaya a utilizar la mezcla: de inmediato o si se va a apilar para uso posterior.

Se deben tomar en cuenta todos estos factores y escoger el material bituminoso para la elaboración de la mezcla asfáltica para que cumpla con lo establecido en la Tabla 403-4.

Tabla 403-4
Requisitos para los materiales bituminosos según su aplicación

Tipo de aplicación de la mezcla en frío	Asfaltos líquidos			Emulsiones asfálticas				
	Curado medio (MC)			Aniónicas			Catiónicas	
	250	800	3000	MS-1, MS-2, MS-2h, HFMS-1, HFMS-2, HFMS-2h	HFMS-2s	SS-1, SS-1h	CMS-2, CMS-2h	CSS-1, CSS-1h
Mezclas elaboradas en planta central:								
Mezclas para capas de base y de superficie asfáltica:								
Graduación abierta		X		X			X	
Graduación cerrada	X	X	X		X	X		X
Mezclas para bacheo:								
Bacheo, uso inmediato	X	X				X		X
Bacheo, apilamiento	X	X						
Mezclas elaboradas en carretera:								
Mezclas para capas de base y de superficie asfáltica:								
Graduación abierta		X	X	X	X		X	
Graduación cerrada	X	X			X	X		X
Mezclas para bacheo:								
Bacheo, uso inmediato	X	X			X	X		X
Bacheo, apilamiento	X	X						

(d) Requisitos para la mezcla asfáltica en frío.

La mezcla asfáltica en frío debe llenar los requisitos establecidos en la siguiente tabla, de acuerdo con el resultado de los ensayos de Estabilidad Marshall AASHTO T 245, ASTM

D 1559 para mezclas con asfaltos líquidos, y Estabilidad Marshall Modificado, según el manual MS-14, del Instituto de Asfalto para mezclas con emulsión.

Tabla 403-5
Requisitos para la mezcla asfáltica en frío

Método de diseño	Valores límites	
Marshall (AASHTO T 245, ASTM D 1559 y MS-14)	Mínimo	Máximo
<ul style="list-style-type: none"> Número de golpes de compactación en cada extremo del espécimen <ul style="list-style-type: none"> 1. Con emulsión asfáltica 2. Con asfaltos líquidos Estabilidad de acuerdo al uso de la mezcla <ul style="list-style-type: none"> 1. Con emulsión o asfaltos líquidos para mantenimiento 2. Con asfaltos líquidos para pavimentación Fluencia en 0.25 mm (0.01 pulgada) Relación Estabilidad/Fluencia (lb./0.01 pulg.) Porcentaje de vacíos con aire en la mezcla compactada Sensibilidad a la humedad AASHTO T 283 Resistencia retenida <ul style="list-style-type: none"> 1. Con emulsión asfáltica 2. Con asfaltos líquidos Porcentaje de vacíos relleno con asfalto 	50 75 2,224 N (500 libras) 3,336 N (750 libras) 8 75 3 60% 75 % 65 %	75 75 16 140 15

(e) Aditivos antidesvestimiento. Se debe utilizar aditivo antidesvestimiento cuando sea requerido de acuerdo con los requisitos establecidos en la Especificación 401.03 (f).

del Delegado Residente, el procedimiento incluyendo la maquinaria, equipo y materiales que utilizará para las operaciones de producción, acarreo, colocación, curado, tendido y compactación de la mezcla asfáltica en frío, de acuerdo con las características de los materiales y los requisitos que establecen estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

El procedimiento debe determinar: la localización de la planta de producción de agregado pétreo, el tipo

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

403.04 Determinación del procedimiento de construcción.

Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de mezcla asfáltica en frío, el Contratista debe someter a conocimiento

del mismo; el sistema de producción de la mezcla, si es en planta central fija o en la carretera; la forma de almacenamiento y calentamiento del material bituminoso; la producción y preparación del agregado pétreo, incluyendo el polvo mineral; las características de la unidad mezcladora; el diseño de la mezcla, la fórmula de trabajo, los resultados de los ensayos de laboratorio, el procedimiento de dosificación del material bituminoso, la forma de transporte y el control del tránsito.

La fórmula de trabajo deberá incluir la graduación de la mezcla y proporciones de combinación de los agregados si así corresponde, el contenido de material bituminoso y aditivos antidesvestimiento si así se requiere, y los resultados de los ensayos de laboratorio según lo definido en las Disposiciones Especiales y conforme lo indicado en la Especificación 403.03 (d). Todo esto dentro de las tolerancias y requisitos que establecen estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales.

Esta información debe presentarla el Contratista antes de iniciar la producción de mezcla, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones, que estime convenientes.

403.05 Producción del agregado. Debe cumplir con lo establecido en la Especificación 401.05 excepto que la piedra o grava, se puede usar en su estado natural, solamente clasificando el material, a menos que en los planos o Disposiciones Especiales se requiera la trituración total o parcial de los agregados minerales, todo de conformidad con las Especificaciones 403.03 (a) y 403.03 (b).

403.06 Preparación del agregado. Antes de efectuar la aplicación del material bituminoso, el agregado pétreo debe de ser preparado de conformidad con el procedimiento de construcción determinado de acuerdo con la Especificación 403.04, procurando en todo caso mantener homogéneas sus características de graduación, humedad, composición y calidad.

403.07 Preparación del material bituminoso.

(a) Tanques de almacenamiento y equipo. Los tanques de almacenamiento para las emulsiones

asfálticas deben ser verticales y con el tubo de llenado ubicado hasta el fondo del tanque con el objeto de evitar el rompimiento de la emulsión. Los tanques de almacenamiento deben cumplir con las recomendaciones de almacenamiento indicadas por el Instituto de Asfalto en el Manual de Emulsiones Número 19.

(b) Calentamiento del material bituminoso. Cuando se requiere calentamiento del material bituminoso, debe cumplir con lo establecido en la Especificación 401.07 (b).

403.08 Mezcla, acarreo, colocación, afinamiento y compactación.

(a) Cantidad de aplicación. La cantidad de material bituminoso que debe aplicarse debe ser indicada por orden escrita del Delegado Residente de conformidad con lo indicado en la Especificación 403.04. La cantidad de emulsión asfáltica puede variar entre 3.5 y 8.5% y al utilizar asfaltos líquidos, entre 3% a 8% ambas proporciones respecto al peso seco de los agregados, a menos que se indique de otra forma en las Disposiciones Especiales.

Cuando se utiliza el sistema de riegos, indicado en la Especificación 403.08 (b) (1), cada aplicación no debe exceder de 2 litros (0.53 galones) por metro cuadrado.

(b) Mezcla del material bituminoso. La mezcla asfáltica en frío puede ser hecha en carretera o en planta.

(1) Aplicación y mezcla en la carretera por riegos. La aplicación del material bituminoso puede ser efectuada por medio de riegos sucesivos con tanque distribuidor a presión, sobre el agregado previamente extendido en una capa de espesor máximo de 10 centímetros, procediéndose de inmediato a efectuar la mezcla, utilizando de preferencia maquina estabilizadora o mezcladora pulverizadora, hasta que se obtenga una coloración uniforme del material. Seguidamente se debe colocar en

camellones la mezcla efectuada, extender la nueva capa de agregado y proceder al siguiente riego y operación de mezcla, hasta completar la cantidad de material para cubrir el espesor de capa de mezcla asfáltica especificada.

El espesor mínimo de la capa aregar nunca debe ser menor del doble del tamaño máximo del agregado.

- (2) **Aplicación y mezcla en la carretera por mezcladora móvil o estabilizadora.** La aplicación del material bituminoso, puede ser efectuada por medio de planta mezcladora móvil o máquina estabilizadora, equipadas con sistema acoplado de tanque alimentador de material bituminoso, efectuándose previamente, el esparcido del material pétreo en capas de espesor uniforme o en camellones de sección transversal geométrica uniforme, con la cantidad de material para formar la capa de mezcla asfáltica en frío, del espesor indicado en la Sección Típica de Pavimentación y de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.
- (3) **Aplicación y mezcla en planta.** El material bituminoso puede ser aplicado en planta fija o móvil, si así lo establece el procedimiento de construcción aprobado por el Delegado Residente según la Especificación 403.04.

El Contratista debe proceder en presencia del Delegado Residente a la calibración de la planta fija o móvil, haciendo los ajustes de todas las operaciones para lograr una mezcla uniforme dentro de los límites de la fórmula de trabajo y las tolerancias establecidas en la Especificación 403.10 o en las Disposiciones Especiales.

Se debe utilizar una planta de mezclado equipada con zarandas, tolvas, dispositivos para dosificar por peso o por volumen, capaces de controlar con exactitud la

cantidad de agregado mineral y material bituminoso que entra en la mezcladora y con básculas para medir la cantidad de mezcla producida.

Si las Disposiciones lo estipulan expresamente debe proveerse un colector de polvo para evitar la contaminación del ambiente.

- (c) **Curado de la mezcla.** Cuando se utilizan asfaltos líquidos, según el tipo y grado del mismo, debe airearse la mezcla hasta lograr la evaporación de por lo menos el 80% de los solventes, antes de proceder a la conformación final y compactación de la mezcla.

El tiempo de curado es variable según las características de los materiales y condiciones del clima, por lo que éste debe ser determinado previamente, por medio de ensayos de laboratorio y de campo, efectuados de común acuerdo con el Delegado Residente.

El curado puede ser efectuado en la planta fija o en la carretera, según lo determine el procedimiento de construcción estipulado en la Especificación 403.04 o en las Disposiciones Especiales.

- (d) **Transporte de la mezcla.** La mezcla debe ser transportada de la planta al lugar de su colocación por medio de vehículos con palangana de volteo debidamente limpia, y cubiertos con lona u otro material que preserve la mezcla del polvo y la lluvia durante el trayecto. Cuando se trata de mezcla con asfaltos líquidos, el transporte puede efectuarse antes o después de transcurrido el tiempo de curado, dependiendo de la forma establecida en el procedimiento de construcción aprobado por el Delegado Residente de acuerdo con lo establecido en la Especificación 403.04.

- (e) **Tendido.** La mezcla transportada a la carretera, cuando se trate de mezcla en planta que no necesite curado adicional, debe colocarse y tenderse

con máquina pavimentadora autopropulsada especial para este trabajo, que permita ajustar el espesor y el ancho a tender, asegurando su esparcimiento uniforme en una sola operación en un ancho no menor de 3 metros.

Cuando se trate de mezcla efectuada con materiales bituminosos que requieran curado, puede ser colocada en camellones o montones, procediéndose después de transcurrido el tiempo de curado, a su tendido y conformación final, para ser compactada.

El espesor de cada capa no debe ser mayor de 100 milímetros. El espesor de la capa nunca debe ser menor del doble del tamaño máximo del agregado.

- (f) **Afinamiento y compactación.** La mezcla asfáltica debe de ser uniformemente compactada hasta alcanzar un mínimo del 97% de la densidad máxima de laboratorio según la Especificación 403.03 (d). La compactación en el campo se comprobará de preferencia según AASHTO T 230 y AASHTO T 166. Con la aprobación escrita del Ingeniero pueden usarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Cuando el espesor a construir excede de 100 milímetros, el material debe colocarse, tenderse y compactarse en dos o más capas, de espesor no menor del doble del tamaño máximo del agregado. Siempre que se efectúe la construcción en varias capas, debe colocarse un riego de liga entre las mismas, de acuerdo con la Sección 408 cuando la capa inferior haya sido abierta al tránsito antes de ser cubierta con otra capa.

La compactación se deberá efectuar desde los lados hacia el centro, en dirección paralela a la línea central de la carretera.

- 403.09 Requisitos de clima.** No se permite efectuar aplicación de material bituminoso en la carretera cuando la temperatura ambiente sea de 10°C o menos, cuando esté lloviendo, o cuando la humedad del agregado afecte la calidad y uniformidad de la mezcla.

No se permite el esparcimiento de mezcla efectuada en planta cuando esté lloviendo o cuando la humedad de la superficie a recubrir sea perjudicial, y pueda ocasionar fallas en el pavimento.

403.10 Control de calidad, tolerancias y aceptación.

El control de calidad de los materiales y el proceso de construcción deben llenar los requisitos de la Sección 106.

(a) Control de calidad de los materiales.

- (1) **, desintegración al sulfato de sodio y desvestimiento.** En cada banco se debe efectuar un ensayo por cada 20,000 metros cúbicos de material producido.

- (2) **Caras fracturadas y partículas planas y alargadas.** Se deben efectuar ensayos cada 200 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos de cada banco, y seguidamente por cada 5,000 metros cúbicos de material producido.

- (3) **Granulometría.** Se debe efectuar un ensayo por cada 200 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos, y seguidamente un ensayo cada 400 metros cúbicos.

- (4) **Características de plasticidad y equivalente de arena.** Se deben efectuar ensayos por cada 2,000 metros cúbicos de agregado producido, incluyendo el polvo mineral.

- (5) **Material bituminoso.** El Contratista deberá proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor en donde se hagan constar las características del material bituminoso aplicables al grado especificado proveído por lote de producción o embarque según sea aplicable, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente. Dichas verificaciones podrán efectuarse bimensualmente.

- (6) **Mezcla asfáltica.** El Contratista debe tomar muestras de acuerdo a AASHTO T 168 y efectuar un ensayo completo de estabilidad

y características de la mezcla, incluyendo porcentaje de material bituminoso residual (tomando en cuenta la pérdida de volumen del solvente por evaporación y debido a las operaciones de curado, de acuerdo con el tipo y grado de material bituminoso utilizado) y graduación de los agregados minerales después de la extracción, AASHTO T 30, por cada 400 metros cúbicos de mezcla colocada y compactada.

(b) Tolerancias en las características de los materiales.

(1) Materiales antes de la mezcla asfáltica.

Si los ensayos efectuados a los materiales no llenan requisitos estipulados, para cada una de las características indicadas en la Especificación 403.03, después de efectuar las verificaciones necesarias, si esta condición persiste en más del 20% de los ensayos verificados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias, a su costa, o el material será rechazado.

(2) Mezcla asfáltica en frío. Si los ensayos efectuados a la mezcla asfáltica no llenan los valores estipulados para cada una de las características indicadas en la Especificación 403.03 (d), según el método de diseño elegido o está fuera de los límites de la fórmula de trabajo, cuando ésta última sea procedente, la mezcla asfáltica será rechazada si rebasa de las siguientes tolerancias, respecto a los valores máximos y mínimos.

Tabla 403-6
Tolerancias para la mezcla asfáltica en frío

Requisitos de la fórmula de trabajo	Tolerancia en más o en menos
• Porcentaje de vacíos de la mezcla total	1.0%
• Porcentaje de vacíos rellenos con asfalto	2.0 %
• Contenido de material bituminoso	0.4 % en peso de la mezcla total

(c) Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.

(1) Compactación. Se establece una tolerancia de un 1% en menos del porcentaje de compactación, respecto de la densidad de laboratorio según AASHTO T 245, obtenida de acuerdo a la Especificación 403.03 (d), para aceptación de capa de mezcla asfáltica en frío.

Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 400 metros cuadrados de mezcla, de cada una de las capas que se compacten.

Las densidades no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para corrección.

(2) Espesor. El espesor de capa de mezcla asfáltica en frío, se debe verificar al efectuar cada ensayo de control de compactación según AASHTO T 230, a menos que se hayan utilizado los métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 800 metros cuadrados, para verificación del espesor. Se establece una tolerancia de ± 5 milímetros, pero el promedio aritmético de los espesores determinados cada kilómetro, no debe diferir en más de 2.5 milímetros del espesor estipulado en los planos.

(3) Superficie. La conformación de la superficie terminada de la capa de mezcla asfáltica en frío debe ser verificada mediante la utilización de una regla recta rodante o una regla o varilla de 3 metros de longitud graduada, determinándose si la altura es constante sobre la superficie en sentido transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades mayores de 2.5 milímetros en el sentido paralelo al eje de la carretera ni mayores de 5 milímetros en el sentido transversal. Cuando en las Disposiciones Especiales se requiera la verificación del

Índice Internacional de Rugosidad IRI, Se debe cumplir con el requisito de IRI establecido en 401.18 (c)(4).

En las Disposiciones Especiales se deberá establecer el Índice de Rugosidad IRI (International Roughness Index) máximo permisible aplicable a cada capa de mezcla asfáltica en frío. Cuando no se especifique en las Disposiciones Especiales, el IRI para la capa de superficie no debe ser mayor de 2.2.

- (d) Aceptación.** La aceptación de la capa de mezcla asfáltica se debe efectuar, hasta que ésta se encuentre, en el ancho total indicado en las secciones típicas de pavimentación, debidamente compactada dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 403.10 (c) (1).

403.11 Correcciones. Debe cumplir con todos los requisitos establecidos en la Especificación 401.19.

403.12 Medida.

- (a) Capa de mezcla asfáltica en frío, por volumen.** La medida se debe hacer del número de metros cúbicos de capa de Mezcla Asfáltica en Frío, con aproximación de dos decimales, medidos ya compactados en su posición final en la carretera, satisfactoriamente construidos y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos y dentro de los límites y dimensiones indicados en las secciones típicas de pavimentación y de acuerdo a los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos. La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal.

- (b) Capa de mezcla asfáltica en frío, por peso.** Cuando en las Disposiciones Especiales se establezca expresamente, la medida se debe hacer del número de toneladas de 2,000 libras (907.18 kg.), con aproximación de dos decimales de capa

de mezcla asfáltica en frío, satisfactoriamente construida, colocada dentro de los límites de la Sección Típica de Pavimentación o conforme lo autorice el Delegado Residente y aceptada de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El peso se debe determinar, por medio de básculas que llenen los requisitos estipulados en la Especificación 401.08 (a) (10), debiéndose efectuar cada medida del peso neto de la mezcla en presencia del Inspector que controla el peso por parte de la Supervisora, quien debe firmar el vale correspondiente, comprobándose la colocación y aceptación en la carretera, con la firma del Inspector de campo de la misma Supervisora.

El Delegado Residente debe llevar un control diario del número de toneladas producidas, aceptadas y rechazadas, que corresponden a cada tramo y efectuar las deducciones por rechazos posteriores.

No se debe hacer ninguna deducción por el peso del material bituminoso contenido en la mezcla.

- (c) Capa de mezcla asfáltica en frío por superficie.** Cuando en las Disposiciones Especiales se establezca expresamente, la medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de capa de Mezcla Asfáltica en Frío, satisfactoriamente construidos y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El área se debe determinar por procedimientos analíticos. Para este efecto, la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera y el ancho debe ser el delimitado y dimensionado en las secciones típicas de pavimentación y de acuerdo a los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos. La determinación de estas dimensiones se debe ajustar a lo estipulado en la Especificación 110.01.

(d) Material bituminoso. La medida se debe hacer del número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15.6° C, con aproximación de dos decimales, de material bituminoso para mezcla asfáltica en frío, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La medida del Material Bituminoso se debe determinar por diferencia de lecturas del indicador de la mezcladora en las plantas fijas o móviles o en el tanque distribuidor para mezclas en carretera, de conformidad con la cantidad ordenada y temperatura real de aplicación. Esta medida deberá efectuarse previa verificación que los tanques se encuentren en posición horizontal. No se debe aceptar para medida una cantidad mayor que el contenido de material bituminoso ordenado más la tolerancia establecida en la Especificación 403.10 (b) (2).

403.13 Pago.

(a) Capa de mezcla asfáltica en frío, por volumen.

El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en la Especificación 403.12 (a), satisfactoriamente construidos como lo establecen los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Capa de Mezcla Asfáltica en Frío.

(b) Capa de mezcla asfáltica en frío por peso.

Cuando las Disposiciones Especiales así lo estipulen expresamente, el pago se debe hacer por el número de toneladas, medidas como se indica en la Especificación 403.12 (b), satisfactoriamente construidas y aceptadas como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato correspondiente a Capa de Mezcla Asfáltica en Frío.

(c) Capa de mezcla asfáltica en frío, por superficie. Cuando las Disposiciones Especiales así lo estipulen expresamente, el pago se debe hacer por el número de metros cuadrados, medidos como se indica en la Especificación 403.12 (c), satisfactoriamente construidos como lo establecen los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Capa de Mezcla Asfáltica en Frío.

(d) Material bituminoso. El pago se debe hacer por el número de galones (USA), tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en la Especificación 403.12 (d), ordenados y satisfactoriamente aplicados dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 403.10 y de acuerdo con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Material Bituminoso para Capa de Mezcla Asfáltica en Frío.

Estos costos incluyen el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por el suministro de todos los materiales, incluyendo el agua, aditivos del material bituminoso y material de relleno, ni por el acarreo de materiales y mezcla asfáltica, ni por las operaciones necesarias para la obtención y utilización, apilamiento y almacenamiento del material pétreo. Tampoco se reconoce pago adicional por la maquinaria, equipo y personal necesarios para efectuar el control de laboratorio, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para ejecutar el trabajo deben estar incluidos en los costos unitarios correspondientes a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Graduación	AASHTO T 11 AASHTO T 27 AASHTO T 37	Polvo mineral	AASHTO M 17
Abrasión	AASHTO T 96	Emulsiones aniónicas	AASHTO M 140
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104	Emulsiones catiónicas	AASHTO M 208
Índice plástico	AASHTO T 90	Asfalto líquido mc	AASHTO M 82
Límite líquido	AASHTO T 89		
Equivalente de arena	AASHTO T 176		
Resistencia de la mezcla a daños por humedad	AASHTO T 283		
Recubrimiento de agregados	AASHTO T 195		
Gravedad específica de agregados	AASHTO T 84 AASHTO T 85		
Viscosidad cinemática del asfalto	AASHTO T 201		
Punto de inflamación del asfalto líquido	AASHTO T 48 AASHTO T 79		
Ensayo de las emulsiones asfálticas	AASHTO T 59		
Punto de ablandamiento	AASHTO T 53		
Marshall	AASHTO T 245 (ASTM D 1559)		
Marshall modificado mezclas asfálticas en frío	Manual MS-14 Apéndice F Instituto del Asfalto		
Sensibilidad a la humedad-resistencia retenida	AASHTO T 283		

Ensayos	
Compactación	AASHTO T 230
Muestreo de asfalto	AASHTO T 40
Muestreo de mezclas asfálticas	AASHTO T 168
Contenido de asfalto en la mezcla	AASHTO T 164
Graduación después de la extracción	AASHTO T 30
Determinación Rugosidad Superficie de pavimentos	AASHTO R 43
Perfilómetro de Referencia inercial	ASTM E950/E950M Clase 1
Operación Perfilómetro de Referencia inercial	AASHTO R 56 AASHTO R 57
Viga Benkelman	AASHTO T 256 6.2.1
Deflectómetro de Impacto (FWD)	AASHTO T 256 6.2.4

SECCIÓN 404
TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS
SUPERFICIALES

- 404.01 Definición.
- 404.02 Descripción.
- 404.03 Requisitos de los materiales.
- 404.04 Producción del material pétreo.
- 404.05 Preparación y delimitación de la superficie a tratar.
- 404.06 Preparación del material bituminoso.
- 404.07 Cantidades de aplicación del material bituminoso y del agregado.
- 404.08 Aplicación del material bituminoso.
- 404.09 Aplicación de los agregados.
- 404.10 Control de tránsito y mantenimiento.
- 404.11 Correcciones.
- 404.12 Tolerancias.
- 404.13 Control de calidad.
- 404.14 Medida.
- 404.15 Pago.

404.01 Definición. Tratamiento asfáltico superficial. Es una capa de revestimiento formada por riegos sucesivos y alternados de material bituminoso y agregados pétreos triturados de tamaño uniforme esparcidos uniformemente que, mediante el proceso de compactación, son acomodados y orientados en su posición más densa. Esta capa está destinada principalmente a recibir directamente la acción del tránsito proporcionando al pavimento las condiciones necesarias de impermeabilidad, resistencia al desgaste y suavidad para el rodaje.

404.02 Descripción. Este trabajo consiste en la obtención y explotación de canteras y bancos, la trituración de piedra o grava y lavado para formar los agregados clasificados, su apilamiento y almacenamiento, la preparación y delimitación de la superficie a tratar; el suministro, acarreo y distribución uniforme superficial del material asfáltico y agregados pétreos, la compactación; la regulación del tránsito y los controles de laboratorio durante todo el proceso de construcción de una o varias capas de tratamiento asfáltico superficial, sobre la base previamente preparada, de conformidad con lo indicado en los planos y ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical, y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, y de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES

404.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Agregados.** Los agregados pétreos para tratamiento superficial deben ser partículas provenientes de la trituración de grava o piedra de buena calidad, de conformidad con la Especificación ASTM D 1139 / D 1139 M y deberán llenar los requisitos siguientes:

- (1) **Abrasión.** No debe ser mayor de 40 a 500 revoluciones el porcentaje de desgaste por abrasión, de acuerdo con la norma AASHTO T 96.
- (2) **Desintegración al sulfato de sodio.** No deben tener una pérdida de peso mayor de 12% al ser sometidos a cinco ciclos, en el ensayo AASHTO T 104.
- (3) **Caras fracturadas, partículas planas o alargadas.** No menos del 60% en peso, de las partículas del agregado deben de tener por lo menos dos caras fracturadas, ni para los tamaños No.6 o No.7 indicados en la Tabla 404-1 no más del 10% en peso, podrán ser partículas, planas o alargadas según ASTM D 4791.
- (4) **Impurezas y polvo.** Deben estar exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla, polvo u otras sustancias que incorporadas en la capa de tratamiento puedan producir fallas en el pavimento. Cuando no sea técnicamente factible lograr una limpieza absoluta del polvo, después del lavado, se aceptará el agregado cuando no tenga más de 0.50% de material que pase el Tamiz 0.075 mm (Nº 200), de acuerdo al ensayo AASHTO T 11.
- (5) **Peso.** Los agregados deben ser uniformes en calidad y densidad y su peso unitario, AASHTO T 19 no debe ser menor de 1,280 Kg./m³ (80 lb./pie³).
- (6) **Resistencia al desvestimiento.** Las partículas de agregado deben ser de tal naturaleza, que al recubrirlos completamente con material bituminoso del tipo a usarse en el tratamiento no presenten evidencia de desvestimiento, permaneciendo más del 70%

de las partículas perfectamente cubiertas con material bituminoso al efectuar el ensayo AASHTO T 195 sumergiendo previamente la muestra en agua a 60 °C. El uso de aditivos como agentes antidesvestimiento, estará condicionado a los resultados positivos del ensayo anteriormente indicado, usando los productos propuestos.

(7) **Graduación.** Los agregados pétreos deben cumplir con los requisitos de graduación, según AASHTO M 43, indicados en la siguiente tabla. La graduación para cada riego se definirá de acuerdo con el espesor total del tratamiento superficial y su número de riegos, ambos definidos en las Disposiciones Especiales.

Tabla 404-1
Graduación de los agregados para tratamientos superficiales (AASHTO M 43 y ASTM D 1139 M)

Tamaño del tamiz	Porcentaje en masa que pasa el tamiz designado (AASHTO T 27 y T 11)					
	Nº 5*	Nº 6*	Nº 7*	Nº 8*	Nº 9*	Nº 10*
	37.5 mm (1½")	25.4 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (⅜")	4.75 mm (Nº 4)
37.5 mm	100					
25.0 mm	90-100	100				
19.0 mm	20-55	90-100	100			
12.5 mm	0-10	20-55	90-100	100		
9.50 mm	0-5	0-15	40-70	85-100	100	100
4.75 mm		0-5	0-15	10-30	85-100	85-100
2.36 mm		-	0-5	0-10	10-40	-
1.18 mm		-	-	0-5	0-10	-
300 µm		-	-	-	0-5	-
150 µm		-	-	-	-	10-30

* La numeración indicada corresponde a los tamaños de agregados para tratamientos superficiales según la clasificación ASTM D448.

Para tratamientos superficiales simples, se pueden usar las graduaciones N° 6, 7, 8 o 9.

Para tratamientos superficiales dobles, se podrán utilizar las siguientes 3 combinaciones:

1. Espesor total de 12.5 mm (½")

1º riego, graduación N° 7 y 2º riego, graduación N° 9.

2. Espesor total de 15.9 mm (⅜")

1º riego, graduación N° 6 y 2º riego, graduación N° 8.

3. Espesor total de 19.0 mm (¾")

1º riego, graduación N° 5 y 2º riego, graduación N° 7.

Para tratamientos superficiales triples, se podrán utilizar las siguientes 2 combinaciones:

1. Espesor total de 15.9 mm (⅜")

1º riego, graduación N° 5, 2º riego, graduación N° 7 y 3º riego, graduación N° 9.

2. Espesor total de 19.0 mm (¾")

1º riego, graduación N° 6, 2º riego, graduación N° 8 y 3º riego, graduación N° 9.

(b) Material bituminoso. El tipo, grado, Especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar, será uno de los establecidos en la tabla siguiente, según lo indiquen las Disposiciones Especiales.

Tabla 404-2
Requisitos para el material bituminoso

Tipo y grado de material bituminoso	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en °C
Cementos asfálticos Graduación por viscosidad: • AC-2.5 • AC-5	AASHTO M 226	> 130 > 140
Emulsiones asfálticas • Aniónicas • RS-1 • RS-2 • MS-1 • HFMS-1	AASHTO M 140	20-60 50-85 20-70 20-70
• Catiónicas • CRS-1 • CRS-2	AASHTO M 208	50-85 50-85
• Catiónicas modificadas con polímeros • CRS-2P • CRS-2L	AASHTO M 316	20-70 20-70

Para **tratamientos superficiales simples**, se deben utilizar únicamente los siguientes materiales bituminosos, según la graduación especificada:

1. Graduación N° 5 y N° 6:

- Cementos asfálticos
- Emulsiones asfálticas: RS-2 y CRS-2

2. Graduación N° 7:

- Cementos asfálticos
- Emulsiones asfálticas: RS-1, RS-2, CRS-1 y CRS-2

3. Graduación N° 8:

- Cementos asfálticos
- Emulsiones asfálticas: RS-1, RS-2, CRS-1 y CRS-2

4. Graduación N° 9:

- Emulsiones asfálticas: RS-1, CRS-1, MS-1 y HFMS-1

Para **tratamientos superficiales dobles y triples**, se podrán utilizar los materiales bituminosos indicados en la Tabla 404-2, excepto las emulsiones MS-1 y HFMS-1, conforme el tipo y grado que se indique en las Disposiciones Especiales. Las emulsiones MS-1 y HFMS-1 sólo se podrán utilizar para tratamientos simples o en el riego final de los tratamientos dobles y triples, cuando se use graduación N° 9. Las emulsiones catiónicas modificadas con polímeros se podrán utilizar conforme el tipo y grado que se indique en las Disposiciones Especiales

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

404.04 Producción del material pétreo. Previamente a la explotación de una cantera o banco, debe efectuarse la limpieza correspondiente, eliminar

la vegetación, capa de materia orgánica, basura y arcilla que pueda contaminar el material triturado. La trituración debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del material. La graduación del material debe lograrse en la planta de trituración. La planta de trituración debe estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas para lograr la granulometría especificada, y con sistema de lavado para lograr agregados limpios.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio, sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias para obtener un material de conformidad con estas Especificaciones.

El material producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta o acarrearse para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo en todo caso ajustarse a lo establecido en la Sección 313.

404.05 Preparación y delimitación de la superficie a tratar.

(a) **Barrido de la superficie.** Previamente a la aplicación de cada riego de material bituminoso, debe de removerse de la superficie a tratar, todo el material suelto y extraño, por medio de barrido, utilizando barredora mecánica, escoba giratoria y fuelle mecánico. Tanto la escoba como el fuelle deben estar diseñados especialmente para lograr una limpieza eficiente, sin dañar la superficie. El fuelle debe ser capaz de ajustarse para que sople, del centro al borde exterior de la carretera. Todo este equipo debe de estar provisto de sistemas con ruedas de llantas neumáticas. Cuando se trate de la segunda o tercera aplicación, el barrido de exceso de agregado del tratamiento anterior, debe efectuarse de preferencia en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde.

(b) **Revisión de la superficie.** Después de que la superficie a tratar, haya sido barrida, se debe proceder a inspeccionarla visualmente en forma conjunta, a fin de observar si no presenta grietas, descascarados, depresiones

o alguna condición que pueda perjudicar la uniformidad y efectividad del tratamiento, procediéndose previamente a su corrección a costa del Contratista. No debe aplicarse la primera capa de tratamiento superficial antes de que hayan pasado 3 días de haber sido aplicada la imprimación a la capa de Base.

(c) **Delimitación de la superficie.** Para delimitar la superficie a tratar, se debe usar un cordel o marcar con pintura, la línea que indique el borde de la misma y que debe servir de guía para el conductor del camión de distribución del material bituminoso. En los extremos de la sección a tratar, se debe colocar una faja de papel de construcción, en todo el ancho sujetándolo a la superficie, para que el derrame de exceso de material bituminoso al principiar y terminar el riego no caiga fuera del lugar.

No se autoriza regar material bituminoso en una extensión mayor de la que pueda ser cubierta totalmente con agregado, en un lapso máximo de 8 minutos y siempre que en el tramo a cubrir se cuente con los camiones con agregado necesarios para cubrir el material bituminoso con la cantidad de agregados a esparcir de acuerdo con la dosificación ordenada por el Delegado Residente.

(d) **Protección de las estructuras adyacentes.** La superficie de todas las estructuras y construcciones adyacentes al área que se va a tratar, deben protegerse adecuadamente para evitar su salpicadura o daño. En caso de que esto ocurra, el Contratista debe a su propia costa, remover el material y reparar todos los daños.

(e) **Requisitos de clima.** Se permitirá regar material bituminoso cuando la temperatura ambiente y de la superficie de la base sea mayor de 15°C y se encuentren en ascenso. No se permitirán riegos de material bituminoso cuando esté lloviendo, la superficie se encuentre húmeda o exista amenaza de lluvia. De preferencia la aplicación de los tratamientos superficiales se deberá programar y efectuar durante la época seca de la zona donde se localice el proyecto.

404.06 Preparación del material bituminoso.

- (a) **Tanques de almacenamiento y equipo.** El Contratista debe de contar con equipos de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento para el material bituminoso a utilizar, debiendo éstos estar localizados en lugares estratégicos de fácil acceso, y protegidos contra incendio. En el caso de las emulsiones asfálticas, los tanques de almacenamiento deben llenar los requisitos establecidos en La Especificación 403.07(a).
- (b) **Calentamiento del material bituminoso.** El equipo de calentamiento ya sea fijo o móvil, debe de tener capacidad adecuada para calentar el material a utilizar, sin dañarlo, debiendo tener

sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas del quemador con las paredes del tanque y la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula el material bituminoso.

404.07 Cantidad de aplicación del material bituminoso y del agregado.

La cantidad de aplicación del material bituminoso y los agregados será la indicada en las Disposiciones Especiales o la que ordene el Delegado Residente, de conformidad con las tablas siguientes, según la aplicación de que se trate, el tipo y grado de material bituminoso a usar y la clase, cantidad de aplicación y graduación del agregado.

Tabla 404-3
Cantidad de material bituminoso y agregados para tratamientos simples

Graduación	Tipo de material bituminoso	Cantidad de cemento asfáltico o emulsión (Lt./m ²)	Cantidad de Agregado (Kg./m ²) (1)
Nº 6	Cemento asfáltico	1.6-2.0 (0.42-0.53 gal/m ²)	22-27
	RS-2, CRS-2	1.8-2.3 (0.48-0.61 gal/m ²)	
Nº 7	Cemento asfáltico	0.9-1.4 (0.24-0.37 gal/m ²)	14-16
	RS-1, CRS-1 RS-2, CRS-2	1.4-2.0 (0.37-0.53 gal/m ²)	
Nº 8	Cemento asfáltico	0.7-1.1 (0.18-0.29 gal/m ²)	11-14
	RS-1, CRS-1 RS-2, CRS-2	0.9-1.6 (0.24-0.42 gal/m ²)	
Nº 9	RS-1, CRS-1 MS-1, HFMS-1	0.7-0.9 (0.18-0.24 gal/m ²)	8-11

- (1) Las cantidades de agregado por metro cuadrado corresponden a agregados con una gravedad específica bulk de 2.65, determinada de acuerdo con AASHTO T 84 y AASHTO T 85. Se deben hacer correcciones proporcionales cuando el agregado suministrado tenga una gravedad específica bulk mayor de 2.75 o menor de 2.55.

Tabla 404-4
Cantidad de material bituminoso y agregados para tratamientos dobles

Espesor total del tratamiento	Número de aplicación	Número de graduación	Cantidad de cemento asfáltico (lt./M ²) ⁽¹⁾	Cantidad de agregado (kg./M ²) ⁽²⁾
12.5 mm (½")	1 ^a aplicación	Nº 8	0.9-1.4 (0.24-0.34 gal/m ²)	14-19
	2 ^a aplicación	Nº 4	1.4-1.8 (0.34-0.48 gal/m ²)	5-8
15.9 mm (¾")	1 ^a aplicación	Nº 8	1.4-1.8 (0.34-0.48 gal/m ²)	16-22
	2 ^a aplicación	Nº 4	1.8-2.3 (0.48-0.61 gal/m ²)	8-11
19.0 mm (¾")	1 ^a aplicación	Nº 6	1.6-2.3 (0.42-0.61 gal/m ²)	22-27
	2 ^a aplicación	Nº 8	2.3-2.7 (0.61-0.71 gal/m ²)	11-14

- (1) En las emulsiones, por el efecto del menisco al evaporarse el agua, el contenido de cemento asfáltico se podrá reducir hasta en un 15% de los valores indicados en esta columna, debiendo calcularse el punto de riego de emulsión según dicho contenido de cemento asfáltico de acuerdo con el certificado del lote proporcionado por el proveedor según el grado y tipo de emulsión especificado en cumplimiento de las especificaciones AASHTO M 140 y M 208.
- (2) Las cantidades de agregado por metro cuadrado corresponden a agregados con una gravedad específica bulk de 2.65, determinada de acuerdo con AASHTO T 84 y AASHTO T 85. Se deben hacer correcciones proporcionales cuando el agregado suministrado tenga una gravedad específica bulk mayor de 2.75 o menor de 2.55.

Tabla 404-5
Cantidad de material bituminoso y agregados para tratamientos triples

Espesor total del tratamiento	Número de aplicación	Número de graduación	Cantidad de cemento asfáltico (lt/m ²) ⁽¹⁾	Cantidad de agregado (kg/m ²) ⁽²⁾
12.5 mm (½")	1 ^a aplicación	Nº 8	0.9-1.4 (0.24-0.37 gal/m ²)	14-19
	2 ^a aplicación	Nº 9	1.1-1.6 (0.29-0.42 gal/m ²)	5-8
	3 ^a aplicación	Nº 9	0.9-1.4 (0.24-0.37 gal/m ²)	5-8
15.9 mm (¾")	1 ^a aplicación	Nº 8	0.9-1.4 (0.24-0.37 gal/m ²)	16-22
	2 ^a aplicación	Nº 8	1.4-1.8 (0.37-0.48 gal/m ²)	8-11
	3 ^a aplicación	Nº 16	0.9-1.4 (0.24-0.37 gal/m ²)	5-8
19.0 mm (¾")	1 ^a aplicación	Nº 6	1.1-1.6 (0.29-0.42 gal/m ²)	19-25
	2 ^a aplicación	Nº 8	1.4-1.8 (0.37-0.48 gal/m ²)	11-14
	3 ^a aplicación	Nº 9	1.1-1.6 (0.29-0.42 gal/m ²)	5-8

- (1) En las emulsiones, por el efecto del menisco al evaporarse el agua, el contenido de cemento asfáltico se podrá reducir hasta en un 15% de los valores indicados en esta columna, debiendo calcularse el punto de riego de emulsión según dicho contenido de cemento asfáltico de acuerdo con el certificado del lote proporcionado por el proveedor según el grado y tipo de emulsión especificado en cumplimiento de las especificaciones AASHTO M 140 y M 208.
- (2) Las cantidades de agregado por metro cuadrado corresponden a agregados con una gravedad específica bulk de 2.65, determinada de acuerdo con AASHTO T 84 y AASHTO T 85. Se deben hacer correcciones proporcionales cuando el agregado suministrado tenga una gravedad específica bulk mayor de 2.75 o menor de 2.55.

Para cada riego la cantidad de agregados podrá estimarse dentro de los rangos indicados en las tablas anteriores, determinando el peso de los mismos al acomodarlos en su posición más densa, en una sola capa, en una bandeja con una superficie de un metro cuadrado. El porcentaje de vacíos se podrá estimar midiendo la cantidad de agua requerida para llenar dicha bandeja hasta el nivel correspondiente a la parte superior de los agregados. Este porcentaje de vacíos aproximadamente fluctuará en el orden del 20%. La cantidad de asfalto se podrá estimar como la necesaria para llenar entre 67% ($\frac{2}{3}$) y 75% ($\frac{3}{4}$) de los vacíos cuando se use cemento asfáltico y entre el 55% y el 60% de los vacíos, después de que se evapore el agua, cuando se utilicen emulsiones asfálticas. Los valores indicados anteriormente pueden ser verificados en el campo colocando la bandeja descrita anteriormente en una sección de prueba para verificar la calibración del equipo distribuidor de agregados y de asfalto.

En tratamientos múltiples, de conformidad con el procedimiento indicado anteriormente, se calculará la suma de cada una de las aplicaciones de material bituminoso y dicho total se distribuirá aplicando un 40% en el primer riego y un 60% en el segundo riego para los tratamientos dobles y un 30% en el primer riego, un 40% en el segundo y un 30% en el tercero para los tratamientos triples. No obstante, lo anterior, estas proporciones podrán ser modificadas cuando exista una tendencia a que se registren afloramientos de material bituminoso. En este caso, para un tratamiento doble, se aplicará un 55% de la cantidad total en el primer riego y un 45% en el segundo.

La cantidad de emulsión a aplicar se establecerá según su contenido de asfalto correspondiente al tipo y grado especificado para obtener las cantidades de asfalto indicadas en las Tablas 404-4 y 404-5 anteriores. El Delegado Residente debe indicar con orden escrita la cantidad de agregados, así como de cemento asfáltico o de emulsión asfáltica que será aplicada en cada capa de la sección a tratar para cumplir con lo establecido en estas especificaciones.

404.08 Aplicación del material bituminoso. La aplicación del material bituminoso puede ser efectuada cubriendo en la primera operación la mitad del ancho de la base a tratar. Luego en segunda operación debe cubrirse la otra mitad, pudiéndose dejar para operación posterior los sobreanchos de las curvas. En todo caso deben efectuarse las correcciones necesarias en los traslapos, para evitar excesos de material bituminoso.

La distribución del material bituminoso debe ser efectuada con un tanque distribuidor de asfalto a presión, equipado con sistema de calentamiento. La unidad debe ser autopropulsada o estar compuesta por un tanque distribuidor remolcado con cabezal, en todo caso, con ruedas de llantas neumáticas y fuerza de propulsión suficiente para mantener una velocidad constante que permita el riego especificado. Debe de estar equipado con tacómetro en unidad de operación separada, adaptada al tanque distribuidor, graduado en unidades de velocidad de por lo menos 5 metros por minuto o su equivalente en sistema inglés y colocado para que el piloto del distribuidor lo pueda leer fácilmente. En el sistema de distribución se debe conectar un tacómetro al eje de la bomba con indicador calibrado en revoluciones por minuto, de fácil lectura para el operador.

La barra de riego debe de permitir ajuste de longitud con variaciones cada 300 milímetros en más o en menos hasta una longitud de 8 metros y ajuste vertical para variar la altura de todas las boquillas, así como mecanismo de fijación o de compensación en el sistema de suspensión para mantener constante la altura de la barra respecto a la superficie a tratar en toda la longitud de riego. La altura de la barra será fijada para permitir un traslape triple en el riego en abanico de las boquillas interiores. La alineación de las boquillas respecto al eje de la barra deberá permitir el esparcimiento completo de cada abanico sin interferir con los de las boquillas adyacentes. La barra y boquillas deben tener válvulas que proporcionen un cierre positivo e inmediato al terminar la distribución y deben permanecer limpias sin atascarse, en las operaciones intermitentes. La capacidad de la bomba del tanque

distribuidor debe de ser no menor de 1000 litros (250 galones) por minuto y ser capaz de distribuir el material bituminoso en una corriente uniforme y constante a través de todas las boquillas, con presión suficiente para asegurar un riego parejo de acuerdo con la cantidad ordenada por el Delegado Residente.

El sistema de calentamiento para el material bituminoso debe proveer un calor uniforme para todo el material, con termómetros aislados, que no estén en contacto con los tubos de calentamiento. Cuando se use el sistema de calentamiento, el material bituminoso deberá estar circulando en el tanque y se debe evitar el calentamiento excesivo para evitar su degradación. El distribuidor debe tener además una manguera con rociador anexa para cubrir las áreas que queden fuera del alcance de la barra o para efectuar correcciones.

Antes de proceder a cargar el tanque distribuidor con el material bituminoso a usar, debe inspeccionarse para determinar si no contiene residuos de un producto bituminoso distinto al que se usa en el riego. Si éste fuese el caso, el Contratista debe proceder a lavarlo y limpiarlo perfectamente con vapor o el solvente adecuado y a remover con agua pura cualquier residuo de solvente, antes de cargarlo.

Antes de la aplicación del material bituminoso, se deben inspeccionar las boquillas para asegurarse que todas funcionen libremente y se debe proceder a la calibración del distribuidor.

404.09 Aplicación de los agregados.

(a) Distribución de agregados. Los agregados deben ser aplicados con uniformidad sobre la superficie. La cantidad de aplicación será ordenada por el Delegado Residente, según lo establecido en el último párrafo de la Especificación 404.07.

(1) Esparcimiento de agregados. Inmediatamente después de haberse iniciado la aplicación del material bituminoso, se debe proceder a esparcir el agregado sobre la superficie ya regada, dentro de un (1) minuto posterior a la aplicación del cemento

asfáltico o, cuando las emulsiones aún se encuentren con una coloración marrón, o sea antes de que se haya producido su rompimiento, para alcanzar un máximo mojado posible de los agregados.

Para esta operación debe usarse un equipo esparcidor de agregados del tipo autopropulsado, con sistema de ruedas con llantas neumáticas de capacidad adecuada, tolvas y banda transportadora y con tacómetro para mantener una velocidad para permitir un esparcimiento uniforme y constante del agregado de acuerdo con la cantidad ordenada por el Delegado Residente. El equipo esparcidor debe de permitir el ajuste en el ancho en variaciones cada 300 milímetros hasta una longitud de 8 metros y ajuste vertical para variar la altura de caída del agregado a la superficie. El equipo esparcidor debe tener además zaranda vibratoria y sistema de ajuste del flujo del agregado para esparcir la cantidad especificada por metro cuadrado.

Antes de efectuar la aplicación de agregado sobre el riego asfáltico, debe calibrarse el equipo esparcidor.

(2) Transporte de agregados. El Contratista debe tener disponible suficientes camiones de volteo equipados con dispositivo para su enganche al distribuidor de agregados. Los camiones deben tener capacidad de 10 metros cúbicos con un volumen acorde a la capacidad y potencia de la distribuidora de agregados, para su eficiente maniobra y acoplamiento al distribuidor. Los camiones al ser remolcados deberán volcar suavemente el material sin dañar la superficie tratada. Los camiones no deben pasar sobre el material bituminoso sin cubrir. No se autorizarán camiones que tengan fugas o goteos de combustibles o de aceite. Los operadores deben ser diestros y tener experiencia en este trabajo.

- (b) Remoción y compactación.** Inmediatamente después de la distribución del agregado, debe procederse a remover el exceso si lo hubiese por medio de escoba de arrastre o manualmente con palas de extremo cuadrado, corrigiendo las áreas descubiertas cubriendolas también a mano, procediéndose seguidamente a la compactación por medio de dos compactadoras autopropulsadas de ruedas neumáticas, equipadas con un mínimo de 8 llantas.

La compactación debe ser iniciada inmediatamente después de que los agregados hayan sido esparcidos debiendo mantenerse hasta que los mismos se hayan acomodado completamente sobre el riego bituminoso y se suspenderá cuando este último haya fraguado o endurecido para evitar romper su adherencia con los agregados. La operación debe efectuarse del borde exterior, hacia el centro de la superficie, exceptuando las curvas donde se efectuará del borde inferior al superior, traslapando uniformemente las pasadas en franjas de la mitad del ancho de las llantas delanteras hasta cubrir la totalidad de la superficie. Después de cada tratamiento, se barrerá el exceso de agregados que se encuentren sueltos, sin afectar los adheridos al material bituminoso. Esta operación deberá efectuarse antes de construir el carril adyacente o la siguiente aplicación en el caso de tratamientos múltiples, pero no antes de la mañana del día siguiente de haberse concluido la compactación del tramo.

404.10 Control de tránsito y mantenimiento.

- (a) Control de tránsito.** Durante todas las operaciones de aplicación de tratamiento asfáltico superficial, el Contratista debe de controlar el tránsito, señalizando, dirigiendo el mismo y controlando la velocidad, para evitar accidentes y deterioro del trabajo efectuado. Se debe proporcionar un carro piloto, como se estipula en la Especificación 155.02 (a).

Después de la aplicación del material bituminoso no se permitirá tránsito de

ninguna clase, hasta que haya sido aplicado y compactado el agregado de recubrimiento, y por lo menos en las 48 horas siguientes la velocidad máxima permitida en el tramo será de 30 Km./h. Los camiones cargados de agregado deberán conducirse en una dirección opuesta a la de avance de las operaciones del tratamiento superficial, y deberán dar vuelta en una zona distante de los trabajos ejecutados más recientemente.

- (b) Mantenimiento.** El Contratista debe de mantener la superficie tratada, hasta que se efectúe la siguiente aplicación de tratamiento. El mantenimiento incluirá la remoción de exceso de agregado, la limpieza y reparación de grietas, baches y todos los desperfectos que presente la superficie antes de la siguiente aplicación.

No debe aplicarse un segundo o tercer tratamiento antes de 24 horas de haber sido aplicado el inmediato inferior y siempre que el mismo haya curado y fraguado completamente.

404.11 Correcciones.

- (a) Corrección de riego del material bituminoso o de los agregados.** Si después de efectuado el riego, aparecen áreas que no han recibido uniformemente el material bituminoso o los agregados, dichas áreas serán cubiertas inmediatamente usando una manguera y rociador anexo al distribuidor, aplicando los agregados manualmente y compactando el área de nuevo.

- (b) Corrección de grietas, baches o afloramientos.** Las grietas deben ser corregidas sellándolas con material bituminoso y cubriendolas después con material secante del tipo indicado en la Especificación 407.03 (b)(1).

Los baches deben corregirse removiendo la parte defectuosa hasta la profundidad que sea necesaria, sustituyéndola con material de base conforme la sección correspondiente de la División 300, recubriendola con una mezcla de agregados y material bituminoso, aprobada

por el Delegado Residente, procediéndose a la compactación del área bacheada.

Los afloramientos que aparezcan deben ser corregidos efectuando una aplicación adicional de agregado fino o arena la cual será debidamente compactada. Para que no aparezcan nuevos afloramientos, se harán las correcciones necesarias, en las cantidades de agregados y material bituminoso.

(c) **Correcciones por depresiones o excesos.** Todas las áreas de la superficie terminada que sean defectuosas, que tengan juntas con material en exceso u ondulaciones o depresiones mayores de 10 milímetros como consecuencia de deficiencias en la colocación del tratamiento superficial o por incumplimiento en las tolerancias de superficie de la capa de base, deben reemplazarse con una superficie satisfactoria, construida de acuerdo con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales. En este caso, no se hará ningún pago adicional por las correcciones que sea necesario efectuar.

404.12 Tolerancias.

(a) **Tolerancia en la aplicación del material bituminoso.** No serán aceptadas, para efectos de pago, variaciones mayores del 5% de la cantidad ordenada por el Delegado Residente para cada riego.

(b) **Tolerancia en la aplicación de los agregados.** No serán aceptadas, para efectos de pago, variaciones mayores del 5% de la cantidad ordenada, para cada esparcimiento de agregados.

(c) **Tolerancias de superficie.** La superficie acabada debe ser uniforme y estar de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas mostradas en los planos.

No serán aceptadas depresiones mayores de 10 milímetros en la superficie.

404.13 Control de calidad. El control de calidad de los materiales debe hacerse de acuerdo con lo que se estipula en la Sección 106.

(a) **Material bituminoso.** El Contratista deberá proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor, conforme el correspondiente lote de producción o embarque, en donde se hagan constar las características del material bituminoso de acuerdo al grado y tipo especificado en los planos o Disposiciones Especiales, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente efectuando las operaciones de muestreo de conformidad con AASHTO T 40 y los ensayos que correspondan para verificar el cumplimiento de las Especificaciones para el material bituminoso indicadas en la Tabla 404-2. Dichas verificaciones podrán efectuarse bimensualmente.

(b) **Agregados.** De los agregados se efectuarán ensayos periódicos así:

(1) De cada banco o cantera del agregado se deben obtener dos muestras por cada día de producción y efectuarles los ensayos de graduación, peso unitario, gravedad específica y equivalente de arena correspondientes.

(2) De cada banco o cantera, del agregado se deben efectuar ensayos de Abrasión, Desintegración al Sulfato de Sodio y Desvestimiento cada 5,000 metros cúbicos de material producido.

En caso de que los ensayos indiquen que los materiales no llenan los requisitos de la Especificación 404.03, previa verificación, si el defecto persiste en más del 20% de los ensayos repetidos en un mismo lote de producción, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa o el material será rechazado.

404.14 Medida.

(a) **Material bituminoso.** La medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6°C con aproximación de dos decimales, de Material

Bituminoso para Tratamiento Superficial, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de los anchos establecidos de la Sección Típica con las tolerancias establecidas conforme estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La medida del material bituminoso se debe determinar tomando la lectura del indicador del tanque distribuidor y su temperatura, estando éste a nivel, inmediatamente antes y después de cada riego.

- (b) Agregado.** La medida se debe hacer del número de metros cúbicos sueltos, con aproximación de dos decimales, de Agregado para Tratamiento Asfáltico Superficial del tipo y graduación correspondientes, ordenados, satisfactoriamente colocados y aceptados dentro de los anchos establecidos de la Sección Típica con las tolerancias establecidas y conforme estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

404.15 Pago.

- (a) Material bituminoso.** El pago se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en la Especificación 404.14 (a), ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas y conforme a los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales; al costo unitario de contrato, correspondiente a Material Bituminoso para Tratamiento Superficial.
- (b) Agregado.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 404.14 (b), ordenados, satisfactoriamente colocados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas y conforme a los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales; al costo unitario de contrato, correspondiente a Agregado para Tratamiento Superficial.

Dichos costos incluyen el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconocerá ningún pago adicional por correcciones de la superficie a tratar, sello de grietas, ni por el material bituminoso o agregados usados en esas correcciones, ni por otras de defectos imputables al Contratista. Tampoco se reconoce pago adicional por la obtención, limpia y explotación de canteras o bancos ni por ninguna otra operación para suministrar los materiales dentro de estas Especificaciones incluyendo la aplicación de aditivos antidesvestimiento. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución de este trabajo, deben ser incluidos en los costos unitarios de contrato, correspondientes a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Abrasión	AASHTO T 96	Cemento asfáltico	AASHTO M 20 AASHTO M 226
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104	Emulsiones aniónicas	AASHTO M 140
Polvo en agregado	AASHTO T 11	Emulsiones catiónicas	AASHTO M 208
Peso unitario	AASHTO T 19	Emulsiones catiónicas modificadas con polímeros	AASHTO M 316
Graduación	AASHTO T 27	Agregados	AASHTO M 43
Recubrimiento de agregados	AASHTO T 195	Agregados para tratamientos superficiales	ASTM D 1139/ D1139M
Muestreo de asfalto	AASHTO T 40	Polvo mineral	AASHTO M 17
Viscosidad del cemento asfáltico	AASHTO T 201		
Ensayos de emulsiones asfálticas	AASHTO T 59		
Residuo por destilación de las emulsiones	AASHTO T 59		
Punto de ablandamiento material bituminoso	AASHTO T 53		
Punto de inflamación del cemento asfáltico	AASHTO T 48		
Equivalente de arena	AASHTO T 176		

SECCIÓN 405

SELLOS ASFÁLTICOS

- 405.01 Definición.
- 405.02 Descripción.
- 405.03 Requisitos para los materiales.
- 405.04 Producción del material pétreo.
- 405.05 Preparación y delimitación de la superficie a tratar.
- 405.06 Preparación de la emulsión asfáltica.
- 405.07 Aplicación de la emulsión asfáltica para el sello de brisa y sello ordinario.
- 405.08 Aplicación de la arena en el sello ordinario.
- 405.09 Composición, dosificación, mezcla y aplicación del sello de lechada asfáltica y sello de lechada asfáltica con polímeros.
- 405.10 Control del tránsito y mantenimiento.
- 405.11 Correcciones.
- 405.12 Tolerancias.
- 405.13 Control de calidad.
- 405.14 Medida.
- 405.15 Pago.

405.01 Definición.

Sello asfáltico. Es el revestimiento con emulsiones asfálticas o emulsiones asfálticas y agregado fino, destinado principalmente a impermeabilizar una superficie asfáltica existente, por medio del llenado de los vacíos y grietas y evitar la desintegración de superficies asfálticas desgastadas, mejorando su resistencia contra el deslizamiento y aumentando la durabilidad del pavimento.

El sello asfáltico puede ser de cuatro tipos:

- (a) **Sello de brisa (Fog seal).** Consiste en la aplicación de un riego liviano de una emulsión asfáltica de fraguado lento diluida con agua.
- (b) **Sello ordinario (Sand seal).** Consiste en un riego de una emulsión asfáltica seguido de un esparcimiento de agregado pétreo fino.
- (c) **Sello de lechada (Slurry seal).** Consiste en la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica, aditivos de ser requeridos, agregado fino, material de relleno mineral y agua.
- (d) **Sello de emulsión modificada con polímeros y agregado fino (Micro surfacing).** Consiste en la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica catiónica modificada con polímeros y agregado fino producido exclusivamente por trituración, material de relleno y agua.

405.02 Descripción. Este trabajo consiste en la delimitación y preparación de la superficie a tratar; el suministro, transporte, mezcla o riego superficial de la emulsión asfáltica, según corresponda, incluyendo aditivos; la explotación o la obtención de arena pétreas de cantera, clasificada o triturada de piedra o grava cuando sea requerido conforme el tipo de sello o se indique en los planos o Disposiciones Especiales, para formar un agregado fino clasificado, incluyendo material de relleno, su apilamiento,

almacenamiento, mezcla o esparcimiento, según corresponda; el paso de compactador de llantas neumáticas para uniformizar el esparcimiento o acelerar el curado; la regulación del tránsito y los controles de laboratorio durante todo el proceso de construcción del Sello Asfáltico de que se trate, de acuerdo con lo indicado en los planos, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical, y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias establecidas y de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

Para la realización de trabajos con cargo a esta Sección, previamente se deberán de localizar las áreas dañadas con insuficiencia estructural o problemas de drenaje inadecuado para proceder a la realización de trabajos de bacheo que se efectuarán con cargo a la Sección 406.

MATERIALES

405.03 Requisitos para los materiales.

- (a) **Agregado y material de relleno.** El agregado para sello asfáltico puede ser una arena pétreas naturales o trituradas, con o sin grava pequeña, solamente clasificada, o un subproducto de la trituración de piedra cuando, por el tipo de sello a usar así se requiera. Se debe añadir material de relleno mineral, cemento o cal cuando sea necesario para cumplir con la graduación especificada o según lo indiquen las Disposiciones Especiales o los planos; debiendo llenar los requisitos siguientes:
 - (1) **Abrasión.** No debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión, AASHTO T 96, mayor de 35% a 500 revoluciones.
 - (2) **Desintegración al sulfato de sodio.** No debe tener una pérdida de peso mayor de

12% al ser sometido a cinco ciclos, en el ensayo AASHTO T 104.

- (3) **Plasticidad y equivalente de arena.** El material pétreo, incluyendo el material de relleno, debe ser no plástico, según AASHTO T 90 y debe tener un equivalente de arena, AASHTO T 176, no menor de 45, cuando se use para sello de lechada asfáltica y no menor de 60 cuando se use para sello de lechada asfáltica modificada con polímeros.
- (4) **Impurezas.** Debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla, polvo o sustancias que incorporadas en el sello asfáltico reduzcan u obstaculicen su acción efectiva.

(5) **Peso.** El agregado debe de ser uniforme, en calidad y densidad y su peso unitario AASHTO T 19 no debe ser menor de 1,280 kilogramos por metro cúbico (80 libras por pie cúbico).

(6) **Graduación.** Debe llenar los requisitos de graduación, según AASHTO T 27 y T 11, para uno de los tipos establecidos en la Tabla 405-1, de acuerdo al tipo de sello asfáltico y según lo indiquen las Disposiciones Especiales o los planos.

Tabla 405-1
Tipos de graduación para agregados de sello ordinario y sellos de lechada asfáltica
Tipo I, II, III (Slurry Seal)

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 11 y 27) (1)			
		Arena para sello ordinario (AASHTO M 6) Clase A	Tipo "III" Superficies de textura muy pronunciada o aplicaciones en 2 capas	Tipo "II" Superficies de textura media o recapeos	Tipo "I" Sellado de fisuras y sellado fino
9.5	3/8"	100	100	100	
4.75	4	95-100	70-90	90-100	100
2.36	8	80-100	45-70	65-90	90-100
1.18	16	50-85	28-50	45-70	65-90
0.600	30	25-60	19-34	30-50	40-65
0.300	50	10-30	12-25	18-30	25-42
0.150	100	2-10	7-18	10-21	15-30
0.075	200	0-2	5-15	5-15	10-20

Tabla 405-1
Tipos de graduación para agregados de sello ordinario y sellos de lechada asfáltica
tipo I, II, III (Slurry Seal) (continuación)

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 11 y 27)(1)			
		Arena para sello ordinario (AASHTO M 6) Clase A	Tipo "III" Superficies de textura muy pronunciada o aplicaciones en 2 capas	Tipo "II" Superficies de textura media o recapeos	Tipo "I" Sellado de fisuras y sellado fino
Contenido de asfalto residual % en peso seco de los agregados			6.5-12	7.5-13.5	10-16
Tasa de aplicación kg/m ² basado en peso seco de los agregados			8.0-13.6	5.5-8.0	3.0-5.5

Valores recomendados por International Slurry Surfacing Association

(1) No se acepta la arena de mar.

- (7) Resistencia al desvestimiento.** Las partículas de agregado deben ser de tal naturaleza que, al recubrirlas completamente con emulsión asfáltica del tipo a usarse en el sello asfáltico, no presenten evidencia de desvestimiento (stripping). La muestra se preparará como se indica en el inciso (a) del capítulo 10 del Manual de Emulsiones número 19 del Instituto de Asfalto y se procederá a efectuar el ensayo AASHTO T 195. Para mejorar la resistencia al desvestimiento, se podrán utilizar los aditivos indicados en 401.03 (g).
- (b) Emulsión asfáltica.** El tipo, grado, Especificación y temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica a usar, será uno de los establecidos en la Tabla 405-2, según el tipo del sello y como lo indiquen las Disposiciones Especiales o los planos.

Tabla 405-2
Requisitos para las emulsiones asfálticas

Aplicación, tipo y grado de la emulsión asfáltica usada	Especificación AASHTO	Temperatura de almacenamiento en °c	Temperatura de aplicación en °c
Sello de Brisa (Fog Seal) <ul style="list-style-type: none"> • Aniónicas <ul style="list-style-type: none"> • SS-1*, SS-1h * • MS-1** • HFMS-1** • Catiónicas, <ul style="list-style-type: none"> • CSS-1*, CSS-1h* 	M 140 M 208	10-60 10-60	20-70 50-85
Lechada Asfáltica (Slurry Seal) <ul style="list-style-type: none"> • Aniónicas <ul style="list-style-type: none"> • SS-1, SS-1h • HFMS-2s • Catiónicas, <ul style="list-style-type: none"> • CSS-1, CSS-1h 	M 140 M 208	10-60 10-60	20-70 50-85
Sello de agregado fino con emulsión modificada con Polímeros (Micro surfacing) <ul style="list-style-type: none"> • Catiónicas <ul style="list-style-type: none"> • CCRS-2P • CRS-2L 	M 316	20-70	20-70
Sello Ordinario (Sand Seal) <ul style="list-style-type: none"> • Aniónicas <ul style="list-style-type: none"> • RS-1, RS-2 • MS-1, HFMS-1, HFRS-2 • Catiónicas <ul style="list-style-type: none"> • CRS-1, CRS-2 	M 140 M 208	20-60 20-60 50-85	20-60 20-70 50-85

*Diluidas con agua

**Diluidas con agua por el fabricante

(c) **Polvo mineral.** Cuando se necesite agregar polvo mineral como ingrediente separado, en adición al que contiene el agregado pétreo después de su trituración, éste debe consistir en polvo de roca,

cemento hidráulico, cal hidratada u otro material inerte, que llene, según AASHTO M 17, los siguientes requisitos de graduación, determinada según AASHTO T 37, en la siguiente tabla.

Tabla 405-3
Requisitos de graduación del polvo mineral

Estándar mm	Porcentaje total que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 37)
0.600	100 %
0.300	95-100 %
0.075	70-100 %

- (d) Polímeros.** Los polímeros utilizados para modificar las emulsiones asfálticas de conformidad con AASHTO M 316 pueden ser látex, látex de caucho o una mezcla de butadieno-estireno según se indique en las Disposiciones Especiales o en los planos. El Delegado Residente debe requerir el certificado de calidad extendido por el fabricante o distribuidor del producto con indicación de la proporción a aplicar al ser combinado con la emulsión asfáltica y los procedimientos de mezclado y aplicación para asegurar una mezcla homogénea y uniforme.
- (e) Agua.** El Contratista debe suministrar agua libre de substancias o partículas que reaccionen adversamente con la emulsión asfáltica, de acuerdo con el tipo que se utilice.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

405.04 Producción del material pétreo. Previamente a la explotación del banco de material, debe efectuarse la limpia de la vegetación, capa de materia orgánica, basura y arcilla que pueda contaminar la arena o el material pétreo. La graduación del material debe lograrse por trituración efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, o por clasificación según se establezca en los planos o Disposiciones Especiales, empleando, en todo caso, el número y tipo de zarandas necesarias para lograr la granulometría especificada.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio, sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias para obtener un material de conformidad

con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

El material producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta o acarrearse para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo en todo caso ajustarse a lo establecido en la Sección 313.

405.05 Preparación y delimitación de la superficie a tratar.

- (a) Barrido de la superficie.** Previamente al riego de la emulsión asfáltica o la aplicación de la lechada asfáltica, debe de removese de la superficie a tratar, todo el material suelto y extraño por medio de barrido, utilizando barredora mecánica, escoba giratoria y fuelle mecánico. Tanto la escoba como el fuelle deben estar diseñados especialmente para lograr una limpieza eficiente, sin dañar la superficie. El fuelle debe ser capaz de ajustarse para que sople, del centro al borde exterior de la carretera. Todo este equipo debe de estar provisto de sistemas con ruedas de llantas neumáticas. El barrido del exceso de agregados del sello ordinario debe efectuarse en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde.

Cuando se trate de lechada asfáltica o lechada asfáltica modificada con polímeros, la superficie debe ser previamente humedecida mediante un riego ligero de agua. En este caso, si la superficie es antigua y porosa, se debe aplicar un riego de liga con emulsión asfáltica diluida a razón de 1 parte de emulsión a 3 de agua y aplicada ya diluida en una cantidad de 0.50 a 0.75 Litros /m² (0.13 a 0.20 Galones /m²). Este riego de liga debe llenar

los requisitos de la Sección 408. Si existen grietas gruesas aisladas o baches en la superficie a tratar, éstas deben sellarse previamente de acuerdo con lo establecido en la Sección 406. Para estos dos tipos de sellos se requerirá la remoción de la pintura, las marcas con material termoplástico y las señales reflectivas del pavimento o, con autorización del Delegado Residente, se podrá proceder al picado con barreta o piocha de las marcas de tránsito con material termoplástico para lograr la adherencia del sello.

(b) **Delimitación de la superficie.** Después de que la superficie a tratar haya sido barrida, se debe proceder a delimitar la superficie a sellar en cada aplicación. Para ello se usa un cordel, o se debe marcar con pintura la línea que indica el borde de la misma y que debe servir de guía para la barra de distribución en caso de sello de brisa y sello ordinario o a la cajuela de riego en caso de lechada asfáltica. En los extremos anterior y posterior del tramo a sellar, se debe colocar en sentido transversal, una faja de papel de construcción en todo el ancho, sujetándolo a la superficie, para que el derrame de exceso de emulsión o lechada no perjudique la operación.

En el caso del sello ordinario, no se autoriza regar emulsión asfáltica en una extensión mayor de la que pueda ser cubierta totalmente con agregado en un plazo máximo de 10 minutos.

(c) **Protección de las estructuras adyacentes.** La superficie de todas las estructuras y construcciones adyacentes al área que se va a sellar debe protegerse adecuadamente para evitar su salpicadura o daño. En caso de que esto ocurra, el Contratista debe a su propia costa, remover el material y reparar todos los daños.

(d) **Requisitos de clima.** No se permitirá regar emulsión asfáltica o lechada asfáltica, cuando la temperatura de la capa a sellar sea menor de 10° C, cuando esté lloviendo o cuando las condiciones del clima o humedad de la superficie afecten la uniformidad y efectividad del sello.

405.06 Preparación de la emulsión asfáltica.

(a) **Tanques de almacenamiento y equipo.** El Contratista debe de contar con equipo de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento para la emulsión asfáltica a utilizar, debiendo éstos estar localizados en lugares estratégicos, de fácil acceso y protegidos contra incendio. Los tanques de almacenamiento deben cumplir con la Especificación 403.07(a) y las recomendaciones de almacenamiento indicadas por el Instituto de Asfalto en el Manual de Emulsiones Número 19. La emulsión no debe estar almacenada por más de 15 días.

(b) **Calentamiento de la emulsión asfáltica.** El equipo de calentamiento ya sea fijo o móvil, debe tener capacidad adecuada para calentar sin dañar la emulsión hasta alcanzar la temperatura de aplicación especificada en 405.03 (b), debiendo tener sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas del quemador con las paredes del tanque y la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula la emulsión.

405.07 Aplicación de la emulsión asfáltica para sello de brisa y sello ordinario.

(a) **Cantidad de emulsión asfáltica.** Debe ser aplicada con uniformidad, sobre la superficie a sellar. La cantidad de aplicación debe ser establecida entre los límites indicados a continuación o como lo estipulen las Disposiciones Especiales o los planos.

(1) **Sello de brisa (Fog seal).** La emulsión se debe diluir con agua en una proporción de 1 a 1 hasta 1 a 5 en volumen, conforme lo autorice el Delegado Residente para permitir que la misma fluya con facilidad dentro de las grietas, dependiendo del ancho de las mismas. La cantidad total de riego de la emulsión diluida debe estar comprendida entre 0.45 a 0.70 litros/m² (0.12-0.18 gal/m²), según las condiciones de textura de la superficie.

- (2) Sello ordinario (Sand seal).** La emulsión asfáltica debe ser aplicada en una cantidad de 0.70 a 1.25 litros/m² (0.18-0.34 gal/m²), seguido de un riego de arena como se indica más adelante en 405.08.

El Delegado Residente debe fijar por orden escrita, al Contratista, la cantidad de emulsión asfáltica que se debe aplicar, en cada tramo a sellar. Este puede ser efectuado cubriendo, en la primera operación, la mitad del ancho de la superficie a sellar. Inmediatamente, en segunda operación, se debe cubrir la otra mitad, pudiéndose dejar para operación posterior los sobreanchos de las curvas. En todo caso, deben efectuarse los ajustes necesarios en las válvulas y boquillas de la barra de riego, para evitar excesos de emulsión asfáltica en los traslapos.

- (b) Distribución de la emulsión asfáltica.** La distribución de la emulsión asfáltica debe ser efectuada con un tanque distribuidor de asfalto a presión, equipado con sistema de calentamiento. La unidad debe ser autopropulsada o estar compuesta por un tanque distribuidor remolcado con cabezal, en todo caso, con ruedas de llantas neumáticas y fuerza de propulsión suficiente para mantener una velocidad constante que permita el riego especificado. Debe de estar equipado con tacómetro en unidad de operación separada, adaptada al tanque distribuidor, graduado en unidades de velocidad de por lo menos 5 metros por minuto o su equivalente en sistema inglés y colocado para que el piloto del distribuidor lo pueda leer fácilmente. En el sistema de distribución se debe conectar un tacómetro al eje de la bomba, con indicador calibrado en revoluciones por minuto, de fácil lectura para el operador.

La barra de riego debe de permitir ajuste de longitud con variaciones cada 300 milímetros en más o en menos hasta una longitud de 8 metros y ajuste vertical para variar la altura de todas las boquillas, así como mecanismo de fijación o de compensación en el sistema de

suspensión para mantener constante la altura de la barra respecto a la superficie a tratar en toda la longitud de riego. La altura de la barra será fijada para permitir un traslape triple en el riego en abanico de las boquillas interiores. La alineación de las boquillas respecto al eje de la barra deberá permitir el esparcimiento completo de cada abanico sin interferir con los de las boquillas adyacentes. La barra y boquillas deben tener válvulas que proporcionen un cierre positivo e inmediato al terminar la distribución y deben permanecer limpias sin atascarse, en las operaciones intermitentes. La capacidad de la bomba del tanque distribuidor debe de ser no menor de 1000 litros (250 galones) por minuto y ser capaz de distribuir la emulsión asfáltica en una corriente uniforme y constante a través de todas las boquillas, con presión suficiente para asegurar un riego parejo de acuerdo con la cantidad ordenada por el Delegado Residente.

El sistema de calentamiento para la emulsión asfáltica debe proveer un calor uniforme para todo el material, con termómetros aislados, que no estén en contacto con los tubos de calentamiento. Cuando se use el sistema de calentamiento, la emulsión deberá estar circulando en el tanque y se debe evitar el calentamiento excesivo que cause el rompimiento prematuro de la emulsión. El distribuidor debe tener además una manguera con rociador anexa para cubrir las áreas que queden fuera del alcance de la barra o para efectuar correcciones.

Antes de proceder a cargar el tanque distribuidor con la emulsión asfáltica a usar, debe inspeccionarse para determinar si no contiene residuos de un producto bituminoso distinto al que se usa en el riego. Si éste fuese el caso, el Contratista debe proceder a lavarlo y limpiarlo perfectamente con vapor o con un solvente adecuado y a remover con agua pura cualquier residuo de solvente, antes de cargarlo.

Antes de la aplicación de la emulsión asfáltica, se deben inspeccionar las boquillas para asegurarse que todas funcionen libremente.

405.08 Aplicación de la arena en el sello ordinario.

(a) **Cantidad de arena.** La arena debe ser aplicada con uniformidad sobre la superficie, en una cantidad que esté comprendida entre 5-12 Kg/m². El Delegado Residente debe fijar por orden escrita al Contratista, la cantidad de arena en volumen calculada basándose en el peso unitario de la misma determinada conforme AASHTO T 19, que se debe aplicar en el tramo o sección a sellar.

(b) **Distribución de la arena.**

(1) **Esparcimiento de la arena.** La arena debe esparcirse sobre la superficie inmediatamente después de haberse iniciado la aplicación de la emulsión asfáltica y mientras ésta se mantenga de color marrón. La arena debe tener el grado de humedad necesario, a criterio del Delegado Residente, para evitar el rompimiento prematuro de la emulsión. Para esta operación debe usarse un distribuidor autopropulsado, con sistema de ruedas con llantas neumáticas. El distribuidor debe tener capacidad, tolvas y banda transportadora adecuadas para permitir un esparcimiento uniforme y constante de la arena. El esparcidor debe de permitir ajuste en el ancho en variaciones cada 300 milímetros hasta una longitud de 8 metros y ajuste vertical para variar la altura de caída de la arena a la superficie. El esparcidor debe tener además zaranda vibratoria y sistema de ajuste del flujo de la arena para esparcir uniformemente la cantidad especificada.

Antes de efectuar la aplicación, debe calibrarse el distribuidor de agregados por medio de ensayos de campo, con control de laboratorio.

(2) **Transporte de la arena.** El Contratista debe tener disponibles camiones de volteo equipados con dispositivo para su enganche al distribuidor de agregados. Los camiones deben tener una capacidad de 8 metros

cúbicos o la que sea acorde a la capacidad y potencia del equipo distribuidor, para su eficiente maniobra y acoplamiento, para volcar suavemente la arena sin dañar la superficie tratada al ser remolcados. Los camiones no deben pasar sobre la emulsión asfáltica sin cubrir. No se autoriza el uso de camiones que tengan fugas o gotas de aceite. Los operadores deben tener experiencia en este tipo de trabajo.

(c) **Compactación.** Inmediatamente después de la distribución de la arena sobre el riego de emulsión, debe procederse a remover los excesos si los hubiese, por medio de escoba de arrastre o manualmente, corrigiendo las áreas cubiertas deficientemente, procediéndose seguidamente a la compactación por medio de compactadora autopropulsada de ruedas neumáticas, equipada con un mínimo de 8 llantas, con un peso entre 9 y 11 toneladas y con una presión de 350-425 kPa (50-60 libras por pulgada cuadrada).

La compactación debe ser efectuada durante un período de tiempo que permita dar, como mínimo, dos pasadas a todo lo ancho. La operación debe efectuarse del borde exterior, hacia el centro de la superficie, exceptuando las curvas donde se efectuará del borde inferior al superior, en tal caso traslapando uniformemente las pasadas hasta cubrir la totalidad de la superficie.

405.09 Composición, dosificación, mezcla y aplicación del sello de lechada asfáltica y sello de lechada asfáltica con polímeros.

(a) **Composición.** El sello de lechada tiene la composición siguiente:

1) **Agregados finos y polvo mineral.** Deben llenar los requisitos de 405.03, usando las graduaciones: tipo I, II y III de la Tabla 405-1. Si es necesario, para cumplir con esas graduaciones, o para mejorar la consistencia de la lechada, se puede añadir polvo mineral que llene los requisitos de 405.03 (c).

(2) **Emulsión asfáltica.** Se debe usar una del tipo y grado de las indicadas en la Tabla 405-2 para lechada asfáltica.

(3) **Aqua.** Debe ser limpia y libre de substancias extrañas. No se deben usar aguas duras. Debe llenar los requisitos de 405.03 (e) y, si no proviene de un sistema de abastecimiento o distribución de agua potable, se debe analizar de acuerdo con AASHTO M157 4.1.4.

(4) **Polímeros.** Se deben utilizar uno de los tipos de Emulsiones modificadas con polímeros indicados en la Tabla 405-2 o modificando las emulsiones según se indica en la Especificación 405.03 (d) o utilizando

los modificadores que se indiquen en las Disposiciones Especiales.

(b) **Dosificación.** Depende de la graduación de los agregados y de la consistencia de la lechada. El diseño de la lechada asfáltica se deberá adecuar a lo establecido en la norma ASTM D 3910. El agua de mezclado puede variar según la consistencia deseada de la lechada, pero generalmente varía entre el 10% al 15% en peso, respecto al peso seco del agregado fino y el polvo mineral.

A las cantidades de emulsión asfáltica deben de corresponder con los porcentajes de residuo indicados en la Tabla 405-4. En esa misma tabla también se indican las cantidades de agregados a utilizar, según el tipo especificado de graduación.

Tabla 405-4
Contenido de residuo asfáltico y cantidad de agregado

Tipo de graduación de los agregados	Contenido del residuo asfáltico en porcentaje de peso del agregado seco		Cantidad de agregados (1) en kg./m ² basada en el peso del agregado seco (AASHTO T 19)	
	Lechadas asfálticas	Lechadas asfálticas con polímeros	Lechadas asfálticas	Lechadas asfálticas con polímeros
III	6.5-12.0	5.5-9.5	8.2-13.6	8.2-13.6
II	7.5-13.5	5.5-9.5	5.4-9.1	5.4-9.1
I	10.0-16.0	no aplicable	3.6-5.4	no aplicable

(1) Las cantidades de agregado por metro cuadrado corresponden a agregados con una gravedad específica bulk de 2.65, determinada de acuerdo con AASHTO T 84 y AASHTO T 85. Se deben hacer correcciones proporcionales cuando el agregado suministrado tenga una gravedad específica bulk mayor de 2.75 o menor de 2.55.

La cantidad de emulsión asfáltica y de agregados debe ser fijada por escrito por el Delegado Residente para cada tipo de lechada de acuerdo con las bacheadas de prueba con los materiales a utilizarse, que deben efectuarse antes de principiar en forma continua la aplicación de la misma. Estas bacheadas de prueba sirven también para fijar la cantidad de agua más adecuada para la consistencia de la lechada.

- (c) **Mezcla y aplicación.** La mezcla debe efectuarse con máquinas autopropulsadas especiales para lechada de emulsión asfáltica (Slurry Seal Machine) o máquinas especiales de producción continua para lechadas asfálticas modificadas con polímeros (Micro surfacing) abastecidos por medio de camiones alimentadores para producir un mínimo de juntas transversales, efectuándose, en ambos casos, la mezcla inmediatamente adelante de donde se aplica el sello. Las máquinas para lechada deben estar equipadas con tanques de almacenamiento, tolvas y sistemas de medición de la emulsión, el agua, los agregados y el polvo mineral para mantener uniformes las proporciones de mezclado. Asimismo, debe tener una unidad de mezcla continua con elementos agitadores simples o dobles.

La lechada asfáltica debe ser descargada, desde la mezcladora a la caja distribuidora, la cual debe estar equipada con espátula rasadora flexible. La caja distribuidora debe estar equipada con dispositivos que mantengan la lechada en movimiento y para que la misma se distribuya uniformemente en todo el ancho. Debe consistir, esencialmente en un marco rectangular de un ancho de una vía de tráfico. La altura de la espátula sobre la superficie se debe poder graduar de acuerdo con el espesor de lechada que se estipule. La espátula debe comprimir la lechada sobre las grietas y pasar sobre los puntos elevados. La parte frontal y los laterales de la caja distribuidora deben estar revestidos

en su parte inferior con una membrana de hule similar al de la espátula transversal, para mantener el contacto con la superficie y evitar el escurrimiento de lechada por debajo.

Se deberá contar con herramienta auxiliar para trabajar áreas inaccesibles a la máquina, mejorar las juntas y para la corrección inmediata de defectos menores en el acabado de superficie. Esta herramienta debe consistir en rastras y espátulas de hule, escobones y palas y su uso deberá limitarse al máximo para no afectar la textura proporcionada por el equipo de colocación.

Se debe evitar la formación de grumos en la lechada. Si se forman grumos, la lechada debe ser removida. También debe ser removida si se producen segregaciones que resulten en el asentamiento de las partículas de agregado grueso en el fondo de la mezcla. Las estrías en la superficie producidas por el arrastre de alguna partícula gruesa deben ser reparadas inmediatamente con la herramienta auxiliar indicada en el párrafo anterior.

Si la consistencia de la lechada es demasiado dura, se puede autorizar añadir agua adicional, pero sin que se produzca segregación al esparcir la lechada. Por otra parte, si el agregado está húmedo, se debe disminuir proporcionalmente la cantidad de agua para mezcla.

La consistencia de la lechada debe ser pastosa y fluir delante de la espátula de la cajuela para ir sellando grietas y depresiones de la superficie a tratar.

Si no se logra una consistencia de fluidez suficiente, sin provocar segregación, se puede añadir a la mezcla cal hidratada o cemento hidráulico en una proporción de 0.5 a 1.0% en peso del agregado seco, siempre que estos finos adicionales no provoquen que la graduación quede fuera de lo estipulado en la Especificación 405.03 (a) (6).

Conviene humedecer la superficie a sellar inmediatamente antes de la aplicación. Los espesores del sello de lechada asfáltica dependen del tipo y graduación del agregado, pero no deben ser mayores de 6 milímetros ni menores de 3 milímetros. Para sellos de lechada asfáltica modificados con polímeros el espesor debe estar comprendido entre 9 y 16 milímetros. Si se requiere un espesor mayor a los máximos indicados, éste se debe aplicar en dos o más capas, dejando un tiempo suficiente para el secado y completo curado de la capa inferior. Este tiempo no debe de ser menor de 4 horas.

El sello de lechada asfáltica y de lechada asfáltica modificada con polímeros debe ser compactado utilizando una compactadora autopropulsada de ruedas neumáticas, equipada con un mínimo de 8 llantas, con un peso entre 9 y 11 toneladas y con una presión de 350-425 kPa (50-60 libras por pulgada cuadrada).

La compactación debe iniciarse cuando al presionar con un papel la superficie, se pueda expulsar agua clara fuera de la lechada sin que se manche dicho papel y cuando el proceso de rotura de la lechada asfáltica esté lo suficientemente avanzado para soportar el paso de la compactadora sin que haya material que quede adherido a las ruedas. La compactación debe ser efectuada durante un período de tiempo que permita dar, como mínimo, dos pasadas a todo lo ancho. La operación debe efectuarse del borde exterior, hacia el centro de la superficie, exceptuando las curvas donde se efectuará del borde inferior al superior, en tal caso traslapando uniformemente las pasadas hasta cubrir la totalidad de la superficie.

405.10 Control de tránsito y mantenimiento.

(a) **Control de tránsito.** Durante todas las operaciones de aplicación del sello asfáltico, el Contratista debe de controlar el tránsito, señalizando, dirigiéndolo y controlando velocidad, para evitar accidentes y deterioro

del trabajo efectuado. Después de la aplicación de la emulsión asfáltica en sellos ordinarios, no se permitirá tránsito de ninguna clase hasta que haya sido aplicado y compactado el agregado de recubrimiento y la velocidad no debe ser mayor de 10 kph. En todo caso, si es necesario el Contratista debe proveer un carro piloto, de acuerdo con la Especificación 155.02 (a).

Cuando se use sello de lechada asfáltica, no debe permitirse ningún tránsito hasta que se haya completado la compactación.

(b) **Mantenimiento.** En el sello ordinario el Contratista debe de mantener la superficie hasta que se efectúe el barrido y limpieza final. El mantenimiento incluirá la remoción de exceso de agregado o material asfáltico, la reparación de grietas y la limpieza final de la superficie. Esta limpieza final no debe efectuarse antes de 5 días de haber aplicado el sello.

405.11 Correcciones.

(a) **Corrección de riego de emulsión asfáltica en sello de brisa y sello ordinario.** Si después de efectuado el riego, aparecen áreas que no han recibido uniformemente la emulsión asfáltica, éstas deben de ser corregidas inmediatamente para completar el riego, usando el rociador conectado al distribuidor.

(b) **Corrección de afloramientos en sello ordinario.** Los afloramientos deben corregirse efectuando una aplicación adicional de agregado fino y compactando con compactadora de llantas neumáticas, debiendo efectuar las correcciones necesarias en las cantidades de emulsión asfáltica y agregado, para que no se repita el defecto. No se reconoce ningún pago por estos trabajos de corrección.

(c) **Corrección de defectos en sello de lechada.** Las segregaciones, variaciones de espesor y otros defectos, que aparezcan después de secada y curada una aplicación, deben corregirse cortando las áreas defectuosas y volviendo a aplicar el

sello de lechada asfáltica con espátulas de hule manejadas a mano, en áreas pequeñas y con la caja distribuidora en áreas grandes. Tampoco se reconoce pago adicional por estas correcciones.

405.12 Tolerancias.

- (a) **Tolerancia en la aplicación de emulsión asfáltica.** No se aceptan para efectos de pago, variaciones mayores de 5% en más de la cantidad ordenada.
- (b) **Tolerancia en la aplicación del agregado.** No se aceptan para efectos de pago, variaciones mayores de 5% en más de la cantidad ordenada.
- (c) **Tolerancia de superficie.** La superficie acabada debe ser uniforme y estar de acuerdo con las alineaciones horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación mostrados en los planos.

405.13 Control de calidad. El control de calidad de los materiales y en general, el del proceso de construcción, debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 106.

- (a) **Emulsión asfáltica.** Para comprobar si se llenan los requisitos especificados en la Especificación 405.03 (b), el Contratista deberá proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor en donde se hagan constar las características de la emulsión asfáltica correspondientes al grado, tipo y marca especificado proveído por lote de producción o embarque según sea aplicable, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente efectuando las operaciones de muestreo de conformidad con AASHTO T 40 y los ensayos de laboratorio correspondientes a la Especificación AASHTO T 59 y ASTM D 244. Dichas verificaciones podrán efectuarse bimensualmente o por envío o lote de producción, según corresponda.
- (b) **Agregados.** De los agregados se efectuarán ensayos periódicos así:

(1) De cada banco o cantera del agregado se deben obtener dos muestras por cada día de producción y efectuarles los ensayos de graduación, peso unitario y equivalente de arena correspondientes.

(2) De cada banco o cantera del agregado se deben efectuar los ensayos de Abrasión, Desintegración al Sulfato de Sodio, plasticidad y equivalente de arena y peso unitario por cada 5,000 metros cúbicos de material producido.

(c) **Rechazo.** El Contratista debe enmendar, a su costa, el material, en caso de que los ensayos demuestren, previas comprobaciones, que dicho material no llena los requisitos de la Especificación 405.03 (a), o dicho material será rechazado.

405.14 Medida.

- (a) **Emulsión asfáltica.** La medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6°C, con aproximación de dos decimales de emulsión asfáltica para Sello Asfáltico, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. La medida de la emulsión asfáltica para sello de brisa y sello ordinario se debe determinar tomando la lectura del indicador del tanque distribuidor y su temperatura, estando éste a nivel, inmediatamente antes y después de cada aplicación. La medida de la emulsión asfáltica para sellos de lechada asfáltica y Sello de emulsión y agregado fino (Micro surfacing) se debe determinar por diferencia de lecturas del indicador de la mezcladora de conformidad con la cantidad ordenada y la temperatura real de aplicación. La cantidad realmente aplicada en cada tramo se debe comprobar por medio de ensayos de extracción para determinar el contenido de bitumen en la lechada ya seca y curada, según AASHTO T 164.

(b) Agregado. La medida se debe determinar por el volumen de metros cúbicos sueltos de agregado para sello del tipo y grado determinados, ordenados de acuerdo con su equivalencia en masa correspondiente a la dosificación determinada conforme la Especificación 405.08 (a) o la Especificación 405.09 (b) según corresponda, realmente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El volumen suelto se determinará por medio de un control diario, por medio de vales firmados por un Inspector, del número de metros cúbicos sueltos realmente aplicados al sello asfáltico o la lechada asfáltica según corresponda.

405.15 Pago.

(a) Emulsión asfáltica. El pago se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en la Especificación 405.14 (a), ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 405.12 (a) y de acuerdo con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a emulsión asfáltica para Sello Asfáltico. Cuando se especifique el uso de Lechadas Asfálticas modificadas con Polímeros o Sello de emulsión modificado con polímeros y agregado fino (Micro surfacing), el costo de los polímeros y todos los costos asociados a su adquisición, transporte, manipulación y mezcla, deberán ser incluidos dentro del costo de la emulsión asfáltica.

(b) Agregado. El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos sueltos, medidos como se indica en la Especificación 405.14 (b), ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas en la Especificación 405.12 (b) y de acuerdo con los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario

de contrato, correspondiente a Agregado para Sello Asfáltico.

Estos costos incluyen todo el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por la obtención, limpia, caminos de acceso y obras complementarias para la explotación de los bancos y/o canteras de materiales, ni por apilamiento y almacenamiento del agregado, ni por suministro, acarreo, sobreacarreo de todos los materiales incluyendo el agua, el polvo mineral, cal hidratada, cemento hidráulico, aditivos, polímeros que deban añadirse al sello asfáltico, ni por las reparaciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos, y los demás implícitos para la ejecución del trabajo, deben estar incluidos en los costos unitarios de contrato, correspondientes a esta Sección. El riego de liga se debe medir y pagar de acuerdo a la Sección 408.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Abrasión	AASHTO T 96	Emulsiones aniónicas	AASHTO M 140
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104	Emulsiones catiónicas	AASHTO M 208
Índice de plasticidad	AASHTO T 90	Emulsiones catiónicas modificadas con polímeros	AASHTO M 316
Equivalente de arena	AASHTO T 176	Agregados	AASHTO M 43 ASTM D1139
Peso unitario	AASHTO T 19	Polvo mineral	AASHTO M 17
Gravedad específica agregados	AASHTO T 84 AASHTO T 85		
Graduación agregados	AASHTO T 11 AASHTO T 27		
Análisis de agua	AASHTO M157 4.1.4		
Muestreo de asfalto	AASHTO T 40		
Contenido de bitumen por extracción	AASHTO T 164 (ASTM D 2172)		
Viscosidad de las emulsiones asfálticas	AASHTO T 59		
Residuo por destilación de las emulsiones	AASHTO T 59		
Punto de ablandamiento de emulsiones asfálticas	AASHTO T 53		
Gravedad específica de emulsiones	AASHTO T 228		
Solubilidad de material bituminoso	AASHTO T 44		
Flotación de material bituminoso	AASHTO T 50		
Preparación muestras ensayo partículas recubiertas con bitumen	Manual Instituto de Asfalto No. 19 capítulo 4		
Partículas recubiertas con bitumen	AASHTO T 195		
Identificación de emulsiones catiónicas	ASTM D244		

SECCIÓN 406
SELLADO DE GRIETAS Y BACHEO
DEL PAVIMENTO EXISTENTE

- 406.01. Definición.
- 406.02. Descripción.
- 406.03 Requisitos de los materiales para sellado de grietas.
- 406.04 Requisitos de los materiales para bacheo.
- 406.05 Sellado de grietas.
- 406.06 Bacheo.
- 406.07 Medida.
- 406.08 Pago.

406.01 Definición.

Sellado de grietas y bacheo del pavimento existente. Es la reparación de superficies asfálticas de carreteras existentes con la finalidad de mejorar las condiciones de servicio o adecuarlas para los subsiguientes trabajos de rehabilitación. Esta reparación consiste en el sellado de grietas y bacheo.

406.02 Descripción.

(a) **Sellado de grietas.** Para el sellado de grietas este trabajo consiste en la delimitación y limpieza de las grietas a sellar; el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento, cuando sea requerido de acuerdo con el tipo de material, y el riego a presión del material bituminoso y del material secante utilizado. El suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento en caldera y aplicación del material sellador con su correspondiente cordón de respaldo de material espumado de polietileno o del tipo que se indique en las Disposiciones Especiales, el suministro, transporte y distribución del material secante, todo de conformidad con las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.

(b) **Bacheo.** Para el bacheo este trabajo consiste en la excavación de la superficie de la carpeta asfáltica y de las capas inferiores, si fuere necesario, en el área delimitada para el bacheo; el relleno de las capas removidas con el material especificado; la aplicación de un riego de liga o de imprimación en el fondo y en las paredes de la excavación efectuada; el suministro, transporte tendido, conformación y compactación de la mezcla asfáltica utilizada para el relleno del bache; el barrido y limpieza de la superficie reparada; y el control del tránsito, la protección y señalización del área en reparación, todo de conformidad con las Disposiciones Especiales y estas Especificaciones Generales.

MATERIALES

406.03 Requisitos de los materiales para sellado de grietas.

(a) **Material bituminoso para sellado de grietas.** El tipo, grado, Especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar, será uno de los establecidos en la tabla siguiente, según lo indiquen las Disposiciones Especiales.

Tabla 406-1
Requisitos para el material bituminoso

Tipo y grado de material bituminoso	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en °C
<ul style="list-style-type: none"> Asfaltos líquidos <ul style="list-style-type: none"> MC-30 MC-70 MC-250 	AASHTO M 82	40-60 > 60 45-60
<ul style="list-style-type: none"> Cementos asfálticos <ul style="list-style-type: none"> Graduación por viscosidad AC-2.5 	AASHTO M 226	> 130
<ul style="list-style-type: none"> Selladores elásticos modificados con caucho para aplicación en caliente 	ASTM D5078	Temperatura recomendada por el fabricante
<ul style="list-style-type: none"> Emulsiones Asfálticas <ul style="list-style-type: none"> Aniónicas SS-1, SS-1h Catiónicas CSS-1, CSS-1h 	AASHTO M 140 AASHTO M 208	20-70 20-70

- (b) **Cordón de respaldo:** Está compuesto por material espumado de polietileno resistente a las temperaturas de aplicación del material bituminoso de conformidad con la Especificación ASTM D5249 sin presentar deformaciones excesivas, su función es de limitar la profundidad de las grietas a sellar para reducir la cantidad de material bituminoso a ser aplicado. El diámetro del cordón preferentemente debe ser un 25% mayor que la abertura de la grieta para favorecer la impermeabilidad de la reparación.
- (c) **Sellador para grietas finas:** Se podrán usar emulsiones asfálticas, cementos asfálticos de baja viscosidad o asfaltos líquidos del tipo que sea indicado en las Disposiciones Especiales.
- (d) **Sellador para grietas medianas.** Debe ser del tipo elástico vertido en caliente y debe cumplir con los requisitos de ASTM D5078. Se debe aplicar sobre un respaldo de esponja de polietileno conforme ASTM D5249, del tamaño especificado en los planos o en las Disposiciones Especiales. El respaldo debe ser capaz de soportar la temperatura de aplicación del sellador sin derretirse.
- (e) **Material secante.** El material secante será del tipo especificado en 407.03 (b).
- (f) **Concreto asfáltico para sellado de grietas gruesas.** El concreto asfáltico en caliente utilizado será especificado en las Disposiciones Especiales. Deberá de cumplir con los requerimientos de la Sección 401.

406.04 Requisitos de los materiales para bacheo.

- (a) **Material de reemplazo para Subbase o Base.** Según el tipo que se especifique en las Disposiciones Especiales, éste deberá cumplir con los requisitos de las Secciones correspondientes de la División 300.
- (b) **Mezcla asfáltica para bacheo.** Según el tipo que se especifique en las Disposiciones Especiales, ésta deberá cumplir con los requisitos de la Sección 401 para Concreto Asfáltico en Caliente

y con los de la Sección 403 para Mezclas Asfáltica en Frío.

- (c) **Riego de imprimación.** Debe estar de acuerdo con lo establecido en la Sección 407.
- (d) **Riego asfáltico de liga.** Debe estar de acuerdo con lo establecido en la Sección 408.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

406.05 Sellado de grietas. El sellado de grietas se hace fundamentalmente para evitar la penetración del agua a las capas subyacentes del pavimento. Este método no aplica para áreas donde las grietas se encuentran formando bloques interconectados como las de tipo piel de cocodrilo.

Las grietas se clasifican por su ancho, de la siguiente manera:

- Grietas finas con un ancho menor de 6 mm.
- Grietas medianas con un ancho entre 6 mm y 19 mm.
- Grietas gruesas con un ancho mayor de 19 mm.

(a) **Equipo.**

(1) **Compresor de aire.** El Contratista debe suministrar un compresor capaz de proveer aire comprimido a una presión de 830 kilo Pascales (120 psi) y con un volumen de 2.8 metros cúbicos por minuto. Cuando así se especifique en las Disposiciones Especiales, al compresor se le debe adaptar un dispositivo capaz de calentar el aire a una temperatura de 1100° C (2000° F).

(2) **Contorneadora.** El Contratista debe suministrar una contorneadora rotativa mecánica de impacto, una contorneadora de eje vertical capaz de limpiar las grietas en el ancho y la profundidad requeridas.

(3) **Caldera de calentamiento.** El Contratista debe suministrar una caldera de doble pared con el espacio entre las paredes exteriores

e interiores lleno con aceite u otro medio de transferencia de calor, capaz de ser agitado constantemente. Se debe proveer un termómetro exacto y calibrado que tenga un rango de temperaturas entre 100° a 300° C, en incrementos de 2° C. El termómetro debe ser colocado en una ubicación tal que la temperatura del sellador pueda ser verificada de manera segura. El Contratista también debe suministrar una pistola para la aplicación del sellador adherido a una manguera precalentada que a la vez esté adherida a la caldera de calentamiento. Los controles de temperatura deben mantener la temperatura del sellador dentro de las tolerancias recomendadas por el fabricante.

- (4) **Espátula rasadora de hule.** El Contratista debe suministrar una espátula manual para asegurar que la grieta sea llenada hasta la superficie.
- (b) **Limpieza.** Todas las grietas deben ser limpiadas hasta dejarlas libres de todo material suelto, polvo u otras substancias deletéreas por medio de un barrido, aplicación de aire comprimido u otros métodos aprobados. El material extraño que no pueda ser removido utilizando estos métodos debe ser removido utilizando un cepillo de alambre de acero o una contorneadora.

Cuando se utilice aire comprimido caliente, éste se debe mantener en movimiento para no quemar el pavimento circundante. Este método ayuda a secar las grietas y, si la operación de sellado se hace inmediatamente después de la aplicación del aire caliente, ayuda a que el sellador se adhiera a la superficie de la grieta.

Se debe usar una contorneadora en las grietas con un ancho mayor de 6 milímetros antes de su sellado para proveer un espacio para la colocación del respaldo de esponja y del sellador, con una profundidad de por lo menos 20 milímetros y para reducir la pérdida potencial del agregado y del asfalto existentes a los lados de la grieta.

- (c) **Grietas finas.** Después de efectuada la limpieza en las áreas que el Delegado Residente indique, las grietas finas deben sellarse aplicando material asfáltico a presión con una pistola conectada a un tanque distribuidor. El material asfáltico puede ser cemento asfáltico, emulsión asfáltica o asfaltos líquidos según Especificación 406.03 (c). Las emulsiones asfálticas tienen flexibilidad limitada para mantener el sellado de la grieta y su efectividad se puede perder cuando, por el movimiento del tránsito o fuerzas ambientales, la grieta tenga expansión o contracción excesivas, o movimiento vertical. Por tal razón este tipo de reparación puede ser considerado como un sellado temporal.
- (d) **Grietas medianas.** Después de efectuar la limpieza se debe asegurar que la grieta esté seca. Se debe instalar un respaldo de esponja antes de colocar el material sellador. Este respaldo debe ser aproximadamente 25% más ancho que el ancho de la grieta para evitar que se resbale hacia abajo o que sea expulsado después de verter el sellador. Éste se deberá introducir dentro de la grieta antes de la aplicación del sellador, según las recomendaciones del fabricante del mismo. Las grietas deben ser selladas con un producto sellador del tipo indicado en 406.03 (d), utilizando la pistola de aplicación conectada a la caldera de calentamiento.

El sellador debe ser colocado cuando la temperatura de la superficie del pavimento sea mayor de 4° C. No se debe calentar el sellador a una temperatura mayor que la máxima recomendada por el fabricante. Se debe calentar únicamente la cantidad de sellador que se pueda utilizar en una jornada de trabajo, ya que no se permitirá el recalentamiento del mismo.

El sellador debe ser colocado desde el fondo hacia la parte superior de la grieta para evitar que se formen burbujas de aire que dejen un espacio débil en el sellador. Se debe utilizar una espátula de hule u otro equipo adecuado para forzar el sellador dentro de las grietas y para que la reparación quede nivelada con la superficie del pavimento.

- (e) **Grietas gruesas.** Despues de efectuar la limpieza, las grietas deben ser rellenadas con mezcla asfáltica en caliente utilizando agregado fino. Si existen áreas demasiado agrietadas, éstas deben repararse como un bache de acuerdo con lo indicado en 406.03 (f). Se debe utilizar una espátula de hule u otro equipo adecuado para forzar la mezcla dentro de las grietas y para que la reparación quede nivelada con la superficie del pavimento.

406.06 Bacheo. Las áreas de la superficie asfáltica que muestren deformaciones o agrietamientos excesivos, o un grado de deterioro indicativo de deficiencias estructurales localizadas, deben ser reparadas conforme el siguiente procedimiento. Las áreas a ser corregidas deberán ser delimitadas en el campo por el Delegado Residente.

(a) **Equipo.**

(1) **Equipo para corte.** El Contratista debe suministrar, cortadora de pavimentos, un cargador frontal con una cuchilla especial o un martillo neumático, todos con capacidad para efectuar los cortes en forma vertical.

(2) **Equipo de compactación para mezcla asfáltica.** El Contratista debe suministrar, según el tamaño del área a reparar una plancha vibratoria, un vibroapisonador o una compactadora de rodo manual con un peso de por lo menos 130 kilogramos o una compactadora de rodillo metálico.

(b) **Bacheo.** Las áreas deben ser excavadas en forma rectangular con paredes verticales y con los lados paralelos y perpendiculares al eje de la carretera, debiéndose remover el material asfáltico y, de ser necesario, las capas inferiores de la estructura del pavimento hasta una profundidad que garantice el adecuado comportamiento posterior de la misma. Si durante la reparación, se encuentra que las capas inferiores están saturadas o con un alto grado de humedad éstas deberán removerse y reemplazarse con materiales adecuados para servir de base para las capas asfálticas de la

superficie. En adición a la corrección del bache, el Delegado Residente debe investigar si la causa de la saturación es debida a infiltración o por la presencia de agua subterránea y ordenar, en este caso, las medidas correctivas correspondientes.

Previo a la colocación de la mezcla asfáltica se debe aplicar un riego de liga en las paredes verticales de la excavación, de conformidad con lo indicado en la Sección 408. Se deben reemplazar todas las capas de la estructura utilizando el mismo tipo de materiales existentes o de mejor calidad. Si la capa de la nueva base es granular se deberá aplicar un riego de imprimación en el fondo de la excavación, de conformidad con lo indicado en la Sección 407.

Los baches deben ser llenados con concreto asfáltico en caliente o con mezcla asfáltica en frío, según se indique en las Disposiciones Especiales. La mezcla debe ser colocada en capas con un espesor máximo de 100 milímetros cada una. Cada capa debe ser compactada con el equipo adecuado, según el tamaño del área a bachejar, de manera que la mezcla asfáltica alcance la compactación especificada en las Secciones 401 o 403, según el tipo de mezcla utilizado.

Al completar las operaciones antes mencionadas, se debe limpiar la superficie utilizando métodos aprobados hasta que ésta quede libre de material suelto, polvo u otras substancias deletéreas. La limpieza se debe efectuar a todo lo ancho de las pistas de rodadura, retirando de los hombros y cunetas cualquier material sobrante de los trabajos realizados.

406.07 Medida.

(a) **Sellado de grietas finas.** El sellado de grietas será medido por el número de metros lineales medidos sobre la superficie de la carretera, con aproximación de dos decimales, de la longitud de las grietas finas limpiadas y selladas con material bituminoso.

(b) **Sellado de grietas medianas.** El sellado de grietas será medido por el número de metros lineales

medidos sobre la superficie de la carretera, con aproximación de dos decimales, de la longitud de las grietas medianas limpiadas y selladas con material sellador y respaldo de esponja.

- (c) **Concreto asfáltico en caliente para relleno de grietas gruesas.** El concreto Asfáltico en Caliente para relleno de Grietas Gruesas será medido por el número de metros lineales, con aproximación de dos decimales, de la longitud de las grietas gruesas limpiadas y selladas de acuerdo con estas Especificaciones Generales.
- (d) **Excavación para bacheo.** La excavación para bacheo será medida por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, de la excavación ordenada por el Delegado Residente. El volumen debe ser determinado por procedimientos analíticos.
- (e) **Material granular para relleno de baches.** El material de Subbase o base utilizado en la reposición del material excavado en estas capas será medido por el número de metros cúbicos compactados con aproximación de dos decimales, efectiva y satisfactoriamente colocados, conforme la clase, tipo y dimensiones de acuerdo con estas Especificaciones Generales, ordenados por el Delegado Residente. El volumen debe ser determinado por procedimientos analíticos.
- (f) **Mezcla asfáltica para relleno de baches.** La mezcla asfáltica para relleno de baches será medida por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, medidos en su posición final ya compactados satisfactoriamente construidos y aceptados, conforme el tipo de mezcla utilizado y las dimensiones ordenadas por el Delegado Residente y de acuerdo con estas Especificaciones Generales. El volumen debe ser determinado por procedimientos analíticos.

406.08 Pago. El pago se debe hacer al costo unitario de contrato conforme se indica a continuación:

- (a) **Sellado de grietas finas.** El sellado de Grietas Finas debe ser pagado por el número de metros lineales satisfactoriamente sellados medidos

como se indica en la Especificación 406.07 (a) al costo unitario de contrato correspondiente a Sellado de Grietas Finas y cubrirá todas las operaciones necesarias de movilización y uso del equipo para limpieza, sellado, calentamiento y aplicación del material bituminoso, y el material bituminoso utilizado, en la dosificación indicada en las Disposiciones Especiales.

- (b) **Sellado de grietas medianas.** El sellado de Grietas Medianas debe ser pagado por el número de metros lineales satisfactoriamente sellados medidos como se indica en la Especificación 406.07 (b) al costo unitario de contrato correspondiente a Sellado de Grietas Medianas y cubrirá todas las operaciones necesarias de movilización y uso del equipo para limpieza, calentamiento y aplicación del material sellador, y el material sellador y de respaldo de esponja utilizado.
- (c) **Concreto asfáltico en caliente para relleno de grietas gruesas.** El Concreto Asfáltico en Caliente para relleno de Grietas Gruesas debe ser pagado por el número de metros lineales medidos como se indica en la Especificación 406.07 (c) satisfactoriamente sellados, al costo unitario de contrato correspondiente a Concreto Asfáltico en Caliente para Relleno de Grietas Gruesas e incluirá el material bituminoso en la dosificación aprobada para la preparación del Concreto Asfáltico, y todas las operaciones necesarias para la producción, transporte y aplicación de estos materiales.
- (d) **Excavación para bacheo.** La excavación para bacheo debe ser pagada por el número de metros cúbicos de excavación medidos conforme se indica en la Especificación 406.07 (d) al costo unitario de contrato, correspondiente a Excavación para Bacheo y cubrirá todas las operaciones necesarias de movilización y uso del equipo de excavación y la carga del material proveniente de estas operaciones, su transporte o acarreo y disposición en las áreas designadas por el Delegado Residente. No se permitirá que el material de desperdicio se deposite a los lados de la carretera.

- (e) **Material granular para relleno de baches.** El Material Granular para Relleno de Subbase o Base debe ser pagado por el número de metros cúbicos efectivos y satisfactoriamente colocados y compactados, medidos en su posición final conforme se indica en la Especificación 406.07 (e) al costo unitario correspondiente a Material Granular para Relleno de Baches y cubrirá todas las operaciones necesarias para la obtención, clasificación, transporte, colocación y compactación del mismo.
- (f) **Mezcla asfáltica para relleno de baches.** La Mezcla Asfáltica para Relleno de Baches del tipo indicado en las Disposiciones Especiales debe ser pagada por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 406.07 (f) satisfactoriamente colocados y compactados en

su posición final al costo unitario de contrato correspondiente a Mezcla Asfáltica para Relleno de Baches e incluirá el material bituminoso en la dosificación aprobada para la preparación de la mezcla asfáltica, así como el riego asfáltico de liga y de imprimación y todas las operaciones necesarias para la producción, transporte, colocación y compactación de estos materiales.

Estos costos incluyen todo el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02, y cubrirá todas las operaciones necesarias para la realización de estos trabajos y la carga del material de desecho proveniente de estas operaciones, su transporte o acarreo y disposición en las áreas designadas por el Delegado Residente.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Viscosidad del cemento asfáltico	AASHTO T 201	Material de respaldo para sellado de juntas	ASTM D 5249
Punto de inflamación del cemento asfáltico	AASHTO T 48	Asfaltos líquidos	AASHTO M 82
Viscosidad de las emulsiones asfálticas	AASHTO T 59	Cemento asfáltico	AASHTO M 226
Residuo por destilación de las emulsiones	AASHTO T 59	Emulsiones asfálticas Aniónicas Catiólicas	AASHTO M 140 AASHTO M 208
Punto de ablandamiento de emulsiones asfálticas	AASHTO T 53	Selladores elásticos modificados con caucho	ASTM D5078

SECCIÓN 407
RIEGO DE IMPRIMACIÓN

- 407.01 Definición.
- 407.02 Descripción.
- 407.03 Requisitos de los materiales.
- 407.04 Preparación y delimitación de la superficie a imprimir.
- 407.05 Preparación del asfalto líquido.
- 407.06 Aplicación del asfalto líquido.
- 407.07 Control del tránsito y mantenimiento.
- 407.08 Control de calidad.
- 407.09 Medida.
- 407.10 Pago.

407.01 Definición.

Riego de imprimación. Es la aplicación de un asfalto líquido, por medio de riego a presión, sobre la superficie de la Subbase previo a la colocación de una base asfáltica o sobre la base y hombros de una carretera para protegerla, impermeabilizarla, unir entre sí las partículas minerales existentes en la superficie y endurecer la misma, favoreciendo la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior.

407.02 Descripción. Este trabajo consiste en la delimitación y preparación de la superficie a imprimir, barriéndola y humedeciéndola previamente; el suministro, transporte, almacenamiento, calentamiento cuando sea requerido de acuerdo con el tipo de asfalto líquido utilizado, y su riego por medio de tanque distribuidor a presión; el control de tránsito, protección y señalización del área imprimada; el suministro, transporte, esparcimiento y distribución del material secante; el mantenimiento de la superficie imprimada y el barrido del exceso de material secante, previo al riego o a la colocación de la capa inmediata superior que corresponda. Todo de conformidad con lo indicado en los planos, alineamientos horizontal y vertical, y secciones típicas, dentro de las tolerancias establecidas y de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES

407.03 Requisitos de los materiales.

(a) Asfaltos líquidos. El tipo, grado, Especificación y temperatura de aplicación para el asfalto líquido, debe ser uno de los establecidos en la tabla siguiente, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales.

Tabla 407-1
Requisitos para el asfalto líquido

Tipo y grado del asfalto líquido	Especificación	Temperatura de aplicación °c
• MC-30	AASHTO M 82	> 30
• MC-70		> 50
• MC-250		> 75

Nota: En la tabla anterior se indican las temperaturas mínimas para proporcionar la viscosidad adecuada para el riego de los asfaltos líquidos. Debido a que las temperaturas de aplicación pueden estar arriba del punto de llama para los asfaltos líquidos, deben tomarse precauciones de seguridad adecuadas todo el tiempo cuando se trabaje con los mismos. Estas precauciones de seguridad incluyen, pero no están limitadas a lo siguiente:

1. No se debe permitir la existencia de llamas o chispas cerca de estos materiales. El control de temperatura debe efectuarse en mezcladoras, distribuidoras u otro equipo diseñado y aprobado para este propósito.
2. Nunca deben usarse llamas para examinar los tambores, tanques de asfalto u otros contenedores en los que se hayan almacenado estos materiales.
3. Todos los vehículos que transporten estos materiales deben ser ventilados adecuadamente.
4. Únicamente el personal con experiencia podrá supervisar y manipular estos materiales.

(b) Emulsiones asfálticas. Cuando se indique en las Disposiciones Especiales se podrán usar emulsiones asfálticas de uso específico para imprimación tipo AEP, EAP, PEP o IEP; usando como referencia las indicaciones de la Asociación de Productores de Emulsiones Asfálticas AEMA de los Estados Unidos y cumpliendo con los requerimientos de almacenamiento, dosificación del punto de riego y procedimiento de aplicación que correspondan.

(c) Material secante. El material secante debe estar constituido por arena natural o de trituración, con las siguientes características. La humedad del material secante no podrá exceder del 4%.

- (1) Granulometría.** Deberá de cumplir con la siguiente granulometría.

Tabla 407-2
Requisitos de graduación del mineral secante
tamaño 9 AASHTO M 43

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje total que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27)
9.50	¾	100 %
4.25	4	85 – 100 %
0.300	50	0 – 5 %

- (2) Plasticidad.** La porción que pasa el Tamiz N° 4 (4.75 mm) no debe tener un índice de plasticidad AASHTO T 90 mayor de 6 y el límite líquido AASHTO T 89 no debe ser mayor de 25, ambos determinados sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146.

- (3) Impurezas.** El material secante no debe contener materias vegetales, basura, terrones de arcilla u otras sustancias que puedan incrustarse dentro de la superficie imprimada causando deterioro en la misma.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

407.04 Preparación y delimitación de la superficie a imprimir.

- (a) Barrido de la superficie.** Previamente a la aplicación de la imprimación, debe de removese de la superficie a tratar, todo el material suelto y extraño por medio de barrido, utilizando barredora mecánica, escoba giratoria y fuelle mecánico. Tanto la escoba como el fuelle deben ser adecuados para lograr una limpieza eficiente, sin dañar la superficie. El fuelle debe ser capaz de ajustarse para que sople, del centro al borde exterior de la carretera. Todo este equipo debe de estar provisto de sistemas con ruedas de llantas neumáticas.

La superficie a imprimir puede ser ligeramente humedecida, para mejorar su uniformidad.

- (b) Revisión de la superficie.** Después de que la superficie ha sido barrida, se procede a inspeccionarla visualmente a fin de observar si no presenta grietas, descascarados o excesos de material fino o humedad, que puedan perjudicar la penetración uniforme del asfalto líquido.

- (c) Delimitación de la superficie.** Para delimitar la superficie a imprimir, se usa un cordel o se marca con pintura, la línea que indique el borde de la misma, y que sirve de guía para el operador de la distribuidora de asfalto para alinear la barra de distribución de esta unidad.

En los extremos del tramo a imprimir, se debe colocar una faja de papel de construcción en todo el ancho, sujetándolo a la superficie, para que el derrame de exceso de asfalto líquido no perjudique la superficie.

- (d) Protección de las estructuras adyacentes.** Las superficies de todas las estructuras y construcciones adyacentes al área que se va a imprimir, deben protegerse adecuadamente para evitar su salpicadura o daño. En caso de que esto ocurra, el Contratista debe a su propia costa, limpiar y remover el asfalto líquido salpicado y reparar todos los daños.

- (e) Requisitos de clima.** Se permitirá regar asfalto líquido para imprimación cuando la temperatura ambiente a la sombra sea mayor de 10° C y se encuentre en ascenso. No se permitirán riegos de imprimación cuando esté lloviendo, la superficie se encuentre con una humedad mayor del 60% de la óptima o exista amenaza de lluvia. La humedad se puede determinar secando el material o por el método usando carburo AASHTO T 217.

407.05 Preparación del asfalto líquido.

- (a) Tanques de almacenamiento y equipo.** El Contratista debe de contar con equipo de

transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento para el asfalto líquido a utilizar, debiendo éstos estar localizados en lugares estratégicos de fácil acceso y protegidos contra incendio.

- (b) **Calentamiento del asfalto líquido.** El equipo de calentamiento ya sea fijo o móvil, debe de tener capacidad adecuada para calentar el material a utilizar, sin dañarlo, debiendo tener sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas del quemador con las paredes del tanque y la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula el asfalto líquido.

407.06 Aplicación del asfalto líquido.

- (a) **Cantidad de asfalto líquido.** El asfalto líquido debe ser aplicado con uniformidad, sobre la superficie a tratar. La cantidad de aplicación debe ser seleccionada según las condiciones de textura de la superficie y los tipos de materiales. La cantidad debe de estar comprendida entre 0.45 y 2.25 Lts./metro² (0.12 y 0.60 Gal./metro²), la cual se determinará mediante pruebas para que sea absorbida completamente en un período de 24 horas.

El Delegado Residente debe indicar con orden escrita, la cantidad de asfalto líquido que será aplicada en la superficie de la sección a tratar para cumplir con lo establecido en estas especificaciones.

En las juntas transversales, antes de iniciar un nuevo riego, se colocarán tiras de papel u otro material similar para proteger el riego existente, de tal manera que el nuevo riego se inicie desde dicha tira y al retirarse ésta, no quede un traslape de material asfáltico.

Si las condiciones del tránsito así lo hacen necesario, la aplicación de asfalto líquido puede ser efectuada cubriendo en una operación, la mitad del ancho de la superficie a tratar, dejando para operación posterior la otra mitad y los sobreanchos de las curvas, pero deben efectuarse

los ajustes en el traslape para evitar excesos de asfalto líquido.

- (b) **Distribución del asfalto líquido.** La distribución del asfalto líquido debe ser efectuada con una distribuidora de asfalto, equipado con sistema de calentamiento. La unidad debe ser autopropulsada y con fuerza de propulsión suficiente para mantener una velocidad constante que permita el riego especificado. Debe de estar equipado con tacómetro graduado en unidades de velocidad de por lo menos 5 metros por minuto o su equivalente en sistema inglés y colocado para que el piloto del distribuidor lo pueda leer fácilmente. En el sistema de distribución se debe conectar un tacómetro al eje de la bomba con indicador calibrado en revoluciones por minuto, de fácil lectura para el operador.

La barra de riego debe de permitir ajuste de longitud con variaciones cada 300 milímetros en más o en menos hasta una longitud de 8 metros y ajuste vertical para variar la altura de todas las boquillas, así como mecanismo de fijación o de compensación en el sistema de suspensión para mantener constante la altura de la barra respecto a la superficie a tratar en toda la longitud de riego. La altura de la barra será fijada para permitir un traslape triple en el riego en abanico de las boquillas interiores. La alineación de las boquillas respecto al eje de la barra deberá permitir el esparcimiento completo de cada abanico sin interferir con los de las boquillas adyacentes. La barra y boquillas deben tener válvulas que proporcionen un cierre positivo e inmediato al terminar la distribución y deben permanecer limpias sin atascarse, en las operaciones intermitentes. La capacidad de la bomba del tanque distribuidor debe de ser no menor de 1000 litros (250 galones) por minuto y ser capaz de distribuir el asfalto líquido en una corriente uniforme y constante a través de todas las boquillas, con presión suficiente para asegurar un riego parejo de acuerdo con la cantidad ordenada por el Delegado Residente.

El sistema de calentamiento para el asfalto líquido debe proveer un calor uniforme para todo el material, con termómetros aislados, que no estén en contacto con los tubos de calentamiento. Cuando se use el sistema de calentamiento, el asfalto líquido deberá estar circulando en el tanque y se debe evitar el calentamiento excesivo para evitar su degradación. El distribuidor debe tener además una manguera con rociador anexo para cubrir las áreas que queden fuera del alcance de la barra o para efectuar correcciones.

Antes de la aplicación del asfalto líquido, se deben inspeccionar las boquillas para asegurarse que todas funcionen libremente y se debe proceder a la calibración del distribuidor.

(c) Correcciones.

(1) Corrección de riego. Si después de efectuado el riego de imprimación y antes de colocar el material secante, aparecen áreas que no han recibido adecuadamente dicho riego o que han sido dañadas por el paso de vehículos, éstas deben ser inmediatamente cubiertas con asfalto líquido usando una manguera con rociador anexo al tanque distribuidor.

(2) Corrección de grietas o baches. Debe ser efectuada, removiendo el material suelto y llenando con asfalto líquido o según su amplitud, con mezcla de arena y asfalto líquido, mezcla asfáltica o concreto asfáltico, previamente aprobadas por el Delegado Residente. Cuando para estas reparaciones se utilicen materiales que estén siendo colocados con cargo a las secciones de mezclas o carpetas asfálticas, para propósitos de medida y pago de los trabajos efectuados conforme éstas secciones, se deberán efectuar las deducciones correspondientes.

(d) Tolerancias en la aplicación. El asfalto líquido debe ser distribuido uniformemente en la superficie. Para efectos de pago sólo se aceptarán variaciones no mayores del 5% de la cantidad ordenada para cada tramo.

407.07 Control de tránsito y mantenimiento.

(a) Control de tránsito. El riego de imprimación debe dejarse sin cubrir con material secante durante las 24 horas posteriores al riego o a los riegos de corrección efectuados en el tramo, para permitir la penetración uniforme del riego en la superficie y su curado, no permitiéndose el paso del tránsito de vehículos durante este período.

(b) Esparcimiento de material secante. Previamente a la apertura al tránsito, la superficie de imprimación debe cubrirse con material secante en una cantidad que puede variar entre 0.003 a 0.006 metros³ por metro², para absorber los excesos de asfalto y evitar que la imprimación sea levantada por las llantas de los vehículos que circulan en la carretera.

El esparcimiento del material secante debe efectuarse de preferencia con distribuidor de agregados u otro equipo adecuado, con sistema de ruedas de llantas neumáticas. Para mejorar el efecto del material secante, puede compactarse con compactadora de llantas neumáticas, efectuando las pasadas de la orilla al centro de la superficie imprimada.

Durante todas las operaciones de imprimación y durante el tiempo comprendido hasta barrer la superficie cubierta con material secante, el Contratista debe de controlar el tránsito, señalizando, dirigiendo y controlando la velocidad para evitar accidentes y el deterioro del trabajo efectuado por el paso de vehículos en la superficie, como se indica en la Especificación 155.02 (a).

(c) Mantenimiento. El Contratista debe de mantener la superficie de imprimación, hasta que se coloque sobre ésta la capa inmediata superior. El mantenimiento debe incluir: El esparcimiento adicional de asfalto líquido, material secante y el barrido del mismo, así como la limpieza y las correcciones de todas las grietas y baches que aparezcan en la superficie imprimada.

407.08 Control de calidad.

- (a) **Asfalto líquido.** El Contratista debe proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor en donde se hagan constar el cumplimiento de las características del asfalto líquido correspondientes al grado, tipo y características especificadas, así como la marca del producto proveído y lote de producción o embarque, según sea aplicable, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente efectuando las operaciones de muestreo de conformidad con AASHTO T 40. Dichas verificaciones podrán efectuarse bimensualmente.
- (b) **Material secante.** Del apilamiento del material secante se deben efectuar ensayos cada 200 metros cúbicos de material producido y apilado, para asegurar el cumplimiento de la Especificación 407.03 (b).

407.09 Medida. La medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América a la temperatura de 15.6°C, ordenados, con aproximación de dos decimales, del asfalto líquido para imprimación satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La medida del asfalto líquido se debe determinar tomando la lectura del indicador del tanque distribuidor y su temperatura, estando éste a nivel, inmediatamente antes y después de cada riego. No se debe efectuar ninguna medida del material secante requerido.

407.10 Pago. El pago se debe hacer por el número de galones, (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en la Especificación 407.09, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme lo indicado en los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Riego de Imprimación. Dicho precio incluye el trabajo estipulado en esta

Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. No se reconoce ningún pago adicional por la obtención, suministro y acarreo de todos los materiales incluyendo el agua, material seco y mezcla asfáltica, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución del trabajo, deben estar incluidos en el costo unitario de contrato, correspondiente a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Graduación	AASHTO T 27 AASHTO T 11	Asfalto MC	AASHTO M 82
Preparación muestra en húmedo	AASHTO T 146	Material secante	AASHTO M 43
Índice de plasticidad	AASHTO T 90		
Límite líquido	AASHTO T 89		
Humedad de campo usando carburo	AASHTO T 217		
Muestreo de material bituminoso	AASHTO T 40		
Viscosidad cinemática de asfalto líquido	AASHTO T 201		
Punto de inflamación del asfalto líquido	AASHTO T 48 AASHTO T 79		
Solubilidad de materiales bituminosos	AASHTO T 44		

SECCIÓN 408

RIEGO DE LIGA

- 408.01 Definición.
- 408.02 Descripción.
- 408.03 Requisitos de la emulsión asfáltica.
- 408.04 Preparación y delimitación de la superficie a tratar.
- 408.05 Preparación de la emulsión asfáltica.
- 408.06 Aplicación de la emulsión asfáltica.
- 408.07 Control de tránsito.
- 408.08 Control de calidad.
- 408.09 Medida.
- 408.10 Pago.

408.01 Definición.

Riego de liga. Es la aplicación de una emulsión asfáltica diluida por medio de riego a presión sobre una superficie bituminosa existente, la cual debe ser cubierta con la capa de material asfáltico inmediato superior. Este riego tiene por objeto mejorar las condiciones de adherencia entre las dos superficies y prevenir deslizamientos.

408.02 Descripción. Este trabajo consiste en la delimitación, limpieza y preparación de la superficie existente a ligar, que puede ser una superficie imprimada con anterioridad, una superficie asfáltica que ha sido abierta al tráfico o una superficie de concreto de cemento hidráulico;

barriéndola y lavándola previamente de ser necesario. Este trabajo incluye el suministro, transporte y almacenamiento de la emulsión asfáltica, adición de agua, calentamiento y esparcimiento, por medio de una distribuidora de asfalto; así como el control del tránsito y la protección y señalización del área a tratar.

MATERIALES

408.03 Requisitos de la emulsión asfáltica. El tipo, grado y especificaciones de la emulsión asfáltica a diluir y la temperatura de aplicación para la emulsión asfáltica diluida, debe ajustarse a lo establecido en la tabla siguiente, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales.

Tabla 408-1
Requisitos para la emulsión asfáltica

Tipo y grado de emulsión asfáltica ⁽¹⁾	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en °C
Emulsiones Asfálticas		
<ul style="list-style-type: none"> • Aniónicas <ul style="list-style-type: none"> • SS-1, SS-1h • Catiónicas <ul style="list-style-type: none"> • CSS-1, CSS-1h 	AASHTO M 140 AASHTO M 208	20-70 20-70

(1) Se deben diluir al 50% con agua. Para efectos de medida y pago se debe considerar únicamente la emulsión sin diluir.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

408.04 Preparación y delimitación de la superficie a tratar.

(a) **Barrido y limpiado de la superficie.** Previamente a la aplicación del riego de liga, debe removese de la superficie a tratar, todo material suelto y extraño por medio de barrido, utilizando barredora mecánica, escoba giratoria y fuelle mecánico, en el caso que existan baches éstos deberán ser reparados satisfactoriamente. Tanto la escoba como el fuelle deben estar diseñados especialmente para lograr una limpieza eficiente sin dañar la superficie. El fuelle debe ser capaz de ajustarse para que sople del centro al borde exterior de la carretera. Todo este equipo debe de estar provisto de sistemas con ruedas de llantas neumáticas.

Si después de realizadas las operaciones anteriores persisten áreas con materiales extraños adheridos a la superficie, se requerirá el lavado con agua a presión y el cepillado de dichas áreas. Las partes lavadas deberán haber secado completamente antes de aplicar el riego de liga.

En caso de que el riego de liga se aplique sobre una superficie recientemente construida, sobre la que se debe colocar inmediatamente la nueva capa bituminosa, sin haber sido abierta al tránsito, el barrido puede omitirse. Cuando la superficie sobre la cual se colocará el riego sea de concreto hidráulico, se debe remover el exceso de relleno en las juntas y grietas, así como cualquier residuo de membrana de compuesto para curado.

(b) **Revisión de la superficie.** Despues de que la superficie ha sido barrida, se debe proceder a inspeccionarla visualmente a fin de observar si no presenta grietas, descascaramientos o alguna otra condición desfavorable para la adherencia eficiente de la nueva capa bituminosa a colocar. Si así ocurre, el Contratista deberá corregir esos defectos, en la misma forma que se estipula en la Especificación 407.06 (d) (2).

(c) **Delimitación de la superficie.** Para delimitar la superficie a tratar, se usa un cordel sujeto con clavos o se marca con pintura la línea que indique el borde del área y que sirve de guía para el operador de la distribuidora de asfalto para alinear la barra de distribución de ésta unidad.

En los extremos de la sección a tratar, se coloca una faja de papel de construcción en todo el ancho, sujetándolo a la superficie, para que el derrame de exceso de emulsión asfáltica no la perjudique.

El Delegado Residente limitará la longitud a ser regada en cada operación de acuerdo con el tipo de emulsión asfáltica que se use y a la velocidad que avance la colocación de la nueva capa.

(d) **Protección de las estructuras adyacentes.** Las superficies de todas las estructuras y construcciones adyacentes al área a tratar deben protegerse adecuadamente para evitar su salpicadura o daño. En caso de que esto último ocurra, el Contratista debe, a su propia costa, remover el material bituminoso salpicado y reparar todos los daños ocasionados.

(e) **Requisitos de clima.** El riego de liga debe ser aplicado cuando la temperatura a la sombra sea mayor de 15° C. La superficie debe estar totalmente seca antes de aplicar el riego. De ser necesario, debe pasarse una unidad secadora antes de aplicar el riego de liga. No se permitirá la aplicación de riegos de liga cuando esté lloviendo o haya amenaza de lluvia durante la jornada de trabajo.

408.05 Preparación de la emulsión asfáltica.

(a) **Tanques de almacenamiento y equipo.** El Contratista debe de contar con equipo de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento para la emulsión asfáltica a utilizar, debiendo éstos estar localizados en lugares estratégicos de fácil acceso. Los tanques de almacenamiento deben cumplir con lo indicado en la Especificación 403.07(a).

(b) Calentamiento de la emulsión asfáltica. El calentamiento de la emulsión asfáltica diluida se requerirá cuando la temperatura de la misma sea inferior a la mínima para el riego indicada en la Tabla 408-1. Cuando éste sea el caso, el equipo de calentamiento, ya sea fijo o móvil, debe de tener capacidad adecuada para calentar la emulsión a la temperatura de aplicación sin dañarla, debiendo tener sistema circulante con serpentines, evitando el contacto directo de las llamas del quemador con las paredes del tanque y la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula la emulsión asfáltica.

408.06 Aplicación de la emulsión asfáltica.

(a) Cantidad de emulsión asfáltica. La emulsión asfáltica diluida debe ser aplicada con uniformidad sobre la superficie a tratar. Para evitar una rotura prematura, siempre se agrega el agua a la emulsión y no la emulsión al agua. Para asegurarse de que el agua a ser utilizada es compatible con la emulsión, se recomienda hacer una dilución de prueba.

La cantidad de aplicación debe ser seleccionada según las condiciones de textura de las superficies en contacto y el tipo de emulsión asfáltica que se esté usando. La cantidad debe de estar comprendida entre 0.25 y 0.70 Lts./ metro² (0.07 y 0.18 Gal./metro²). El Delegado Residente debe indicar, con orden escrita, la cantidad de emulsión asfáltica que se debe usar en el tramo a tratar. Para efectos de pago se medirá la emulsión sin diluir. El riego de liga debe ser aplicado solo en áreas que pueden ser pavimentadas en el mismo día.

(b) Distribución de la emulsión asfáltica. La distribución de la emulsión asfáltica debe ser efectuada con una distribuidora de asfalto equipado con sistema de calentamiento. La unidad debe ser autopropulsada con ruedas de llantas neumáticas y estar compuesta por un tanque de almacenamiento y fuerza de propulsión suficiente para mantener una velocidad constante que permita el riego

especificado. Debe de estar equipada con tacómetro graduado en unidades de velocidad de por lo menos 5 metros por minuto o su equivalente en sistema inglés y colocado para que el piloto de la distribuidora de asfalto lo pueda leer fácilmente. En el sistema de distribución debe estar conectado un tacómetro al eje de la bomba con indicador en revoluciones por minuto, de fácil lectura para el operador.

La barra de riego debe de permitir ajuste de longitud con variaciones cada 300 milímetros en más o en menos hasta una longitud de 8 metros y ajuste vertical para variar la altura de todas las boquillas, así como mecanismo de fijación o de compensación en el sistema de suspensión para mantener constante la altura de la barra respecto a la superficie a tratar en toda la longitud de riego. La altura de la barra será fijada para permitir un traslape triple en el riego en abanico de las boquillas interiores. La alineación de las boquillas respecto al eje de la barra deberá permitir el esparcimiento completo de cada abanico sin interferir con los de las boquillas adyacentes. La barra y boquillas deben tener válvulas que proporcionen un cierre positivo e inmediato al terminar la distribución y deben permanecer limpias sin atascarse, en las operaciones intermitentes. La capacidad de la bomba del tanque distribuidor debe de ser no menor de 1000 litros (250 galones) por minuto y ser capaz de distribuir la emulsión en una corriente uniforme y constante a través de todas las boquillas, con presión suficiente para asegurar un riego parejo de acuerdo con la cantidad ordenada por el Delegado Residente.

El sistema de calentamiento para la emulsión debe proveer un calor uniforme para todo el material, con termómetros aislados, que no estén en contacto con los tubos de calentamiento. Cuando se use el sistema de calentamiento, la emulsión deberá estar circulando en el tanque y se debe evitar el calentamiento excesivo para evitar su rompimiento. El distribuidor debe tener además una manguera con rociador anexa para

cubrir las áreas que queden fuera del alcance de la barra o para efectuar correcciones.

Antes de proceder a cargar el tanque distribuidor con la emulsión asfáltica a usar, éste debe ser inspeccionado para determinar si no contiene residuos de un producto bituminoso u otros materiales distintos a los que se usan en el riego. Si este fuese el caso, el Contratista debe proceder a lavarlo y limpiarlo perfectamente con solvente adecuado cuyos residuos también deben ser removidos con agua, antes de efectuar las operaciones de carga y dilución de la emulsión. El tanque debe llenar de la parte de abajo hacia arriba y no por caída para evitar el rompimiento prematuro de la emulsión.

Antes de la aplicación de la emulsión, se deben inspeccionar las boquillas para asegurarse que todas funcionen libremente y se debe proceder a la calibración del distribuidor.

Antes de colocar la siguiente capa asfáltica, debe darse tiempo a que se produzca la rotura de la emulsión diluida, la cual pasa del color marrón al color negro. La siguiente capa debe ser colocada dentro de las cuatro horas posteriores a la aplicación del riego de liga.

- (c) **Corrección de riego.** Si después de aplicado el riego de liga, aparecen áreas que no han recibido adecuadamente el riego, éstas deberán ser cubiertas inmediatamente con emulsión asfáltica, usando una manguera con rociador anexo al tanque distribuidor.
- (d) **Tolerancias en la aplicación.** La emulsión asfáltica debe ser distribuida uniformemente sobre la superficie. Para efectos de pago, sólo se aceptarán variaciones no mayores del 5% de la cantidad ordenada, para cada tramo.
- (e) **Aceptación.** La aceptación del riego de liga, para efectos de pago se debe efectuar, hasta que esté cubierta totalmente con la capa bituminosa inmediata superior.

408.07 Control de tránsito. Durante todas las operaciones de aplicación del riego de liga, y el tiempo comprendido hasta colocar la capa bituminosa inmediata superior, no se permitirá el paso del tránsito. El Contratista debe desviar y controlar el tránsito de la zona tratada, señalizando, dirigiendo el mismo y controlando la velocidad para evitar accidentes y deterioro del trabajo efectuado.

408.08 Control de calidad. El Contratista debe proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor en donde se hagan constar el cumplimiento de las características de la emulsión asfáltica correspondientes al grado, tipo y características especificadas, así como la marca del producto proveído y lote de producción o embarque, según sea aplicable, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente efectuando las operaciones de muestreo de conformidad con AASHTO T 40. Dichas verificaciones podrán efectuarse bimensualmente.

408.09 Medida. La medida se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6°C, con aproximación de dos decimales, de emulsión asfáltica sin diluir para Riego de Liga, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La medida de la emulsión asfáltica se debe determinar tomando la lectura del indicador del tanque distribuidor y su temperatura, estando ésta a nivel, inmediatamente antes y después de cada riego.

408.10 Pago. El pago se debe hacer, por el número de galones, (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en la Especificación 408.09, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme lo indicado en los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Riego de

Liga. Dicho costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02. No se reconocerá ningún pago adicional por las correcciones de la superficie a tratar, sello de grietas, emulsión asfáltica o mezcla asfáltica usada en esas correcciones, ni por otras de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución de este trabajo, deben ser incluidos en el costo unitario de contrato correspondiente a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Muestreo del asfalto	AASHTO T 40	Emulsiones aniónicas	AASHTO M 140
Viscosidad de las emulsiones asfálticas	AASHTO T 59	Emulsiones catiónicas	AASHTO M 208
Residuo por destilación de las emulsiones	AASHTO T 59		
Punto de ablandamiento de material bituminoso	AASHTO T 53		

SECCIÓN 409

GEOSINTÉTICOS PARA PAVIMENTACIÓN

- 409.01. Definición
- 409.02. Descripción.
- 409.03. Requisitos de los materiales.
- 409.04. Preparación de la superficie.
- 409.05. Limitaciones del clima.
- 409.06. Preparación del material bituminoso
- 409.07. Aplicación del material bituminoso.
- 409.08. Colocación del geosintético para
pavimentación.
- 409.09. Colocación de la carpeta asfáltica.
- 409.10. Control del tránsito.
- 409.11. Tolerancias.
- 409.12. Control de calidad.
- 409.13. Medida.
- 409.14. Pago.

409.01 Definición.

Geosintéticos para pavimentación. Son las telas o membranas de material geosintético con material bituminoso que se colocan entre las capas asfálticas para formar una barrera impermeable que proteja de la infiltración de humedad a las capas inferiores del pavimento, demorando al mismo tiempo el avance y propagación de grietas reflectivas originadas en las capas subyacentes y mejorando el desempeño estructural del pavimento. Estos materiales también se pueden colocar previo a la construcción de una capa de refuerzo sobre un pavimento existente o como parte de la capa de refuerzo con las mismas funciones.

409.02 Descripción. Este trabajo consiste en la limpieza y preparación de la superficie existente, el suministro, transporte, almacenamiento, caleamiento y esparcimiento, por medio de tanque distribuidor a presión, del material bituminoso; el suministro y la colocación de un geosintético para pavimentación entre capas de concreto asfáltico de un pavimento nuevo o antes de la colocación de una capa de refuerzo o de un tratamiento superficial sobre un pavimento existente, y el control de tránsito, protección y señalización del área a tratar.

MATERIALES

409.03 Requisitos de los materiales.

(a) **Material bituminoso.** El tipo, grado, Especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar, podrá ser uno de los establecidos en la Tabla 409-1 y debe ser acorde al tipo y grado del asfalto de pavimentación recomendado por el fabricante del geocompuesto para pavimentación y aprobado por el Delegado Residente.

Es preferible el uso de cementos asfálticos, sin embargo, se pueden usar emulsiones aniónicas o

cationicas. No se deben usar asfaltos líquidos ni emulsiones que contengan solventes o aditivos de destilados del petróleo.

Tabla 409-1
Requisitos para el material bituminoso

Tipo y grado de material bituminoso	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en °C
<ul style="list-style-type: none"> • Cementos asfálticos Graduación por viscosidad: <ul style="list-style-type: none"> • AC-5 • AC-10 • AC-20 	AASHTO M 226	> 145
Emulsiones asfálticas <ul style="list-style-type: none"> • Aniónicas RS-1 • Cationicas CRS-1 	AASHTO M 140 AASHTO M 208	20-60 50-85

(b) **Geosintéticos para pavimentación.** En general, los geosintéticos para pavimentación son materiales fabricados utilizando fibras de vidrio o combinaciones de polímeros sintéticos con fibra de vidrio. Las telas de pavimentación, incluyendo los remates en las orillas, se debe hacer dentro de una red estable tal, que los filamentos o hilos mantengan su estabilidad dimensional relativa entre ellos mismos.

La tela de pavimentación debe cumplir los requerimientos de la Tabla 409.2. Todos los valores de esta tabla corresponden a los valores mínimos promedio del rollo en la dirección principal más débil (MARV).

Las telas de pavimentación corresponden a la clasificación Tipo I y Tipo II de conformidad con la Tabla 211-1. Las Tipo I están diseñadas para tener un alargamiento último reducido

y pueden ser fabricadas con fibras de vidrio o como una combinación de fibras de vidrio y polímeros sintéticos. Las telas de pavimentación Tipo II son las telas diseñadas para tener un alargamiento último mayor y están fabricadas usando polímeros sintéticos.

Tabla 409-2
Requerimientos físicos para tela de pavimentación^a
(Referencia: Tabla 8 AASHTO M 288-21)

Propiedades	Método de ensayo ASTM	U	Tipo I	Tipo II
Resistencia a la tracción Grab	ASTM D4632/D4632M	N	-	450
Resistencia a la tensión	ASTM D5035 Tipo 2C-E	N	200	-
Alargamiento último	ASTM D4632/D4632M	%	-	≥ 50
	ASTM D5035 Tipo 2C-E	%	≤ 5	-
Masa por unidad de área	ASTM D5261	g/m ²	125	140
Retención de asfalto	ASTM D6140	l/m ²	(b) (c)	(b) (c)
Punto de fusión	ASTM D276	°C	205	150

Notas Tabla 409-2

- (a) Todos los valores numéricos corresponden al valor promedio mínimo del rollo (MARV) en la dirección principal más débil.
- (b) La cantidad de asfalto requerida es únicamente para saturar la tela de pavimentación. La retención de asfalto debe ser proporcionada mediante certificado del fabricante. Este valor no indica la cantidad de asfalto aplicado para la construcción.
- (c) La retención de asfalto del producto debe cumplir con el valor MARV indicado en el certificado del fabricante

El contratista debe proporcionar por escrito al Delegado Residente la información referente al nombre de la empresa fabricante de la tela de pavimentación, el nombre de la empresa que la distribuye, así como la hoja técnica correspondiente, indicando el nombre del producto, tipo, especificaciones y cumplimiento de las mismas en términos del mínimo valor promedio del rollo en la dirección principal más débil (MARV). También se deberá indicar la composición química, tipo de tejido y sus componentes, así como cualquier información para completar la descripción de la tela de pavimentación.

El fabricante debe tener un programa de control de calidad que incluya en su planta de

fabricación, un laboratorio acreditado por el Instituto de Acreditación de Geosintéticos dentro del programa de acreditación de laboratorios GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute, Laboratory Accreditation Program) para realizar los ensayos requeridos por las especificaciones.

Adicional a lo anterior, el geotextil debe cumplir con los requisitos de supervivencia durante la instalación indicados en la Especificación 211.03 (a).

Los rollos de geosintético deben ser almacenados adecuadamente, de tal forma que se mantengan secos y protegidos contra los elementos atmosféricos. Si los rollos se almacenan a la intemperie, deben

almacenarse sobre plataformas o sobre largueros por encima del suelo y protegidos con una cubierta impermeable.

Cuando el Delegado Residente requiera una muestra, se debe remover una tira de un metro de longitud por el ancho completo de un tramo ubicado después de la primera vuelta del rollo. Se le debe colocar una etiqueta a la muestra que indique el número de lote y de partida, la fecha de toma de la muestra, nombre y número del proyecto, número del Renglón, nombre del fabricante y el nombre del producto.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

409.04 Preparación de la superficie. La superficie de pavimentación debe estar libre de polvo, agua, aceite, vegetación o de otros residuos. Cuando se vaya a colocar el geosintético sobre una capa de concreto asfáltico que no ha sido abierta al tránsito, la preparación se podrá limitar a barrer la superficie.

En el caso de que la colocación sea sobre un pavimento existente antes de un recapeo, se deberán reparar los defectos de la superficie antes de la colocación del geosintético. Las grietas de más de 3 milímetros deben ser limpiadas y llenadas, y las fallas locales (baches) y secciones agrietadas delimitadas y otras fallas del pavimento también deben ser reparadas, todo de acuerdo y con cargo a lo especificado en la Sección 406. El material de relleno de las grietas deberá dejarse curar antes de la colocación de la tela de pavimentación. Si hay ahueamientos o rugosidades en el pavimento existente, éstas deben nivelarse con una capa de nivelación de concreto asfáltico o lechada asfáltica modificada con polímero previamente a la instalación del geosintético de pavimentación, de acuerdo con las instrucciones del Delegado Residente.

Para facilitar las operaciones del equipo durante la construcción y para prevenir daños a la tela de pavimentación saturada, se puede esparcir arena lavada para concreto siempre que el exceso de arena esparcida sea removido antes de colocar la siguiente capa de concreto asfáltico. Este procedimiento

también puede ser aplicado cuando las condiciones climáticas presenten elevadas temperaturas que provoquen el afloramiento del material bituminoso de sellado y la adherencia de la tela de pavimentación a las llantas de los vehículos de construcción.

No se debe colocar geosintéticos sobre superficies con una pendiente mayor al 8%, pues tendrán fallas de deslizamiento del mismo.

409.05 Limitaciones del clima. No se permitirá la aplicación del sellador asfáltico ni la colocación de la tela de pavimentación bajo condiciones inestables o inadecuadas del clima. La temperatura del aire y del pavimento deben ser suficientes para permitir que el sellador mantenga la tela de pavimentación en su lugar. Para la aplicación de cemento asfáltico, la temperatura ambiente debe de ser de 10° C y subiendo y para emulsiones asfálticas la temperatura ambiente debe ser de 15° C y subiendo.

409.06 Preparación del material bituminoso.

(a) Tanques de almacenamiento y equipo. El Contratista debe de contar con equipos de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento para el material bituminoso a utilizar, debiendo éstos estar localizados en lugares estratégicos de fácil acceso, y protegidos contra incendio.

(b) Calentamiento del material bituminoso. El equipo de calentamiento ya sea fijo o móvil, debe de tener capacidad adecuada para calentar el material a utilizar, sin dañarlo, debiendo tener sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas del quemador con las paredes del tanque y la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula el material bituminoso.

409.07 Aplicación del material bituminoso.

(a) Cantidad de material bituminoso. La cantidad de aplicación del sellador asfáltico debe estar acorde con las propiedades de retención de la tela de pavimentación para adherir la tela de pavimentación y la capa de refuerzo al pavimento

antiguo. Cuando se usen emulsiones asfálticas se debe incrementar la tasa de aplicación para compensar el contenido de agua de la emulsión.

(b) Distribución del material bituminoso. La aplicación del sellador asfáltico debe ser efectuada mediante la barra de riego de la distribuidora de asfalto. El uso del rociador de mano debe mantenerse al mínimo. La temperatura del sellador asfáltico debe ser lo suficientemente alta para permitir un patrón de distribución uniforme. Para cementos asfálticos la temperatura mínima de aplicación debe ser de 145°C no obstante, para evitar daños a la tela de pavimentación, la temperatura del tanque de distribución no debe de exceder de 160°C.

Los patrones de rociado de las emulsiones asfálticas mejoran con la temperatura por lo que son deseables temperaturas de aplicación en el rango comprendido entre 55°C y un máximo de 70°C, no se debe exceder este valor máximo porque a temperaturas altas se rompen las emulsiones.

El ancho de aplicación del sellador asfáltico debe ser el ancho de la tela de pavimentación más 150 mm. El sellador no se debe aplicar anticipadamente en una longitud mayor de la que el contratista pueda mantener libre de tránsito.

Los derrames de asfalto deben ser limpiados para evitar que los excesos de sellador den como resultado desplazamientos de la tela de pavimentación.

Cuando se usen emulsiones asfálticas, éstas deben estar curadas ya que para colocar la tela de pavimentación y la carpeta asfáltica la superficie debe estar libre de humedad.

El sistema de calentamiento para el material bituminoso debe proveer un calor uniforme para todo el material, con termómetros aislados, que no estén en contacto con los tubos de calentamiento. Cuando se use el sistema de calentamiento, el material bituminoso deberá estar circulando en el tanque y se debe evitar

el calentamiento excesivo para evitar su degradación. El distribuidor debe tener además una manguera con rociador anexa para cubrir las áreas que queden fuera del alcance de la barra o para efectuar correcciones.

Antes de proceder a cargar el tanque distribuidor con el material bituminoso a usar, debe inspeccionarse para determinar si no contiene residuos de un producto bituminoso distinto al que se usa en el riego. Si éste fuese el caso, el Contratista debe proceder a lavarlo y limpiarlo perfectamente con solvente adecuado y a remover con agua pura cualquier residuo de solvente, antes de cargarlo.

Antes de la aplicación del material bituminoso, se deben inspeccionar las boquillas para asegurarse que todas funcionen libremente y se debe proceder a la calibración del distribuidor.

El riego de material bituminoso debe ser rociado en un ancho 150 milímetros mayor que el ancho del geosintético. No se debe aplicar más riego de material bituminoso del que pueda cubrirse con el geosintético durante una misma jornada de trabajo y manteniendo el área de trabajo libre del paso del tráfico.

(c) Tiempo de curado para emulsiones asfálticas. Se debe permitir que la emulsión regada cure antes de colocar el geosintético. El tiempo de curado debe ser suficiente para que se evapore completamente toda el agua y cualquier aditivo que contenga la emulsión. Cuando se utilizan emulsiones de curado medio y lento se necesita demasiado tiempo para esperar a su curado, por lo que son imprácticas para aplicación con los geosintéticos de pavimentación. El tiempo de curado para las emulsiones de curado rápido se determinará de acuerdo con la siguiente tabla, debiéndose comprobar antes de la aplicación del geosintético, que efectivamente ésta haya curado adecuadamente, lo cual sucede cuando la superficie se encuentre todavía pegajosa y el color del riego pase del color marrón al color negro.

Tabla 409-3
Tiempo de curado para la emulsión asfáltica

Temperatura ambiente (° C)	Tiempo de curado (horas)		
	Condiciones de humedad ambiental		
	Seca	Moderada	Húmeda
15	2	3	4
24	1	2	3
32	0.5	1	2

(d) Correcciones.

(1) Corrección de riego. Si después de la aplicación del material bituminoso, aparecen áreas que no han recibido adecuadamente el riego, éstas deberán ser cubiertas inmediatamente, usando una manguera con rociador anexo al tanque distribuidor. Las superficies de todas las estructuras y construcciones adyacentes al área a tratar deben protegerse adecuadamente para evitar su salpicadura o daño. En caso de que esto último ocurra, el Contratista debe, a su propia costa, remover el material bituminoso salpicado y reparar todos los daños ocasionados.

(2) Corrección de afloramientos. Los afloramientos de material bituminoso que aparezcan en exceso deben ser corregidos aplicando material secante. Antes de la colocación del geosintético, se deberá barrer este material. Para que no aparezcan nuevos afloramientos, se harán las correcciones necesarias, en las cantidades de aplicación del material bituminoso.

409.08 Colocación del geosintético para pavimentación. El geosintético de pavimentación debe ser colocado sobre el riego de material bituminoso utilizando un equipo mecánico o manual de colocación capaz de proveer una instalación lisa con un

mínimo de arrugas o dobleces. Si se utilizan métodos manuales, el geosintético debe ser desenrollado, alineado y colocado en tramos de aproximadamente 9 metros. Todas los dobleces o las arrugas con una altura mayor de 25 milímetros deben ser estirados o aplanados. El geosintético debe ser aplanado con una compactadora de llantas neumáticas para maximizar el contacto de la tela con la superficie del pavimento. El geosintético de pavimentación debe ser colocado antes de que el riego de material bituminoso se enfríe o deje de estar pegajoso. El exceso de geosintético de pavimentación que se extienda más allá del borde del pavimento existente o de las áreas de aplicación de la capa de material bituminoso, debe ser cortado y removido.

Los traslapos en las juntas de la tela de pavimentación deben de ser suficientes para asegurar el cierre completo de la junta, pero no deben de exceder de 150 mm. Las juntas transversales deben ser traslapadas en la dirección de la pavimentación para prevenir que la pavimentadora levante las orillas. En los traslapos se efectuará una segunda aplicación de ligante asfáltico para asegurar una adherencia adecuada en la zona del empalme en donde existe una doble capa de tela de pavimentación.

En el caso de reparación de dobleces y en las juntas de la tela de pavimentación cuando se aplique un sellado adicional, se deberán evitar riegos en exceso que puedan provocar afloramientos o desplazamientos en las capas de tela ya colocadas.

No se debe de permitir el paso del tráfico público sobre el geosintético. Se deben evitar maniobrar el equipo de acarreo de concreto asfáltico y el de pavimentación sobre la tela. Para evitar dañar el geosintético, no se deben realizar paradas, arranques o giros bruscos del equipo sobre la tela, para evitar su desplazamiento, la formación de arrugas o daños. El geosintético dañado debe ser removido y sustituido con el mismo tipo de geosintético.

El contratista será responsable de la remoción y reemplazo de la tela de pavimentación dañada.

409.09 Colocación de la carpeta asfáltica. La construcción de la nueva carpeta asfáltica o del recapeo debe hacerse inmediatamente después de la colocación del geosintético, para asegurar que las capas asfálticas se adhieran correctamente.

Si hay tela dañada, ésta debe ser reparada antes de la colocación de la carpeta. Todas las áreas donde se ha colocado el geosintético de pavimentación deben ser pavimentadas el mismo día.

Para facilitar la operación del equipo de pavimentación o para prevenir desgarramientos de la tela de pavimentación, se puede esparcir arena lavada para concreto, pero las cantidades que hayan sido aplicadas en exceso deben de ser removidas previo a la colocación de la nueva capa de concreto asfáltico.

La colocación de la capa de concreto asfáltico debe seguir de cerca la colocación de la tela de pavimentación. La temperatura del concreto asfáltico no debe de exceder de 175° C para telas de pavimentación Tipo I ni de 160° C para telas de pavimentación Tipo II.

En el caso de que en la tela de pavimentación se presente afloramiento o exudación del ligante asfáltico, causando problemas de construcción antes de la colocación de la capa de concreto asfáltico, el área afectada deberá secarse esparciendo arena manteniendo detenida la pavimentadora y manteniendo al mínimo las operaciones de los vehículos.

Puede ser necesario el uso de compactadora de neumáticos para facilitar la colocación de la tela de pavimentación, favorecer su adherencia al ligante asfáltico y para mantener alisada la misma.

409.10 Control de tránsito. Durante todas las operaciones de aplicación del material bituminoso, y el tiempo comprendido hasta colocar la capa asfáltica inmediata superior, no se permitirá el paso del tránsito. El Contratista debe desviar y controlar el tránsito de la zona tratada, señalizando, dirigiendo el mismo y controlando la velocidad para evitar accidentes y deterioro del trabajo efectuado.

409.11 Tolerancias.

- (a) Tolerancia en la aplicación del material bituminoso.** No serán aceptadas, para efectos de pago, variaciones mayores del 5% de la cantidad ordenada por el Delegado Residente para el riego de material bituminoso.
- (b) Tolerancias de superficie del geosintético.** La superficie colocada debe ser uniforme y estar de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas mostradas en los planos.

409.12 Control de calidad.

- (a) Material bituminoso.** El Contratista debe proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor en donde se hagan constar las características del material bituminoso correspondientes al grado, tipo y marca especificado proveído por lote de producción o embarque según sea aplicable, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente efectuando las operaciones de muestreo de conformidad con AASHTO T 40. Dichas verificaciones podrán efectuarse por lo menos en forma bimensual.
- (b) Geosintéticos.** El Contratista deberá presentar los certificados de calidad proporcionados por el fabricante en donde se haga constar que los Geosintéticos utilizados llenan los requisitos estipulados en 409.03 (b).

409.13 Medida.

- (a) **Material bituminoso.** La medida se debe hacer del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6°C con aproximación de dos decimales, de Material Bituminoso para Aplicación de Geosintético para Pavimentación, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de los anchos establecidos de la Sección Típica con las tolerancias establecidas conforme estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La medida del material bituminoso se debe determinar tomando la lectura del indicador del tanque distribuidor y su temperatura, estando éste a nivel, inmediatamente antes y después de cada riego.

- (b) **Geosintético para pavimentación.** La medida se debe hacer del número de metros cuadrados excluyendo los traslapes, con aproximación de dos decimales, de Geosintético para Pavimentación, colocados satisfactoriamente de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

409.14 Pago.

- (a) **Material bituminoso.** El pago se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en 409.13 (a), ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas y conforme a los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales; al costo unitario de contrato, correspondiente a Material Bituminoso para Aplicación de Tela para Pavimentación.
- (b) **Geosintético para pavimentación.** El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados, medidos como se indica en 409.13 (b), satisfactoriamente colocados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas y conforme a los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales; al costo unitario

de contrato correspondiente a Geosintético para Pavimentación.

Dichos costos incluyen el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en 110.02.

En esta Sección no se reconocerá ningún pago adicional por correcciones de la superficie a tratar, ni el material seco utilizado en afloramientos, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución de este trabajo deben ser incluidos en los costos unitarios de contrato, correspondiente a esta Sección o como se encuentre indicado en las Disposiciones Especiales.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Ensayos tela geosintética	Especificaciones ASTM	Geosintéticos para pavimentación	AASHTO M 288
Resistencia a la tracción grab	D4632/ D4632M	Cemento asfáltico por viscosidad	AASHTO M 20
Resistencia a la tensión	D5035 Tipo 2C-E	Emulsiones asfálticas aniónicas	AASHTO M 140
Alargamiento último	D4632/ 4632M D5035 Tipo 2C-E	Emulsiones asfálticas catiónicas	AASHTO M 208
Masa por unidad de área	D 5261	Arena secado exceso material bituminoso, arena para concreto	AASHTO M 6
Retención de asfalto	D6140		
Punto de fusión	D276		

SECCIÓN 410

ARENA ASFALTO

- 410.01 Definiciones.
- 410.02 Descripción.
- 410.03 Requisitos para los materiales.
- 410.04 Determinación del procedimiento de construcción.
- 410.05 Producción del agregado.
- 410.06 Preparación del agregado.
- 410.07 Preparación del material bituminoso.
- 410.08 Aplicación del material bituminoso.
- 410.09 Cantidad de material bituminoso.
- 410.10 Curado de las mezclas en frío.
- 410.11 Requisitos de clima.
- 410.12 Requisitos para las plantas mezcladoras.
- 410.13 Fórmula de trabajo.
- 410.14 Transporte de la mezcla arena asfalto.
- 410.15 Colocación y tendido.
- 410.16 Compactación.
- 410.17 Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 410.18 Correcciones.
- 410.19 Medida.
- 410.20 Pago.

410.01 Definiciones.

Arena asfalto o lámina asfáltica. La capa del pavimento de arena asfalto o de lámina asfáltica, tiene la función de impermeabilizar y uniformizar la textura y rugosidad de la superficie de un pavimento en servicio o de servir como capa intermedia de base para una capa de refuerzo de una carpeta asfáltica.

Capa de arena asfalto. Esta capa está constituida por arena de trituración o arena de río o una mezcla de ambas y polvo mineral cuando sea requerido, combinados con material bituminoso, mezclados en frío o en caliente en planta o en frío en la carretera.

Capa de lámina asfáltica (Sheet Asphalt). Esta capa está constituida por una arena asfalto, compuesta por una mezcla densa de arena de trituración, con polvo mineral y cemento asfáltico, mezclada en planta en caliente.

En las Disposiciones Especiales se indicará el tipo de mezcla, el tipo de material bituminoso y el tipo de planta a ser utilizado. Cuando esto no sea especificado en las Disposiciones Especiales, se aplicarán las normas correspondientes a arena asfalto mezclada en planta en caliente y colocada con máquina pavimentadora.

410.02 Descripción. Este trabajo consiste en: la obtención y explotación de arena como producto de trituración, combinándola con polvo mineral para formar un agregado clasificado; la obtención, suministro, almacenamiento y aplicación del citado polvo mineral; el apilamiento, almacenamiento, transporte y aprovisionamiento de los agregados; el suministro, transporte, almacenamiento y aplicación del material bituminoso. La elaboración de la mezcla de arena y material bituminoso; el transporte, colocación, tendido, curado, conformación y compactación de la misma. La regulación del tránsito y el control de laboratorio

durante todas las operaciones necesarias para construir la arena asfalto, en una o varias capas, de conformidad con lo indicado en los planos, y ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas y de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

MATERIALES

410.03 Requisitos para los materiales.

- (a) **Requisitos para el agregado.** El agregado debe consistir en arena pétreo de trituración de cantera o bien un producto de trituración formado de partículas resistentes, duraderas, y angulosas, combinados con polvo mineral, que deben integrar un agregado clasificado, que llene los requisitos siguientes.
 - (1) **Desintegración al sulfato de sodio.** No debe tener una pérdida mayor de 12% al ser sometido a cinco ciclos, en el ensayo AASHTO T 104.
 - (2) **Impurezas.** El agregado no debe contener materias vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de arena asfalto puedan producir fallas en el pavimento.
 - (3) **Graduación.** El agregado debe cumplir con los requisitos de graduación, determinada según AASHTO T 27 y T 11, de acuerdo con la siguiente tabla, para uno de los tipos establecidos, según lo indiquen las Disposiciones Especiales.

Tabla 410-1
Tipos de graduación para agregado de capa de arena asfalto

Estándar mm	Tamiz nº	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 11 y 27)	
		Tipo "A" 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ ") máximo	Tipo "B" 4.75 mm (nº 4) máximo
		Arena asfalto AASHTO M 29 (Graduación 4)	Lámina asfáltica AASHTO M 29 (Graduación 3)
9.5	$\frac{3}{8}$ "	100	
4.75	4	80-100	100
2.36	8	65-100	95-100
1.18	16	40-80	85-100
0.600	30	20-65	65-90
0.300	50	7-40	30-60
0.150	100	2-20	5-25
0.075	200	0-10	0-5

- (4) **Características de plasticidad.** La fracción de agregado que pasa el Tamiz 0.425 mm (Nº 40), incluyendo el polvo mineral, no debe tener un índice plástico mayor de 4, determinado según AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. El equivalente de arena, determinado según AASHTO T 176, no debe ser menor de 50.
- (5) **Peso.** El agregado debe ser uniforme en calidad y densidad y su peso unitario AASHTO T 19, no debe ser menor de 1,200 Kg./metro³ (75 lb./pie³).
- (b) **Requisitos para el polvo mineral.** Cuando se necesite agregar polvo mineral, en adición al que contiene naturalmente la arena, éste debe consistir en polvo de roca, cemento hidráulico, cal hidratada, o material inerte, que llene según AASHTO M 17, los requisitos siguientes:

- (1) **Impurezas.** No debe contener materia vegetal, basura ni terrones o grumos ya sean de arcilla, o producidos por la humedad.
- (2) **Graduación.** El polvo mineral debe llenar los siguientes requisitos de graduación, determinada según AASHTO T 37, de la Tabla 410-2.

Tabla 410-2
Requisitos de graduación para el polvo mineral

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje total que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO M 17)
0.600	30	100 %
0.300	50	95-100 %
0.075	200	70-100 %

- (c) **Requisitos para el material bituminoso.** El tipo, grado, Especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar, según lo indiquen las Disposiciones Especiales, será uno de los establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 410-3
Requisitos para los Materiales Bituminosos

Tipo y grado de material bituminoso	Especificación AASHTO	Temperatura en °C para mezclas en planta	Temperatura de aplicación en °C para mezclas en carretera
<ul style="list-style-type: none"> • Cemento asfáltico: <ul style="list-style-type: none"> • Por viscosidad AC 2.5 • Por Desempeño 	M 226 M 320	115-140	
<ul style="list-style-type: none"> • Emulsiones asfálticas <ul style="list-style-type: none"> • Aniónicas <ul style="list-style-type: none"> • SS-1, SS-1h • HFMS-2s • Catiónicas <ul style="list-style-type: none"> • CSS 1, CSS-1h • CQS - 1h 	M 140 M 208	Temperatura de la emulsión 10-70	20-70 20-70

Nota: La tabla anterior sirve para indicar los rangos de temperatura necesarios para proporcionar la viscosidad del asfalto adecuada para su esparcimiento. Debe reconocerse que los rangos de temperatura indicados están arriba del mínimo punto de llama para los asfaltos líquidos. En realidad, algunos asfaltos pueden tener puntos de llama a temperaturas inferiores de los rangos aquí indicados, es por ello que deben tomarse precauciones de seguridad adecuadas todo el tiempo cuando se trabaje con asfaltos líquidos. Estas precauciones de seguridad incluyen, pero no están limitadas a lo siguiente:

1. No se debe permitir la existencia de llamas o chispas cerca de estos materiales. El control de temperatura debe efectuarse en mezcladoras, distribuidoras u otro equipo diseñado y aprobado para este propósito.
2. Nunca deben usarse llamas para examinar los tambores, tanques de asfalto u otros contenedores en los que se hayan almacenado estos materiales.
3. Todos los vehículos que transporten estos materiales deben ser ventilados adecuadamente.
4. Únicamente el personal con experiencia podrá supervisar y manipular estos materiales.

- (d) **Requisitos para la mezcla de arena asfalto.** La mezcla de arena asfalto, debe llenar los requisitos de diseño establecidos en la Tabla 410-4 o según lo indiquen las Disposiciones Especiales.
- (e) **Aditivos antidesvestimiento.** Las partículas de arena asfalto deben ser de tal naturaleza, que al recubrirlas con el material bituminoso del tipo y grado a usarse en la mezcla, no presenten

evidencia de desvestimiento (stripping) que afecten su resistencia. El efecto del uso de aditivos antidesvestimiento de las mezclas sometidas a saturación se evaluará de conformidad con el ensayo AASHTO T 195. El uso de aditivos antidesvestimiento, está condicionado a los resultados del ensayo anteriormente indicado, usando los productos propuestos.

Tabla 410-4
Requisitos para la mezcla arena asfalto y lámina asfáltica

Método de diseño	Valores límites	
	Mínimo	Máximo
Marshall (AASHTO T 245 y Manual Instituto de Asfalto MS-14 apéndice F para mezclas en frío con emulsión asfáltica y apéndice H para mezclas con asfaltos líquidos)		
• Número de golpes de compactación en cada extremo del espécimen		
1. Con emulsión asfáltica	50	75
2. Con cemento asfáltico y asfaltos líquidos	75	75
• Estabilidad	3,336 N (750 libras)	
• Fluencia en 0.25 mm (0.01 pulgada)	8	16
• Vacíos en el agregado mineral (%)	12	14
• Porcentaje de vacíos con aire en la mezcla compactada	3	5
• Sensibilidad a la humedad AASHTO T 283 Resistencia retenida		
1. Con emulsión asfáltica	50%	
2. Con cemento asfáltico y asfaltos líquidos MC	80%	
• Porcentaje de vacíos llenados con asfalto	65	80
• Contenido de asfalto (%)		
1. Arena asfalto	6	12
2. Lámina asfáltica	8	12

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

410.04 Determinación del procedimiento de construcción. Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de la capa de arena asfalto, el Contratista debe someter al conocimiento del Delegado Residente, el procedimiento, incluyendo maquinaria, equipo y materiales que utilizará para la ejecución de los trabajos, de acuerdo con las características de los materiales y lo que estipulen las Disposiciones Especiales.

El procedimiento debe determinar: si la mezcla se va a efectuar en planta, en frío o en caliente, o en carretera, el tipo y grado de material bituminoso que se debe utilizar y si es arena asfalto o lámina asfáltica (Sheet Asphalt), a menos que estos requisitos estén establecidos expresamente en las Disposiciones Especiales.

El Contratista debe indicar en dicho procedimiento, la localización de las plantas de producción de arena, polvo mineral y de arena asfalto, la forma y condiciones de suministro,

almacenamiento, calentamiento y aplicación del material bituminoso; la producción y preparación del agregado pétreo incluyendo el polvo mineral, las características de la planta de mezcla, los resultados de los ensayos de laboratorio y la fórmula de trabajo propuesta dentro de las tolerancias que establecen estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

Esta información debe presentarla el Contratista antes de iniciar la producción de mezcla de arena asfalto, con 15 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y en su caso, las rectificaciones que estime convenientes, debiendo indicar por escrito al Contratista la cantidad de material bituminoso que se debe aplicar.

En todo caso, el Contratista es responsable de colocar una superficie de arena asfalto o de lámina asfáltica que se ajuste a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

410.05 Producción del agregado. Previamente a la explotación y producción del agregado, el Contratista debe efectuar la limpia correspondiente en cada banco, eliminar la vegetación, capa de materia orgánica, basura y arcilla, que puedan contaminar el material producido.

La trituración, según corresponda a las características especificadas del tipo de arena a usar o como se indique en las Disposiciones Especiales, debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del material. En todo caso, la graduación del agregado debe lograrse en la planta de producción. Dicha planta debe estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas necesarias para lograr la granulometría especificada.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio, sobre la calidad y características del agregado producido y efectuar las correcciones necesarias para obtener un material de conformidad con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

El agregado producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta o ser acarreado para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo en todo caso ajustarse a lo establecido en la Sección 313 excepto cuando el agregado se acarree para ser tendido y mezclado en la carretera.

410.06 Preparación del agregado. Antes de efectuar la aplicación del material bituminoso, el agregado debe de ser preparado de conformidad con el procedimiento de construcción establecido de acuerdo con la Especificación 410.04, procurando, en todo caso, mantener homogéneas sus características de graduación, humedad, composición y calidad.

Cuando se utiliza cemento asfáltico para la mezcla, el agregado debe de estar seco, no permitiéndose más del 1% de humedad. Cuando se utilizan asfaltos líquidos o emulsiones, el agregado puede tener una humedad que no sobrepase el porcentaje de absorción determinado en condición saturada y superficie seca, de conformidad con el ensayo AASHTO T 84.

410.07 Preparación del material bituminoso.

(a) Tanques de almacenamiento y equipo. El Contratista debe contar con equipo de transporte, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento para el material bituminoso a utilizar, debiendo éstos estar localizados en lugares estratégicos para la mejor operación, de fácil acceso y protegidos contra incendio.

(b) Calentamiento del material bituminoso. Cuando se requiere calentamiento del material bituminoso, el equipo para este objeto ya sea fijo o móvil, debe tener capacidad adecuada para calentar el material a utilizar a la temperatura especificada, sin dañarlo, debiendo tener sistema circulante con serpentines, evitándose el contacto directo de las llamas del quemador con la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circula el material bituminoso. En ningún caso se debe calentar a más de 170° C.

410.08 Aplicación del material bituminoso.

Las operaciones para la aplicación del material bituminoso deben iniciarse hasta que se complete la preparación del agregado.

La aplicación y mezcla del material bituminoso puede efectuarse en la carretera o en planta, según lo establezca el procedimiento determinado de acuerdo con la Especificación 410.04 o como lo indiquen expresamente las Disposiciones Especiales.

(a) Aplicación y mezcla en la carretera por riegos.

La aplicación del material bituminoso puede ser efectuada por medio de riegos sucesivos por medio de tanque distribuidor a presión, sobre el agregado previamente extendido en una capa de espesor uniforme máximo de 100 milímetros, procediéndose de inmediato a efectuar la mezcla utilizando de preferencia, máquina estabilizadora o mezcladora pulverizadora, hasta que se obtenga una coloración uniforme del material. Seguidamente se debe colocar la mezcla efectuada en camellones, extender la nueva capa de agregado y proceder al siguiente riego y operación de mezcla, hasta completar la cantidad de material para cubrir el espesor total de capa de arena asfalto especificada en los planos y en las Disposiciones Especiales.

El espesor de la capa nunca debe ser menor de 15 milímetros.

(b) Aplicación y mezcla en la carretera con mezcladora móvil.

La aplicación del material bituminoso, puede ser efectuada por medio de planta mezcladora móvil o máquina estabilizadora, equipadas con sistema acoplado de tanque alimentador de material bituminoso, que permita medir el volumen y temperatura de éste último, efectuándose previamente, el esparcimiento del agregado en capas de espesor uniforme o en camellones, de Sección Transversal Uniforme, con la cantidad de agregado necesaria para formar la capa de arena asfalto, del espesor especificado en los planos, en las Disposiciones Especiales o en las secciones típicas de pavimentación correspondientes.

(c) Aplicación y mezcla en planta. La mezcla debe ser producida en planta central en frío o en caliente, según lo indiquen las Disposiciones Especiales. La aplicación debe efectuarse utilizando máquina dosificadora y mezcladora que produzca una mezcla uniforme, asegurándose la unión íntima del agregado pétreo y el material bituminoso, debiendo seguidamente transportarse en camiones, que llenen los requisitos de la Especificación 401.10, para ser volteada en camellones o montones cuando se utilicen mezclas en frío, para ser esparcida posteriormente con motoniveladora o por medio de máquina esparcidora o pavimentadora, sobre la superficie previamente preparada de la carretera. Las mezclas en caliente sólo podrán ser colocadas utilizando máquina pavimentadora.

410.09 Cantidad de material bituminoso. La cantidad de material bituminoso a aplicarse debe ser indicada por escrito al Contratista, por el Delegado Residente, de acuerdo a lo indicado en la Especificación 410.04 y los resultados de los ensayos de laboratorio, según las características y condiciones de los materiales que se utilizan. La cantidad de aplicación del material bituminoso debe mantenerse dentro de las tolerancias establecidas en la fórmula de trabajo, según la Especificación 410.17 (c) (3), y en todo caso, se debe comprobar por medio del ensayo de extracción, AASHTO T 164.

Cuando se utiliza el sistema de riegos para mezcla en la carretera, cada aplicación de material bituminoso no debe exceder de 2.5 litros (0.7 galones) por metro cuadrado.

410.10 Curado de las mezclas en frío. Cuando se utilizan asfaltos líquidos, según el tipo y grado del material, debe airearse o curarse la mezcla, hasta lograr la evaporación de por lo menos el 80% de los solventes, antes de proceder a la conformación final y compactación.

En el caso de mezclas con emulsiones asfálticas, la aireación de la mezcla se deberá efectuar de tal manera que al completar la mezcla en la carretera o

al tender el material transportado desde la planta, el contenido de humedad total se haya reducido entre el 2% y el 5% del usado durante la aplicación de la emulsión, o cuando la emulsión empiece a romper, lo cual se evidencia por un notorio cambio de color, de marrón a negro. En este momento se deberá comenzar en forma inmediata el proceso de compactación.

El tiempo de curado es variable según las características de los materiales y condiciones del clima, por lo que este tiempo debe de ser determinado previamente, por medio de ensayos de laboratorio y de campo, efectuados conjuntamente entre el Contratista y el Delegado Residente.

El curado de las mezclas puede ser efectuado en la carretera o según lo determine el procedimiento de construcción, fijado según la Especificación 410.04 o lo estipulen las Disposiciones Especiales.

410.11 Requisitos de clima. Se debe cumplir con lo establecido en la Especificación 403.09 en lo referente a las mezclas efectuadas en frío y con lo establecido en la Especificación 401.11 para las mezclas efectuadas en caliente.

410.12 Requisitos para las plantas mezcladoras. Deben cumplir con lo establecido en la Especificación 403.08 (b) (3) en lo referente a las mezclas efectuadas en frío y con lo establecido en la Especificación 401.08 para las mezclas efectuadas en caliente.

410.13 Fórmula de trabajo. Previamente a la iniciación de la producción de mezcla de arena asfalto y cuando se trate de mezcla en planta, el Contratista debe someter a la aprobación del Delegado Residente, la fórmula de trabajo que establece las cantidades en las proporciones de agregado y material bituminoso y en el caso de requerirse lámina asfáltica (Sheet Asphalt), las cantidades de arena, polvo mineral y cemento asfáltico, para obtener una mezcla de acuerdo a las tolerancias establecidas en la Especificación 410.17 (c) (3) y conforme a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

410.14 Transporte de la mezcla de arena asfalto. Cuando se efectúe la mezcla de arena asfalto en planta en frío, ésta debe de ser transportada de la planta al lugar de su colocación, por medio de vehículos con palangana de volteo, que llenen los requisitos de la Sección 403. Cuando se trate de mezcla de arena asfalto en caliente o lámina asfáltica (Sheet Asphalt), ésta se debe transportar de inmediato, por medio de vehículos con palangana de volteo que llenen los requisitos de la Sección 401 y proceder al tendido y compactación lo más pronto posible para evitar la pérdida de calor. Cuando se trate de mezcla con asfaltos líquidos, el transporte puede efectuarse antes o después de transcurrido el tiempo y proceso de curado, dependiendo de la forma establecida en el procedimiento de construcción determinado según la Especificación 410.04.

410.15 Colocación y tendido. Cuando se trate de mezcla efectuada en frío, ésta puede ser colocada en camellones o montones en lugares ubicados estratégicamente, procediéndose después de transcurrido el tiempo y proceso de curado, a su transporte, tendido y conformación final, por medio de motoniveladoras o máquinas pavimentadoras, para luego ser compactada. Cuando se trate de mezcla en caliente, ésta debe colocarse y tenderse a una temperatura mínima de 120° C, con máquina pavimentadora.

Las máquinas pavimentadoras deben ser autopropulsadas especiales para este trabajo que permitan ajustar el espesor y el ancho a tender, asegurando un espaciado uniforme en una sola operación, en un ancho no menor a un carril de circulación o a la mitad del ancho de la corona de la carretera de acuerdo con lo que se establezca en las Disposiciones Especiales y en la Sección Típica correspondiente.

El espesor de cada capa no debe ser mayor de 50 milímetros. La longitud máxima de los tramos de tendido y el espesor, están condicionados al equipo de compactación de que dispone el Contratista y las pérdidas de temperatura que sufra la mezcla cuando ésta sea en caliente. El espesor de la capa nunca debe ser menor de 15 milímetros.

410.16 Compactación. La mezcla arena asfalto debe de ser uniformemente compactada hasta el 98% de la densidad máxima de laboratorio según el método de diseño, indicado en la Especificación 410.03 (d), a menos que el método sea fijado expresamente en las Disposiciones Especiales.

La compactación en el campo se comprobará de preferencia según AASHTO T 230. Con la aprobación escrita del Ingeniero pueden usarse otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Cuando el espesor a compactar excede de 100 milímetros, el material debe colocarse, tenderse y compactarse en dos o más capas.

Debe colocarse riego de liga, de acuerdo a la Sección 408 cuando la capa inferior haya sido abierta al tránsito antes de ser cubierta con otra capa.

La mezcla arena asfalto con porcentaje de vacíos mayor de 8%, debe siempre recubrirse en la superficie, con una capa de sello asfáltico ordinario de acuerdo con los requisitos establecidos en la Sección 405.

410.17 Control de calidad, tolerancias y aceptación.

(a) Control de calidad en las características de los materiales.

(1) Desintegración al sulfato de sodio. En cada banco de material se debe efectuar un ensayo por cada 4,000 metros cúbicos de material pétreo en su estado original y por cada 2,000 metros cúbicos de agregado producido.

(2) Granulometría. Si los ensayos de granulometría se apartan de la curva especificada, deben hacerse inmediatamente correcciones al proceso de clasificación y trituración o cambiar de lugar de explotación en el banco. En cada banco se debe efectuar por lo menos un ensayo por cada día de producción o un ensayo por cada 100 metros cúbicos producidos.

(3) Plasticidad y equivalente de arena. En cada banco se efectuarán un ensayo por cada 2,000 metros cúbicos de agregado producido.

(4) Material bituminoso. El Contratista deberá proporcionar los certificados de calidad extendidos por el proveedor en donde se hagan constar las características del material bituminoso correspondientes al grado especificado proveído por lote de producción o embarque según sea aplicable, sin menoscabo de las verificaciones periódicas que ordene el Delegado Residente efectuando las operaciones de muestreo de conformidad con AASHTO T 40. Dichas verificaciones podrán efectuarse bimensualmente.

(5) Mezcla arena asfalto. El Contratista debe tomar muestras de acuerdo a AASHTO T 168 y efectuar un ensayo completo de estabilidad y características volumétricas de la mezcla, incluyendo porcentaje de material bituminoso residual (tomando en cuenta la pérdida de volumen del solvente por evaporación y debido a las operaciones de curado, de acuerdo con el tipo y grado de material bituminoso utilizado) y graduación de los agregados minerales después de la extracción, AASHTO T 30, por cada 400 metros cúbicos de mezcla colocada y compactada.

(b) Tolerancias en las características de los materiales. Si los ensayos efectuados a los materiales no llenan los valores estipulados para cada una de las características en la Especificación 410.03 (a), (b) y (c), después de efectuar las verificaciones necesarias, y si la condición desfavorable persiste en más del 20% de los ensayos verificados, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias, a su costa, o el material será rechazado.

(c) Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción.

(1) Compactación. Se establece una tolerancia de un 2% en menos, respecto al porcentaje de compactación indicado en la Especificación 410.16, para aceptación de capa de arena asfalto.

Se efectuará un ensayo representativo por cada 400 metros cuadrados de arena asfalto, de cada una de las capas que se compacten.

Las densidades no podrán ser efectuadas a una distancia menor de 50 metros en sentido longitudinal sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para corrección.

(2) Superficie. La conformación de la superficie terminada de la capa de arena asfalto debe ser verificada mediante la utilización de una regla recta rodante o una regla o varilla de 3 metros de longitud graduada, determinándose si la altura es constante

sobre la superficie en sentido transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades mayores de 2.5 milímetros en el sentido paralelo al eje de la carretera ni mayores de 5 milímetros en el sentido transversal.

En las Disposiciones Especiales deberá establecerse el Índice de Rugosidad IRI (International Roughness Index) máximo permisible aplicable a cada capa de arena asfalto.

(3) Tolerancias en la fórmula de trabajo. La mezcla de arena asfalto cuando se requiere el tipo lámina asfáltica (Sheet Asphalt), debe llenar los requisitos de la fórmula de trabajo dentro de las tolerancias siguientes:

Requisitos de la fórmula de trabajo	Tolerancia en más o en menos
<ul style="list-style-type: none"> • Agregado retenido en tamiz N°4 (4.750 mm) • Agregado retenido en tamiz N°8 (2.360 mm) • Agregado retenido en tamiz N°30 (0.600 mm) • Agregado retenido en tamiz N°200 (0.075 mm) • Agregado que pasa el tamiz N°200 (0.075 mm) • Temperatura para mezclar, tender y compactar • Contenido de cemento asfáltico 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 % en peso del material pétreo • 4 % en peso del material pétreo • 3 % en peso del material pétreo • 2 % en peso del material pétreo • 1 % en peso de la mezcla total • 5° Centígrados • 0.5 % en peso del contenido de material bituminoso ordenado

Cuando se requiere mezcla arena asfalto que no es del tipo lámina asfáltica (Sheet Asphalt), las tolerancias son las siguientes:

Requisitos de la fórmula de trabajo	Tolerancia en más o en menos
<ul style="list-style-type: none"> • Agregado retenido en tamiz N°4 (4.750 mm) • Agregado que pasa tamiz N°4 (4.750 mm) • Agregado que pasa el tamiz N°200 (0.075 mm) • Contenido de material bituminoso 	<ul style="list-style-type: none"> • ± 8 % en peso del material pétreo • ± 5 % en peso del material pétreo • ± 2 % en peso del material pétreo • 0.5 % en peso del contenido de material bituminoso ordenado

- (d) **Espesor.** El espesor de la capa de arena asfalto se debe verificar al efectuar cada ensayo de control de compactación según AASHTO T 230, a menos que se hayan autorizado métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 200 metros lineales por carril de circulación para la verificación del espesor. Para mezclas tendidas con máquina pavimentadora se establece una tolerancia de ± 5 milímetros, pero el promedio aritmético de los espesores determinados cada kilómetro, no debe diferir en más de 2.5 milímetros del espesor estipulado en los planos. Para mezclas tendidas con motoniveladora se establece una tolerancia de ± 10 milímetros, pero el promedio aritmético de los espesores determinados cada kilómetro, no debe diferir en más de 5 milímetros del espesor estipulado en los planos. En ningún caso estas tolerancias podrán ser mayores de un tercio del espesor de la capa terminada.
- (e) **Aceptación.** La aceptación de la capa de arena asfalto se debe efectuar, hasta que ésta se encuentre en el ancho total indicado en las secciones típicas de pavimentación, debidamente compactada y dentro de las tolerancias establecidas.

410.18 Correcciones. Cuando sea necesario corregir la capa de , por defectos de construcción o variaciones de diseño, se debe proceder en la forma siguiente:

- (a) **Correcciones por defectos de construcción o causas imputables al contratista.**
- (1) **Corrección de defectos en la capa de superficie.** Los más comunes son: espesor deficiente, baja compactación, exceso de material bituminoso, baches, grietas, segregación, laminación y otros. El área previamente delimitada por el Delegado Residente para corrección, debe excavarse a la profundidad total de la capa que se está controlando y sustituirse por mezcla de arena asfalto que esté dentro de especificaciones. Después de sustituir el material, se debe proceder a compactarlo

de nuevo hasta que tanto el área delimitada como la superficie adyacente cumplan con los requisitos de estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

- (b) **Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista.** Cuando sea necesario efectuar correcciones de la capa de arena asfalto, variaciones de diseño o causas no imputables al Contratista, el Delegado Residente debe proceder a delimitar el área a corregir, ordenando las enmiendas necesarias, incluyendo el aumento del espesor de la capa, por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista a los precios unitarios de Contrato, o en su defecto por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

410.19 Medida.

- (a) **Arena asfalto por volumen.** La medida se debe hacer por el número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, medidos en su posición final ya compactados, de Arena Asfalto, satisfactoriamente construidos y aceptados, de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos, la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal, el ancho debe ser el delimitado y dimensionado dentro de la Sección Típica de Pavimentación y el espesor debe ser el promedio de los espesores reales colocados y compactados.

- (b) **Arena asfalto por peso.** Cuando las Disposiciones Especiales así lo estipulen expresamente, la medida se debe hacer del número de toneladas de 907.18 kg (2,000 libras), con aproximación de dos decimales de Arena Asfalto, satisfactoriamente construidas y aceptadas de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El peso se debe determinar por medio de básculas que llenen los requisitos estipulados en la Sección 401, debiéndose efectuar cada medida del peso

- neto de la mezcla en presencia de un Inspector de la Supervisora, quien debe firmar el vale correspondiente, comprobándose la colocación y aceptación en la carretera con la firma del Inspector de Campo de la misma Supervisora. El Delegado Residente debe llevar un control diario del número de toneladas producidas, aceptadas y rechazadas que correspondan a cada tramo y efectuar las deducciones por rechazos posteriores, No se debe hacer ninguna deducción por el peso del material bituminoso contenido en la mezcla.
- (c) **Material bituminoso.** La medida se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6° C, con aproximación de dos decimales de Material Bituminoso para Arena Asfalto, ordenados, satisfactoriamente aplicados, y aceptados dentro de las tolerancias establecidas y conforme estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

La cantidad de material bituminoso se debe determinar, por diferencia de lecturas del indicador de la mezcladora, de conformidad con la cantidad ordenada según la Especificación 403.04, y se debe comprobar por medio de ensayos de contenido de bitumen en la mezcla AASHTO T 164.

Para efectuar los ajustes correspondientes a la cantidad, cuando proceda, en ningún caso se debe aceptar para medida, una cantidad mayor de lo ordenado más la tolerancia establecida en la Especificación 403.17 (c) (3).

410.20 Pago.

- (a) **Arena asfalto por volumen.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos medidos como se indica en la Especificación 410.19 (a), satisfactoriamente construidos y aceptados como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato correspondiente a Arena Asfalto.

(b) **Arena asfalto por peso.** Cuando las Disposiciones Especiales así lo estipulen expresamente, el pago se debe hacer por el número de toneladas, medidas como se indica en la Especificación 410.19 (b), de Arena Asfalto satisfactoriamente construidas y aceptadas como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Arena Asfalto.

- (c) **Material bituminoso.** El pago se debe hacer por el número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos como se indica en la Especificación 410.19 (c), ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, como lo establecen los planos, Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Material Bituminoso para Arena Asfalto.

Estos costos incluyen todo el trabajo estipulado en esta Sección de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por el suministro de todos los materiales incluyendo el agua y el polvo mineral, ni por el acarreo y sobreacarreo de materiales y mezcla asfáltica, ni por las operaciones necesarias para la obtención y utilización, apilamiento y almacenamiento del agregado pétreo. Tampoco se reconoce pago adicional por el equipo y personal necesario para efectuar el control de laboratorio, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista ni por la mezcla de arena asfalto rechazada. Todos estos gastos y los demás implícitos para efectuar el trabajo, deben estar incluidos en los costos unitarios correspondientes a esta Sección.

El sello asfáltico y riego de liga, cuando se requieren deben ser medidos y pagados de acuerdo a las Secciones 405 y 408, respectivamente.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Graduación		Cemento asfáltico	
Agregado grueso	AASHTO T 11	Por viscosidad	AASHTO M 226
Agregado fino	AASHTO T 27	Por desempeño	AASHTO M 320
Graduación relleno mineral	AASHTO T 37	Emulsiones aniónicas	AASHTO M 140
Asfaltos líquidos MC	AASHTO M 82	Emulsiones catiónicas	AASHTO M 208
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104	Agregado fino	AASHTO M 29
Preparación muestra en húmedo	AASHTO T 146	Relleno mineral	AASHTO M 17
Índice plástico	AASHTO T90		
Límite líquido	AASHTO T 89		
Equivalente de arena	AASHTO T 176		
Peso unitario	AASHTO T19		
Recubrimiento de agregados	AASHTO T 195		
Gravedad específica			
Agregado fino	AASHTO T 84		
Agregado grueso	AASHTO T 85		
Resistencia a las mezclas bituminosas Marshall MS-14 apéndices F y H	AASHTO T 245		
Muestreo materia bituminoso	AASHTO T 40		
Viscosidad cinemática asfaltos	AASHTO T 201		
Punto de inflamación	AASHTO T 79		
Material bituminoso	AASHTO T 48		
Viscosidad de las emulsiones asfálticas	AASHTO T 59		
Residuo por destilación de las emulsiones	AASHTO T 59		
Punto de ablandamiento material bituminoso	AASHTO T 53		
Contenido de bitumen en la mezcla (extracción)	AASHTO T 164		
Compactación en el campo	AASHTO T 230		
Terrones de arcilla y partículas deleznables	AASHTO T 112		
Sensibilidad a la humedad resistencia retenida	AASHTO T 283		

SECCIÓN 411
ASFALTOS MODIFICADOS

- 411.01. Definición.
- 411.02. Tipos de cementos asfálticos modificados.
- 411.03. Usos de los cementos asfálticos modificados.
- 411.04. Normas de aplicación.
- 411.05. Medida y pago.

411.01 Definición. Las propiedades viscoelásticas del cemento asfáltico pueden ser mejoradas mediante la adición de modificadores del asfalto que pueden ser polímeros que incluyen los elastómeros. Los polímeros pueden ser clasificados en elastómeros utilizados para mejorar las propiedades elásticas del cemento asfáltico y en plastómeros los cuales mejoran la rigidez del asfalto. El efecto de los modificadores del asfalto es el de ampliar el rango de temperaturas usado en la definición de la clasificación por desempeño PG (AASHTO M 320) o en la clasificación según la recuperación de las deformaciones bajo esfuerzos múltiples (AASHTO M 332) descritas en la Sección 401.01. Con el uso de los polímeros, se pueden modificar varias propiedades del cemento asfáltico, entre las cuales se encuentran las siguientes:

- Susceptibilidad a la temperatura.
- Adhesión a los agregados.
- Resistencia a la deformación permanente.
- Resistencia al agrietamiento por fatiga.
- Ductilidad.
- Elasticidad.

(a) **Elastómeros.** Los tipos básicos de elastómeros utilizados para modificar asfaltos son:

- (1) Hules sintéticos compuestos de Estireno-Butadieno (Styrene-Butadiene, SB) y Estireno-Butadieno con Hule (Styrene-Butadiene Rubber, SBR), los cuales se fabrican en forma de emulsión comúnmente conocida como látex.
- (2) Hule Termoplástico de Estireno-Butadieno-Estireno (Styrene-Butadiene-Styrene, SBS).

(b) **Plastómeros.** Los tipos básicos de plastómeros utilizados son:

(1) Polietileno de baja densidad
(Low Density Polyethylene, LDPE).

(2) Etileno-Vinilo-Acetato
(Ethylene-Vinyl-Acetate, EVA).

En la Tabla 411-1 se indica un listado de los polímeros típicos que se utilizan para modificar asfaltos.

Los polímeros tienen una estructura de cadena relativamente larga de hidrocarbono en comparación con el asfalto y, por lo tanto, la adición de polímeros usualmente incrementa la rigidez o la viscosidad del cemento asfáltico a altas temperaturas. La adición de pequeñas cantidades de polímeros, en el rango de 1 a 2 por ciento, provee refuerzo general y rigidez al cemento asfáltico. Cantidades mayores de polímero, en el rango de 3 a 4 por ciento, pueden formar una estructura de red. La elección adecuada de asfalto, grado de asfalto, tipo de concentración de polímero y método de mezcla determinará si se forma una estructura de red.

La adición de polímeros al cemento asfáltico mejora principalmente las propiedades del asfalto a altas temperaturas y únicamente tiene un efecto limitado sobre las propiedades a bajas temperaturas. Las propiedades a bajas temperaturas del asfalto modificado son determinadas principalmente por el grado del asfalto base. Al modificar asfaltos de baja viscosidad (es decir cementos asfálticos de bajo grado) con el polímero adecuado, se pueden fabricar asfaltos que provean un módulo de elasticidad significativamente más bajo a temperaturas más bajas, al mismo tiempo que proveen módulos altos a temperaturas elevadas. Es decir que las características mecánicas pueden ser mejoradas a lo largo de todo el rango de temperaturas de operación por medio de la mezcla con el polímero adecuado y el grado y tipo adecuado de asfalto.

Tabla 411-1
Polímeros típicos utilizados para modificar asfaltos

Tipo	Composición química
1. Elastómeros: Polímeros tipo I: <ul style="list-style-type: none">• Copolímero de bloque• Copolímero de bloque• Copolímero de bloque	Estireno-Butadieno (SB) Estireno-Butadieno-Estireno (SBS) Estireno-Butadieno (SB)
Polímeros tipo II: <ul style="list-style-type: none">• Copolímero de bloque• Copolímeros aleatorios• Copolímero aleatorio• Copolímero de bloque	Estireno-Butadieno-Estireno (SBS) Estireno-Butadieno-Hule (SBR) Estireno-Butadieno-Hule (SBR) Estireno-Butadieno-Estireno (SBS)
2. Plastómeros: Polímeros tipo III: <ul style="list-style-type: none">• Copolímero• Homopolímero• Copolímero	Etileno Vinilo Acetato (EVA) Polietileno de Baja Densidad (LDPE) Etileno Vinilo Acetato (EVA)

411.02 Tipos de cementos asfálticos modificados.
De conformidad con las especificaciones guía para asfaltos modificados con polímeros desarrolladas por el Grupo de Trabajo No. 31 de la AASHTO-AGC (American General Contractor)-ARTBA (American

Road and Transportation Builders Association) e incorporadas a las Normas ASTM D 5976, D 5840 y D 5841, los asfaltos modificados con polímeros se pueden agrupar en los siguientes Tipos:

(a) **Tipo I.** Las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímero Tipo I, corresponden a las propiedades del cemento asfáltico convencional después de modificarlo con copolímeros de bloque de estireno-butadieno (SB) y de bloque estireno-butadieno-estireno (SBS). No obstante, se pueden usar otros polímeros que proporcionen los resultados especificados al ser mezclados con cemento asfáltico. De este tipo se distinguen las siguientes clases:

Clases de asfaltos modificados tipo I:

- I-A
- I-B
- I-C
- I-D

En la siguiente tabla se enumeran las especificaciones para estas clases de asfaltos modificados.

Tabla 411-2
Especificaciones de los asfaltos modificados tipo I
(ASTM D 5976)

Propiedades	Norma		Clases de asfalto modificado tipo I			
			I-A	I-B	I-C	I-D
Penetración, a 25° C, 100g y 5 s	AASHTO T 49	Min. Máx.	100 150	75 100	50 75	40 75
Viscosidad, 60° C, Poises	AASHTO T 202	Min.	1250	2500	5000	5000
Viscosidad, 135° C, centi Stokes	AASHTO T 201	Máx.	2000	2000	2000	5000
Punto de flama, ° C	AASHTO T 48	Min.	232	232	232	232
Solubilidad en tricloro etileno (TCE), %	ASTM D 2042	Min.	99	99	99	99
Separación (1), diferencia R & B, ° C	AASHTO T 44	Máx.	2.2	2.2	2.2	2.2
Ensayo del residuo del horno de película delgada (RTFOT)						
Recuperación elástica (2), a 25° C, %	AASHTO T 179	Min.	60	60	60	60
Penetración a 4° C, 200g y 60s	AASHTO T 49	Min.	20	15	13	10

⁽¹⁾ Diferencias de puntos de ablandamiento de la parte superior e inferior de una muestra de asfalto modificado con polímeros, a 162.8° C durante 48 horas.

⁽²⁾ Deformación recuperable después del ensayo de ductilidad, AASHTO T 51.

(b) Tipo II. Las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímero Tipo II, corresponden a las propiedades del cemento asfáltico convencional después de modificarlo con látex

de hule de Estireno Butadieno (SBR) o Látex de Policloropreno. Este tipo se subdivide en las clases II-A, II-B, II-C y II-D, los cuales tienen las especificaciones de la siguiente tabla.

Tabla 411-3
Especificaciones de los asfaltos modificados Tipo II
(ASTM D 5840)

Propiedades	Norma		Clases de asfalto modificado Tipo II			
			II-A	II-B	II-C	II-D
Penetración, a 25° C, 100g y 5 s	AASHTO T 49	Min.	100	70	85	80
Viscosidad, 60° C, Poises	AASHTO T 202	Min.	800	1600	800	1600
Viscosidad, 135° C, centi Stokes	AASHTO T 201	Min	300	300	300	300
Ductilidad, 4° C, 5 cpm, cm	AASHTO T 51	Min.	50	50	25	25
Punto de Flama, ° C	AASHTO T 48	Min.	232.2	232.2	232.2	232.2
Endurecimiento, 25° C, 20 in-lb.	ASTM D 5801	Min.	75	110	75	110
Tenacidad, 25° C, 20 in-lb.	ASTM D 5801	Min.	50	75	50	75
Ensayo del residuo del horno de película delgada (RTFOT) AASHTO T 179						
Viscosidad, 60° c, poises	AASHTO T 202	Máx.	4000	8000	4000	8000
Ductilidad, 4° c, cm/min.	AASHTO T 51	Min.	250	250	100	100
Endurecimiento, 25° c, 20 in-lb.	ASTM D 5801	Min.	-	-	75	100
Tenacidad, 25° c, 20 in-lb.	ASTM D 5801	Min.	-	-	50	75

(c) **Tipo III.** Las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímero Tipo III, corresponden a las propiedades del cemento asfáltico convencional después de modificarlo con acetato vinilo etileno o con polietileno. No obstante, se pueden usar otros polímeros que

proporcionen los resultados especificados al ser mezclados con cemento asfáltico. De este tipo se distinguen las clases III-A, III-B, III-C, III-D y III-E, con las especificaciones de la siguiente tabla.

Tabla 411-4
Especificaciones de los asfaltos modificados Tipo III
(ASTM D 5841)

Propiedades	Norma		Clases de asfalto modificado Tipo II				
			III-A	III-B	III-C	III-D	III-E
Penetración, a 25° C, 200 g y 60 s	AASHTO T 49	Min. Máx.	30 150	30 150	30 150	30 150	30 150
Penetración, a 4° C, 200 g y 60 s	AASHTO T 49	Min.	48	35	28	22	18
Viscosidad, 135° C, cSt.	AASHTO T201	Min. Máx.	150 1500	150 1500	150 1500	150 1500	150 1500
Punto de ablandamiento, R & B, ° C	AASHTO T 53	Min.	125	130	135	140	145
Punto de Flama, ° C	AASHTO T 48	Min.	218.3	218.3	218.3	218.3	218.3
Separación 135 °C 18 h.		Mín.	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Ensayos del residuo del horno de película delgada (RTFOT)	AASHTO T 179						
Perdida por calentamiento, %	AASHTO T 179	Máx.	1	1	1	1	1
Penetración a 4° C, 200 g y 60 s	AASHTO T 49	Min.	24	18	14	11	9

⁽¹⁾ Según reporte.

411.03 Usos de los cementos asfálticos modificados. Los Cementos Asfálticos Modificados deberán clasificarse efectuando los ensayos requeridos en las Especificaciones AASHTO M 320 y AASHTO M 332 de conformidad con los ensayos indicados en estas Especificaciones, así como el ensayo AASHTO T 350 MSCR (Múltiple Stress Creep Recovery), correspondientes a las graduaciones de Cementos Asfálticos por Desempeño (PG) y a la graduación ampliada de conformidad con los ensayos de recuperación de deformaciones a esfuerzos múltiples (MSCR). Para Concretos Asfálticos, cuando no se encuentren disponibles cementos asfálticos

procesados sin modificar, la selección del tipo de Cemento Asfáltico Modificado se efectuará para cumplir con las graduaciones indicadas en la Tabla 401-11.

Para el uso de cementos asfálticos modificados, el Delegado Residente requerirá la presentación de los certificados de calidad y los resultados de los ensayos efectuados por laboratorios certificados que comprueben el cumplimiento de las especificaciones AASHTO M 320 y AASHTO M 332 de acuerdo con el grado nominal bajo el cual se propone el uso del cemento asfáltico

modificado. Adicionalmente, se deberán presentar las especificaciones correspondientes a las temperaturas de aplicación o de mezcla, según corresponda.

El tipo de Cemento Asfáltico Modificado a ser usado en el Proyecto, de conformidad con las Normas AASHTO M 320 y AASHTO M 332, se deberán seleccionar según las condiciones climáticas del proyecto y la magnitud de la carga del diseño del pavimento en término del total de ejes equivalentes de 18,000 libras, para el período del diseño establecido.

Para otras aplicaciones cuando no se requiera el uso de cementos asfálticos clasificados por desempeño (PG), se podrán usar como referencia, los resultados de los ensayos y la clasificación efectuada conforme lo indicado en la Especificación 411.02, como se indica a continuación.

(a) Usos del Tipo I.

- **Tipo I-A.** Utilizado en mezclas de concreto asfáltico para ser utilizado en climas fríos, en tratamientos superficiales aplicados en caliente y para el sellado de grietas.
- **Tipo I-B.** De uso general, aplicable a concretos asfálticos de graduación abierta o densa y para aplicaciones de sellado en caliente para ser utilizadas en climas de moderados a cálidos.
- **Tipo I-C.** De uso general, aplicable a concretos asfálticos de graduación abierta o densa y para aplicaciones de sellado en caliente para ser utilizadas en climas más cálidos que los del inciso anterior.
- **Tipo I-D.** Para uso en climas calurosos en los cuales el concreto asfáltico estará sometido al paso de altos volúmenes de tráfico, con un alto porcentaje de camiones.

(b) Usos del Tipo II.

- **Tipo II-A.** Utilizado en mezclas de concreto asfáltico para ser utilizado en climas fríos, en tratamientos superficiales aplicados en caliente y para el sellado de grietas.

- **Tipo II-B y Tipo II-C.** De uso general, aplicable a concretos asfálticos de graduación abierta o densa y para aplicaciones de sellado en caliente para ser utilizadas en climas cálidos.

(c) Usos del Tipo III.

Los Asfaltos Modificados Tipo III pueden ser adecuados para climas cálidos y se seleccionan requiriendo un punto de ablandamiento (AASHTO T 53), por lo menos 22° C mayor que la temperatura ambiente diaria máxima durante el mes más caluroso de operación en el proyecto.

La temperatura para efectuar los ensayos de penetración conforme se indica en la tabla de los Asfaltos Modificados Tipo III se podrá modificar sustituyéndola por la temperatura ambiente mínima normal durante el mes más frío en el proyecto.

411.04 Normas de aplicación.

El uso de Cementos Asfálticos Modificados con Polímeros exceptuando lo aplicable específicamente conforme esta Sección, se regirá por lo establecido en las demás secciones de la División 400, según corresponda.

411.05 Medida y pago.

La medida y pago se debe hacer conforme se establece en las subsecciones de medida y pago correspondientes al Renglón de material bituminoso contratado según el uso o aplicación que corresponda, dentro de las tolerancias establecidas y conforme estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

El costo de los compuestos modificadores del asfalto debe estar incluido dentro del costo del material bituminoso del grado contratado, ya que no se reconocerá ningún pago adicional por estos modificadores. Todos los gastos para suministrar e incorporar los compuestos modificadores del asfalto, deben estar incluidos en los costos unitarios establecidos en el contrato, de conformidad con el uso previsto y definido de acuerdo con la sección correspondiente de estas especificaciones.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Recuperación de fluencia utilizando esfuerzos múltiples	AASHTO T 350	Cemento asfáltico modificado con polímero tipo I	ASTM D 5976
Solubilidad de materiales bituminosos	AASHTO T 44	Cemento asfáltico modificado con polímero tipo II	ASTM D 5840
Flash point de ligante de asfalto por la copa abierta de Cleveland	AASHTO T 48	Cemento asfáltico modificado con polímero tipo III	ASTM D 5841
Penetración de material bituminoso	AASHTO T 49		
Ductilidad de materiales asfálticos	AASHTO T 51		
Punto de ablandamiento de bitumen	AASHTO T 53		
Ensamo horno de película delgada	AASHTO T 179		
Viscosidad cinemática	AASHTO T 201		
Viscosidad de asfalto por viscosímetro capilar al vacío	AASHTO T 202		
Graduación por desempeño del cemento asfáltico	AASHTO M 320		
Diseño volumétrico de SUPERPAVE	AASHTO M 323		
Clasificación por desempeño usando ensayo de recuperación de deformaciones usando esfuerzos múltiples	AASHTO M 332		
Solubilidad del asfalto en tricloroetileno	ASTM D 2042		

DIVISIÓN 500
PAVIMENTOS RÍGIDOS

SECCIÓN 501
PAVIMENTO DE CONCRETO DE
CEMENTO HIDRÁULICO

- 501.01 Definición.
- 501.02 Descripción.
- 501.03 Requisitos para los materiales.
- 501.04 Equipo de pavimentación.
- 501.05 Determinación del procedimiento de construcción.
- 501.06 Producción de los agregados.
- 501.07 Producción y suministro del concreto.
- 501.08 Instalación del geotextil especial
- 501.09 Colocación y compactación del concreto.
- 501.10 Acabado, texturizado y ranurado del concreto.
- 501.11 Colocación del acero de refuerzo en pavimentos continuamente reforzados.
- 501.12 Construcción de juntas.
- 501.13 Curado.
- 501.14 Remoción de las formaletas.
- 501.15 Relleno y sellado de las juntas.
- 501.16 Mantenimiento y control de tránsito.
- 501.17 Control de calidad, tolerancias y aceptación.
- 501.18 Correcciones.
- 501.19 Medida.
- 501.20 Pago.

501.01 Definición. Pavimento de concreto. Es un pavimento rígido, de concreto de cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito.

Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en: 1) Pavimentos de Concreto Simple los que pueden ser de dos tipos: a) Pavimento de Concreto Simple con juntas sin barras de transferencia (dovelas) y b) Pavimento de Concreto Simple con juntas con barras de transferencia y barras de sujeción. Ambos tipos con una longitud acorde al espesor de las losas y con una relación de largo a ancho menor de 1.25 y con una longitud no mayor de 5.00 metros. 2) Pavimentos de Concreto Continuamente Reforzados con barras de acero de refuerzo. El espesor de las losas, su ancho y longitud, así como el uso de barras de sujeción y dovelas en las juntas transversales deberán de estar definidos en los planos.

En los pavimentos de concreto simple se adicionarán barras de transferencia (dovelas) en las juntas de construcción y se podrán adicionar barras de sujeción en las juntas longitudinales de conformidad con el diseño.

501.02 Descripción. Este trabajo consiste en la construcción de un pavimento de losas de concreto sobre una Subbase o Base preparada o carpeta asfáltica, aceptadas previamente. En el caso de sobrecapas de concreto colocadas sobre superficies de fresado o superficies de adecuación de pavimentos asfálticos existentes se podrá incluir un geotextil especial de pavimentación cuando así se indique en los planos o Disposiciones Especiales. El ancho de estas sobrecapas de concreto se reducirá a la mitad del ancho de los carriles de rodadura del pavimento original, pero manteniendo la relación de largo ancho menor de 1.25.

Este trabajo incluye la fabricación y suministro del concreto estructural, conforme se indica en la Sección 551, la colocación de las barras de transferencia y barras de sujeción en los pavimentos de concreto simple de conformidad con lo indicado en los planos, así como la colocación de las barras de refuerzo en los pavimentos de concreto continuamente reforzado. En este trabajo también se incluye el manejo, colocación, compactación, acabado, texturizado, curado y protección del concreto de acuerdo con la Sección 553 y lo indicado en esta Sección, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical, espesores y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

En los planos de Sección Típica de Pavimentación, se deberá indicar el año base utilizado para el diseño del pavimento, el período de diseño, el total de ejes equivalentes de 80 kN (ESAL) y el Módulo de Reacción de la subrasante utilizado para el carril de diseño durante el período correspondiente o el módulo del pavimento asfáltico cuando se trate de sobrecapas. En los planos, se deberá indicar la clase del concreto y su resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, así mismo se deberá de indicar el ancho de las losas, la separación entre juntas transversales, la relación longitud/ancho, el espesor de la capa de concreto hidráulico, los tipos de juntas, el diámetro, longitud, espaciamiento, tipos de barras, clase del acero y la colocación de las barras de sujeción y de las dovelas o en pavimentos continuamente reforzados, se deberán de indicar los detalles del refuerzo.

MATERIALES

501.03 Requisitos para los materiales. Los materiales para pavimentos de concreto de cemento hidráulico, a menos que lo indiquen de otra forma las

Diposiciones Especiales, deben llenar los requisitos siguientes:

(a) **Cementos hidráulicos.** Estos cementos deben de cumplir con lo indicado en la Norma NTG 41095 (ASTM C 1157) y los requisitos de la Especificación 551.04 (a) con una clase de resistencia de 28MPa (4,000 psi) o mayor.

(b) **Agregado fino.** Debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, que llene los requisitos de la Especificación 551.04 (b), con las limitaciones sobre cantidad de finos allí estipuladas, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial.

El agregado fino debe ser almacenado separadamente del agregado grueso, en pilas independientes para las diversas procedencias, debiéndose controlar sus características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio, para hacer los ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.

(c) **Agregado grueso.** Debe consistir en grava o piedra trituradas, procesadas adecuadamente para que, en combinación con el agregado fino y los rellenos minerales, filler, formen un agregado bien graduado, que contribuya a la trabajabilidad de la mezcla, que fluya fácilmente a ser vibrada y que se consolide adecuadamente para ajustarse a la geometría establecida y recubra adecuadamente las barras de refuerzo. El agregado grueso debe cumplir con los requisitos establecidos en la Especificación 551.04 (c), incluyendo los requisitos de desgaste o abrasión y la limitación de partículas planas y alargadas.

En las zonas del país en donde predominen los agregados calizos, cuando así se indique en las Disposiciones Especiales, se deberá de verificar la reactividad de los agregados de conformidad con la Especificación AASHTO T 203 o ASTM C 289, para establecer en el diseño el tipo de cemento a usar y las proporciones requeridas para

lograr una mezcla de buena calidad, de conformidad con estas especificaciones.

(d) **Agua.** Debe llenar los requisitos establecidos en la Especificación 551.04 (d).

(e) **Aditivos.** El uso de aditivos para concreto debe ajustarse a lo prescrito en la Especificación 551.05.

(f) **Requisitos para la clase y resistencia del concreto.** El concreto de cemento hidráulico para pavimentos, debe llenar los requisitos de 551.11 y adecuarse a las Clases indicadas en la Tabla 551-01 y ser como mínimo clase 28 (4,000) con una resistencia a compresión AASHTO T 22 (ASTM C 39), promedio mínimo de 28.0 MPa (4,000 psi) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78), promedio mínimo de 3.8 MPa (550 psi), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días. En los planos se debe indicar la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión requerida de conformidad con el diseño del pavimento, cuando en los planos o en las Disposiciones Especiales no se indique la clase, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del concreto, deben usarse los valores que se indican a continuación.

Para pavimentos de carreteras principales y vías urbanas principales con un tránsito promedio diario anual mayor de 5,000 y con un tránsito pesado promedio diario arriba del 20%, debe usarse un concreto de clase 31.5 (4,500) o mayor, para cumplir con una resistencia a la flexión AASHTO T97 (ASTM C78) promedio mínimo de 4.5 MPa (650 psi) o mayor, que llene todos los requisitos de la Tabla 501-1.

Tabla 501-1
Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos

Relación agua cemento máxima	Temperatura del concreto	Asentamiento AASHTO T 119	Contenido de aire	Tamaños agregados AASHTO M 43
0.49	20 \pm 10 ° C	(1)	2 - 4%	551.04 (b) y (c)

(1) El asentamiento medido según AASHTO T119 según el proceso constructivo utilizado, deberá estar dentro de los límites que se indican a continuación:

- Colocación con pavimentadora de formaleta deslizante 50 \pm 20mm.
- Colocación con formaleta fija y regla o rodillo vibratorio 100 \pm 25mm.
- Colocación con niveladoras guiadas por láser 125 \pm 25mm.

El concreto para pavimentos deberá cumplir con las siguientes características:

- El diseño de la mezcla se puede realizar siguiendo ACI 211 o PCA EB 201.
- Factor grosor entre 50 y 65.
- Factor de trabajabilidad entre 34 y 38.
- Fracción de mortero:
 - * Pavimentadora deslizante entre 48 y 50.
 - * Formaleta fija entre 51 y 53.
 - * Niveladoras guiadas por láser entre 55 y 57.

Puede utilizarse concreto premezclado de fabricante comercial autorizado que llene los requisitos antes indicados y los estipulados en las Especificaciones 551.14 y 551.15.

(g) Requisitos para el acero de refuerzo.

(1) Requisitos para el refuerzo en las losas.

Cuando las Disposiciones Especiales o los planos lo requieran expresamente se

usarán losas reforzadas. El refuerzo debe consistir en emparrillado o mallas de barras corrugadas de acero de refuerzo, AASHTO M 54 (ASTM A184).

En todo caso el acero de refuerzo debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 552 de estas Especificaciones Generales.

- (2) **Barras de sujeción en las juntas longitudinales.** Éstas deben de consistir en barras corrugadas de acero de lingote de conformidad con la Especificación AASHTO M 284, grados 300 (40), 400 (60) o 500 (75), conforme a la Especificación 552.03 (a). Las barras de acero grados 400 (60) y 500 (75), no deben usarse como barras de sujeción cuando tengan que ser dobladas o reenderezadas durante la construcción. Estas barras deberán de ser colocadas a la mitad del espesor de la losa, en forma perpendicular a las juntas longitudinales, paralelas a la superficie a pavimentar y no se deberán de colocar a menos de 38 cm de las juntas transversales.

El grado del acero, el tipo del recubrimiento, diámetro, longitud y espaciamiento, deberán de estar especificados en los planos o en las Disposiciones Especiales. Cuando estas características no estén especificadas, las barras de sujeción deberán de ser No. 4 (12.7 mm) grado 280 (40) de 760 mm de longitud con recubrimiento epóxico de conformidad con la Especificación AASHTO M 284 M/M y el espaciamiento de las barras de sujeción se determinará en función de la distancia de la junta longitudinal al borde libre más próximo como se indica en la siguiente tabla, para coeficientes de fricción de 1.5 o mayores:

Tabla 501-2
Espaciamiento máximo en mm barras de sujeción No. 4

Espesor losa (mm)	Distancia al borde libre en metros		
	1.60 m	3.60 m	4.20 m
250 o menos	1200 mm	850 mm	760 mm
300	1200 mm	700 mm	600 mm
350	1200 mm	600 mm	550 mm

(3) Barras pasadores o dovelas. Las dovelas deben ser redondas y lisas, cumpliendo con los requisitos establecidos en la Especificación AASHTO M 254 para barras lisas con recubrimiento de protección contra la corrosión Tipo A de baja adherencia al concreto y deben estar libres de rebabas o deformaciones. Cuando el recubrimiento de las barras lisas no sea de baja adherencia correspondiente al Tipo B se deberá usar en toda la longitud de la barra, un material lubricante para evitar la adherencia al concreto.

Para losas de 200 mm hasta 350 mm o más de espesor, se usarán dovelas con una longitud de 450 mm y con un espaciamiento de 300 mm. Para losas con un espesor menor de 200 mm se usarán dovelas con un diámetro de 1 plg (25 mm), para losas de 200 a 250 mm de espesor se usarán dovelas con un diámetro de 1 ¼ plg (32 mm), para losas con un espesor entre 250 mm y 300 mm se usarán dovelas con un diámetro de 1 ½ plg (38 mm). El diámetro de las dovelas para espesores de losas mayores de 300 mm deberá ser establecido en los planos o en las Disposiciones Especiales.

Las dovelas se colocarán al centro del espesor de la losa, paralelas al eje de la carretera y paralelas al alineamiento vertical de la misma.

Los elementos y procedimientos de colocación de las barras de sujeción y de las dovelas consistentes en cargadores o soportes, así como los procedimientos de inserción, cuando así sea el caso, deberán de ser previamente aprobados por el Delegado Residente.

(h) Materiales para juntas. Deben llenar los requisitos establecidos en los planos o en las Disposiciones Especiales, los cuales deben ser aprobados por el Delegado Residente de acuerdo con lo establecido en la Especificación 551.06 (b) (3), (b) (5) o (c) (1).

Según lo indiquen los planos y Disposiciones Especiales, cuando se requiere relleno premoldeado en fajas o tiras, cada faja o tira debe suministrarse en una sola pieza suficiente para llenar la profundidad y ancho requerido por la junta. Cuando las Disposiciones Especiales autorizan más de una pieza para cada junta, los extremos deben ser rápidamente asegurados estirándolos hasta unirlos, engrapándolos adecuadamente.

(i) Materiales para curado. Los materiales para curado deben ajustarse a lo estipulado en la Especificación 551.08 (f).

(j) Geotextil especial. Se usará como separador entre las losas del pavimento de concreto y las capas de base estabilizada o una superficie de pavimento asfáltico existente, cuando así se indique en los planos o se establezca en las Disposiciones Especiales. El geotextil especial de separación consistirá en un material geosintético, no tejido con funciones específicas de separación entre la losa del pavimento y las capas de soporte, así como medio de drenaje longitudinal y transversal del agua infiltrada y también como medio para uniformizar la superficie de soporte de la losa. El uso de este geotextil especial deberá de estar respaldado

por una certificación del fabricante emitido de acuerdo a lo establecido en el numeral 5.1 de la Especificación AASHTO M 288 correspondiente a geosintéticos para ser usados en aplicaciones para trabajos de pavimentación y con indicación de la Institución que acredita los ensayos de laboratorio que se realizan para asegurar la calidad del producto.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

501.04 Equipo de pavimentación. El Contratista debe suministrar el equipo adecuado al procedimiento de construcción previsto y deberá presentar al Delegado Residente con anticipación el listado del equipo a utilizar, indicando tipo, capacidad de producción y procedimientos de trabajo que se seguirá. El equipo propuesto previo a su aprobación por el Delegado Residente será inspeccionado y mediante una prueba de campo, se demostrará su funcionamiento adecuado.

(a) **Procedimiento de formaleta deslizante.** Debe consistir en pavimentadoras o terminadoras autopropulsadas, capaces de extender, consolidar, enrasar y acabar el concreto fresco colocado frente a ellas, en una sola pasada completa de la máquina, de modo que se requiera un mínimo de acabado manual, para proporcionar un pavimento denso y homogéneo.

El ancho de la capa de base deberá ser suficiente para colocar el ancho de diseño del pavimento de concreto incluyendo los sobreanchos más el espacio requerido para el paso de las bandas de la terminadora y las referencias topográficas que correspondan.

El contratista debe de contar con el equipo y personal calificado para la colocación de las guías para definir el ancho y altura final de pavimento, este personal deberá de revisar periódicamente durante la colocación los anchos y alturas colocados inicialmente.

Las pavimentadoras deben estar equipadas con:

- (1) Controles electrónicos para la dirección y la rasante a ambos lados de la máquina.
 - (2) Un tornillo sinfín en la parte inferior frontal, para distribuir el concreto a todo lo ancho de la franja a fundir o colocar.
 - (3) Vibradores o apisonadores internos de alta frecuencia de tipo cabeza vibratoria, para consolidar o compactar el concreto en todo el ancho y espesor de la losa que se está colocando, con controles adecuados para parar la vibración o apisonado al interrumpirse el movimiento de avance de la máquina. El Contratista debe disponer de un instrumento para medir la frecuencia de vibración en seco de los vibradores, para proceder al ajuste de los mismos.
 - (4) Barra o rodillo enrasador para controlar el espesor de la losa.
 - (5) Placa niveladora y formaletas deslizantes a ambos lados, para dar la sección final terminada.
 - (6) Alisadora o allanadora mecánica de movimiento oscilatorio en dirección longitudinal y desplazamiento en sentido transversal, para dar el acabado final.
 - (7) Dispositivo para colocar mecánicamente las barras de sujeción en las juntas longitudinales y barras de transferencia o dovelas en las juntas transversales, cuando así esté indicado en los planos o en las Disposiciones Especiales.
- (b) **Procedimiento de formaleta fija.**
- (1) **Formaletas fijas.** Las formaletas deben ser fabricadas con planchas de acero de un espesor mínimo de 6 mm y de no menos de 3 m de longitud, de una sola pieza y con una altura igual al espesor de la losa. El ancho de la base de la formaleta no debe ser menor al 80% de la altura y no menor de 20 centímetros. El diseño de las formaletas

debe ser aprobado por el Delegado Residente. Para alineamientos en curva con radios de curvatura menores de 60 metros, se deben emplear formaletas flexibles o curvas. Deben ajustarse a lo establecido en la Especificación 556.11.

Cada sección de formaleta debe ser de altura constante e igual al espesor de la losa. El sistema de fijación de las formaletas a la base debe incluir pernos o dispositivos de anclaje que permitan resistir las operaciones de construcción sin causar ningún desplazamiento de la formaleta. Los dispositivos de fijación de las secciones de formaletas en sentido longitudinal deben asegurar una unión firme y hermética. El borde superior de las formaletas no debe variar respecto al perfil teórico en más de 3 mm por cada 3 metros de longitud. Asimismo, la cara de las formaletas no debe variar respecto al plano vertical en más de 3 mm por cada 3 metros.

Cuando se usen compuestos desencofrantes, éstos deberán consistir en un aceite mineral u otro compuesto aprobado, que no manche el concreto y cuyo efecto no impida la adherencia futura con el concreto de los carriles adyacentes. El compuesto desencofrante se aplicará sobre superficies totalmente limpias, cada vez que se utilicen las formaletas.

(2) Equipo para esparcir, compactar y dar el acabado final del concreto. Se preferirá el empleo de equipo móvil adecuado para esparcir, compactar y dar el acabado final del concreto con un mínimo de trabajo manual posterior, en todo el ancho del pavimento. No se permitirá el uso de máquinas que causen desplazamiento de las formaletas. Se podrán utilizar equipos como los indicados en las Especificaciones 553.04 (c) y (d) y 553.17 (f) (2). La capacidad de las máquinas de esparcimiento del concreto debe ser la

adecuada para ejecutar el trabajo requerido a una razón igual al de llegada del concreto.

- (c) Equipos de producción y suministro del concreto.** Los equipos para producción y suministro de concreto indicados en la Especificación 551.14 deben ser de la capacidad suficiente para suministrar adecuadamente y en forma continua, las cantidades de concreto requeridas en la obra, para el rendimiento previsto de los equipos de pavimentación. Estos equipos deben de estar calibrados y con funcionamiento mecánico en buen estado. No se permitirá equipo o maquinaria con deficiencias mecánicas o adaptaciones que interfieran en la calibración.
- (d) Vibradores.** Pueden usarse como complemento a los equipos anteriormente mencionados, vibradores de inmersión manuales o vibradores de placa.
- (e) Equipo para texturizado y ranurado.** Se deben emplear equipos fabricados industrialmente para su uso específico para este tipo de trabajo. Este equipo debe ser capaz de producir el tipo de ranurado o la textura superficial indicada en los planos o en las Disposiciones Especiales. No se permitirá el uso de equipos que arriesguen el acabado final.
- (f) Aserrado de juntas.** Deben emplearse sierras para concreto con la potencia suficiente para cortar el espesor total de la losa. Las sierras deben estar equipadas con guías y dispositivos que aseguren la alineación y profundidad de corte requeridos.
- 501.05 Determinación del procedimiento de construcción.** Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de las losas del pavimento de concreto, el Contratista debe someter a la aprobación del Delegado Residente, el detalle de todos los materiales a utilizar para proceder a verificar el cumplimiento de lo establecido en la Especificación 501.03, incluyendo los resultados de los ensayos de laboratorio, el diseño de la mezcla del concreto para cumplir con las resistencias a la compresión

y a la flexión indicadas en los planos, así como lo establecido en la Especificación 501.03 (f).

Cuando cambien las características de los materiales o las fuentes de suministro, el Contratista cumpliendo todos los requisitos establecidos en estas especificaciones, deberá presentar un nuevo diseño de la mezcla y la nueva fórmula de dosificación para la aprobación del Delegado Residente.

El Contratista también deberá someter a la aprobación del Delegado Residente, los procedimientos de construcción y control de calidad, así como la maquinaria, equipo y materiales que utilizará en las operaciones necesarias y si en forma parcial o total usará concreto premezclado de fabricante comercial autorizado, de acuerdo con las características de los materiales y las Disposiciones Especiales.

El procedimiento debe determinar: la localización de las plantas de producción de agregados y de mezcla de concreto; la producción, preparación, almacenamiento y suministro de los agregados grueso y fino; la forma de almacenamiento y suministro del cemento hidráulico, el aprovisionamiento de agua; las características de la planta de dosificación y producción de concreto, el uso de aditivos, el tipo de formaletas, los materiales para curado y para juntas, el sistema de colocación y afinado. Así mismo, el Contratista deberá proponer los horarios de producción y colocación de la mezcla en los diferentes frentes de trabajo.

Esta información debe presentarla el Contratista antes de iniciar la producción de mezcla de concreto, con 30 días de anticipación como mínimo, para que el Delegado Residente pueda hacer las verificaciones y rectificaciones que estime convenientes.

La aprobación del procedimiento de construcción a utilizar no exime al Contratista de su responsabilidad de construir un pavimento de concreto en forma tal, que se ajuste a estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes.

501.06 Producción de los agregados. Previamente a la explotación y producción de los agregados, debe efectuarse la limpia, chapeo y destronque correspondiente en los bancos, eliminar la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla y sustancias que puedan contaminar los agregados, no se deberán explotar formaciones rocosas que muestren propensión a la laminación al ser trituradas.

La trituración, debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso. La graduación de los agregados debe lograrse en la planta de producción, debiendo ésta estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas para lograr la granulometría especificada.

El Contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio, sobre la calidad y características del material producido y efectuar las correcciones necesarias para obtener los agregados de conformidad con estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

Los agregados producidos pueden apilarse y almacenarse en el área de la planta de producción o ser transportados para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, debiendo en todo caso ajustarse a lo establecido en la Sección 313.

501.07 Producción y suministro del concreto. Antes de iniciar la elaboración del concreto, se debe de verificar que la Planta de Producción del Concreto cumple con los requisitos establecidos en la Sección 551 o lo establecido en la Especificación AASHTO M 157, si así corresponde o lo estipulado en las Disposiciones Especiales. Se deberá verificar que la calidad y uniformidad del concreto cumple con lo indicado en el Anexo A.1 de la Norma NTG-41068 para los Requisitos de Uniformidad del Concreto.

Las operaciones correspondientes para la producción y suministro del concreto de cemento hidráulico deben llenar los requisitos establecidos en la Especificación 551.11 y 553.07 (b), así como en lo aplicable para pavimentos de concreto en lo establecido en la Especificación 551.14 y los procedimientos de evaluación y aceptación indicados en la Especificación 551.12.

501.08 Instalación del geotextil especial.

Cuando se use Geotextil Especial indicado en la Especificación 501.03 (j), en el procedimiento de instalación, se deberán de cumplir las siguientes indicaciones:

- (a) Colocar el material sobre la superficie de soporte lo más inmediatamente y cercano posible al área de la fundición de la losa del pavimento, para reducir la probabilidad que sea ensuciado y dañado.
- (b) Antes de colocar el geotextil separador, se deberá reparar la superficie de la base o pavimento asfáltico existente, para corregir cualquier agrietamiento o depresión significativa. La superficie debe ser barrida y lavada cuidadosamente.
- (c) Se debe desenrollar el geotextil sobre la base o pavimento existente, manteniendo el lienzo siempre tenso, sin arrugas, ni dobleces.
- (d) Las secciones del lienzo se deben desenrollar en la secuencia adecuada que facilite el traslape y prevenir la formación de arrugas al paso de los camiones de volteo y la pavimentadora.
- (e) Las secciones de geotextil se deben de traslapar un mínimo de 15 cm y un máximo de 25 cm. Debe evitarse el traslape de 3 capas de geotextil y este no debe dejarse doblado.
- (f) Asegurar que el borde del geotextil para favorecer el drenaje se extienda al menos 10 cm sobre las áreas de descarga del drenaje.
- (g) El geotextil se debe asegurar a la base o capa de soporte, con clavos o pines introducidos con herramienta de fijación directa (pistola de impacto) a través de discos galvanizados específicos para este trabajo con un diámetro de 5 a 7 cm, separados 1.80 m o menos, dependiendo de las condiciones particulares del área de colocación de este material.
- (h) El geotextil al estar instalado, previo a la colocación del concreto, se debe humedecer ligeramente.

(i) Se debe evitar el tránsito innecesario de camiones sobre el geotextil ya instalado y se debe exigir que los camiones lo hagan de forma controlada, despacio y sin variaciones bruscas de velocidad.

(j) Antes de la colocación del concreto, el geotextil debe ser revisado por el Delegado Residente quien debe verificar que éste se encuentre limpio, sin arrugas ni traslapes innecesarios, ni dobleces, debiendo estar correctamente instalado.

501.09 Colocación y compactación del concreto.

(a) **Acondicionamiento de la superficie.** Las losas de concreto deben ser construidas sobre una Subbase o Base preparada o carpeta asfáltica, según se indique en los planos o en las Disposiciones Especiales y de conformidad con estas Especificaciones Generales.

Cuando en el área de construcción de la losa de concreto, antes o después de colocar la formaleta, se producen baches o depresiones causadas por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, éstas deben corregirse antes de colocar el concreto, llenándolas con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada, mortero o agregados para concreto. Previo a la colocación del material para corregir los defectos de la base, se debe escarificar el área en donde se hará el ajuste de material, para que éste quede consolidado e integrado con el resto del material de la base, seguidamente se debe proceder a conformar y compactar el material, con compactadora mecánica de operación manual efectuándose el control de compactación conforme la Sección de Subbase o Base que corresponda.

(b) **Acondicionamiento de la superficie para recapeo o sobrecapas (White Topping).** Para recapeo usando concreto de cemento hidráulico sobre pavimento asfáltico existente, antes de colocar el concreto se debe acondicionar la superficie de la carpeta de asfalto deteriorada, eliminar las irregularidades de la superficie mediante el fresado de estas áreas y se efectuarán las reparaciones de los baches existentes,

utilizando concreto asfáltico en caliente que cumpla con lo establecido en la Sección 401.

Posterior a la realización del fresado y los trabajos de bacheo, se deberán eliminar cualquier tipo de desechos o elementos contaminantes de la superficie sobre la que se colocará la sobrecapa de concreto.

El fresado deberá pagarse con cargo a la Sección 311 y el bacheo con cargo a la Sección 401, según haya sido ordenado por el Delegado Residente.

- (c) Colocación del concreto utilizando formaleta deslizante.** Todo el concreto para pavimentos debe ser colocado y terminado por pavimentadoras de concreto deslizante, salvo donde es impráctico o no es posible el empleo de este equipo, en cuyo caso se empleará el procedimiento de formaleta fija.

El concreto proveniente de la planta mezcladora se descarga directamente frente a la pavimentadora, sobre superficie previamente humedecida de donde se esparce a lo ancho del equipo o franja de pavimento con el gusano o tornillo sínfin de la propia pavimentadora.

El Contratista debe hacer los arreglos necesarios con tiempo suficiente para evitar retrasos en la entrega y en la colocación del concreto. Un intervalo de más de 45 minutos entre la colocación de cualquiera 2 bacheadas o vertidas constituirá causa suficiente para detener las operaciones de pavimentación y el Contratista, a sus expensas, tendrá que construir una junta de construcción en la ubicación y del tipo que el Delegado Residente indique.

La pavimentadora debe ser capaz de realizar el enrasado y compactación del concreto, sin causar segregación, produciendo una sección compacta y homogénea con un acabado final solo pendiente del afinamiento manual de pequeñas irregularidades, el que se hace con llanas metálicas de tamaño suficiente para alcanzar la parte media de la sección del pavimento. La

superficie final del pavimento debe cumplir con las tolerancias indicadas en la Especificación 501.09 (a).

Las pavimentadoras deben operarse lo más continuamente posible coordinando todas las operaciones de mezclado, colocación y espaciado, compactación y acabado del concreto de tal forma que se logre un avance uniforme con un mínimo de paradas y arranques.

Cuando sea necesario detener el movimiento de la pavimentadora, también deben detenerse automáticamente los elementos de vibración y apisonado. No se debe aplicar ninguna otra fuerza de tracción a la pavimentadora, más que aquella que pueda controlarse desde la propia máquina.

Las dovelas y las barras de sujeción para juntas longitudinales y transversales deben colocarse con el equipo de inserción de la pavimentadora, salvo que se coloquen manualmente sobre dispositivos de soporte (canastas) firmemente anclados a la base en los lugares donde se requieran juntas, tal como se indica en la Especificación 501.12 (c).

Cuando deba colocarse concreto en una zona adyacente a la del pavimento construida con anterioridad y deba operarse equipo mecánico sobre la vía de pavimento existente, ésta debe haber alcanzado una resistencia en flexión de 3.5 MPa (500 psi) o 20 MPa (2900 psi) en compresión, a menos que se especifique lo contrario. Se protegerá la vía, previamente construida, contra el daño causado por el equipo de pavimentación.

- (d) Colocación del concreto utilizando formaleta fija.** Debe usarse para áreas irregulares o en áreas inaccesibles al equipo de pavimentación de formaleta deslizante o en casos de tramos cortos donde no sea práctico el empleo de este último. Las formaletas deben ser colocadas a una distancia no mayor a 50 metros del punto de ingreso de los camiones para no hacer maniobras

de retroceso prolongadas que puedan dañar las mismas de forma accidental, debiendo ser asentadas sobre la superficie, dejando el menor espacio vacío entre la base y la cara inferior de la formaleta de acuerdo con la regularidad de la base, el largo y la rigidez de los elementos utilizados, sin dejar espacios vacíos y de acuerdo con los alineamientos y secciones típicas mostradas en los planos, fijándolas a la base o Subbase con pernos de acero, de modo que soporten sin deformación o movimiento, las operaciones de colocación y vibrado del concreto. El espaciamiento de los pernos no debe ser mayor de 1 metro, debiendo colocarse en el extremo de cada pieza, un perno a cada lado de la junta. Las formaletas no deben desviarse respecto al eje de colocación, en cualquier punto y dirección más de 3 mm por cada 3 metros, y deben limpiarse y colocarle el desencofrante previo a la colocación del concreto.

El concreto debe colocarse de preferencia con máquina esparcidora especial, que prevenga la segregación de los materiales. Si se necesita mover el concreto manualmente, deben utilizarse palas y no rastrillos. Tampoco se debe permitir transportarlo con la acción del vibrador de inmersión.

El concreto debe de ser compactado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de la losa de acuerdo con la Sección Típica, por medio de vibradores de superficie adecuados, como reglas o placas vibratorias o vibradores de rodillos, preferiblemente montados sobre ruedas, para aplicar la vibración directamente sobre todo el ancho de la losa de concreto. Para esto la formaleta debe ser lo suficientemente rígida y resistente para soportar el peso de la regla vibratoria. La regla vibratoria debe tener la capacidad de vibrar pavimentos de hasta 25 cm de espesor, pero también es recomendable utilizar vibradores de inmersión para lograr una consolidación óptima del concreto.

En los vibradores que se utilicen para consolidar el concreto, la razón de la vibración no debe ser menor de 3,500 ciclos por minuto para los vibradores de superficie y no menor de 5,000 ciclos por minuto para los vibradores de inmersión. Los vibradores deben introducirse verticalmente, con una duración de la inmersión entre 5 y 15 segundos, dependiendo del diámetro del vibrador y su fuerza centrífuga. La secuencia de vibrado debe hacerse en tresbolillo para que se traslapen sus efectos o radios de acción (entre 20-25 cm). La cabeza del vibrador nunca debe tocar la superficie de la capa de base.

No debe permitirse que los vibradores operen en contacto con las formaletas o con el acero de refuerzo.

Las depresiones observadas, deben llenarse de inmediato con concreto fresco y las partes altas cortadas con la llana para cumplir con las tolerancias de la superficie del pavimento indicadas en la Especificación 501.10 (a).

La colocación del concreto debe llenar, en lo que corresponda, los requisitos establecidos en la Sección 553.07.

501.10 Acabado, texturizado y ranurado del concreto.

- (a) **Acabado final.** El acabado final se debe efectuar siguiendo el procedimiento estipulado en la Especificación 553.17 (f) utilizando el equipo indicado en la Especificación 501.04 (a) y (b), según corresponda. La ejecución del acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, pudiendo dejarse las aristas de las juntas, si la máquina esparcidora es del tipo de formaleta deslizante.

Al terminar el alisado y al haber removido el exceso de agua, y estando el concreto aún en estado plástico, debe comprobarse la exactitud de la superficie de la losa por medio de una regla de rectificación, "check road" o un escantillón de 3 metros de longitud, la cual debe colocarse

en posiciones aleatorias sobre toda el área de la franja o carril, que no esté afectada por cambio de pendientes. Las diferencias observadas por defecto (depresiones) o excesos (áreas altas) no deben ser mayores de 5 mm y toda irregularidad debe ser eliminada ya sea agregando concreto fresco, el que será compactado y terminado como se indica anteriormente o bien cortando los excesos por medio de pasadas con el borde de la llana mecánica o manual.

- (b) **Texturizado y ranurado utilizando pavimentadora de formaleta deslizante.** Inmediatamente detrás de la alisadora o llana mecánica de la pavimentadora, y una vez el concreto está próximo a perder el brillo se procede al texturizado y ranurado.

El texturizado fino o microtexturizado se logra pasando tiras o pedazos de lona o brin en el sentido longitudinal de la vía. Generalmente esta tela se coloca en brazos extensores en la parte trasera de la pavimentadora, o en la parte delantera del carro o marco texturizador o ranurador, motorizado y de dirección automática o manual.

El texturizado grueso, macro texturizado o ranurado se debe hacer por medio de un bastidor provisto de un peine o rastrillo de cerdas metálicas planas ligeramente flexibles espaciadas a no menos de 12 mm ni más de 20 mm. El ancho de las cerdas debe ser del orden de 2 mm a 3 mm y se deben aplicar cuando el concreto está aún plástico de manera que las ranuras formadas tengan un ancho entre 2 mm y 3.5 mm, una profundidad mínima de 3 mm y no mayor de 6 mm y un espaciamiento de las ranuras entre 10 mm y 20 mm.

Las aplicaciones deben ser continuas a lo ancho de la franja o carril del pavimento, produciendo un ranurado transversal homogéneo, procurando que las pasadas del peine sean lo más cercanas posibles sin que lleguen a producir traslapos.

Inmediatamente a continuación se aplica el curado como se indica en la Especificación 501.13.

- (c) **Texturizado y ranurado utilizando formaletas fijas.** Debe hacerse preferentemente con un carro o marco texturizador o ranurador como los indicados para la pavimentadora deslizante. En zonas pequeñas e irregulares donde esto no sea factible tanto el texturizado fino longitudinal como el texturizado grueso o ranurado transversal pueden hacerse manualmente con ayuda de rastrillos o escobas adecuados, siguiendo las recomendaciones señaladas en la Especificación 501.10 (b).

501.11 Colocación del acero de refuerzo en pavimentos continuamente reforzados. La colocación del acero en los pavimentos continuamente reforzados debe efectuarse de conformidad con lo estipulado en los planos y Disposiciones Especiales, debiendo llenar los requisitos establecidos en la Especificación 552.03 (a) y los indicados a continuación:

- Cuando se especifique la colocación en una sola capa de concreto, el refuerzo de acero se debe colocar firmemente con anterioridad a la colocación del concreto
- El acero de refuerzo debe estar libre de suciedad, aceite, grasa, costras y escamas de óxido que puedan afectar su adherencia con el concreto.

501.12 Construcción de juntas. Deben construirse juntas del tipo, dimensiones y localizaciones que se indican en los planos y Disposiciones Especiales.

Todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y deben protegerse contra la penetración en las mismas, de materiales extraños perjudiciales, hasta el momento en que sean selladas, debiendo realizar una limpieza de todo material ajeno a la junta previo a la colocación del cordón de respaldo y sello correspondientes.

Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas

para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento, y cuando así se especifique, deben proveer además una adecuada transferencia de carga a las losas contiguas.

Los tipos de juntas, su posición y detalles de construcción, incluyendo los rellenos, sellos y retenedores, deben ser los indicados en los planos, debiendo corresponder a lo estipulado en el procedimiento de construcción en la Especificación 501.05, aprobado por el Delegado Residente, de conformidad con estas Especificaciones Generales y las Disposiciones Especiales.

(a) **Tipos de juntas.** Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto son las siguientes:

- (1) **Juntas transversales de contracción.** Estas juntas se construyen transversalmente a la línea central y espaciadas, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto o encogimiento y cambios de humedad o temperatura. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento.
- (2) **Juntas transversales de construcción.** Las juntas transversales de construcción son juntas planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de pavimentación, al final del día, o cuando surge cualquier interrupción de la colocación (por ejemplo, en los accesos a puentes o cuando hay falta de suministro de concreto). Estas juntas deben colocarse en la localización de una junta planificada previamente.

En las juntas de construcción se deberán instalar dovelas para proporcionar

transferencia de carga. Las dovelas deberán cumplir con lo establecido en la Especificación 501.12 (c) (2). Estas juntas deberán estar orientadas perpendicularmente a la línea central.

(3) **Juntas de expansión o aislamiento.** Se colocan en localizaciones que permitan el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes (puentes, drenajes, etc.) o el pavimento en sí, en áreas de cambios de dirección del mismo.

Las juntas de expansión o aislamiento deben tener de 19 mm a 25 mm ($\frac{3}{4}$ " a 1") de ancho. En las juntas de expansión, un material premoldeado para relleno de junta debe ocupar el vacío entre la Subbase o subrasante y el sellador de la junta. El relleno debe quedar como 25.4 mm (1") más abajo del nivel de la superficie y debe extenderse en la profundidad y ancho total de la losa.

En las juntas de expansión, el espesor de la losa debe aumentarse en un 20 % a lo largo de la junta de expansión. La transición de espesor es gradual, en una longitud de 6 a 10 veces el espesor del pavimento.

(4) **Juntas longitudinales de contracción.** Dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento, donde se colocan dos o más anchos de carriles al mismo tiempo.

(5) **Juntas longitudinales de construcción.** Estas juntas unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando éstos fueron pavimentados en diferentes fechas.

(b) **Formación de las juntas:**

(1) **Juntas formadas por inserción de tiras o fajas premoldeadas.** Se hacen insertando en el concreto fresco, tiras o fajas de material premoldeado no metálico de diseño previamente aprobado, con equipo mecánico, para garantizar la verticalidad y alineación. El borde superior de la tira debe

quedar de 2 mm a 4 mm de la superficie del concreto. Debe cuidarse que el equipo de aplanado o alisado mecánico final de los equipos de pavimentación de formaleta deslizante no altere la posición de las tiras.

(2) Juntas conformadas con formaleta.

Normalmente se fabrican en esta forma las juntas transversales de construcción y las juntas de expansión o aislamiento, por cambios de dirección. Cuando se especifique la colocación de dovelas, debe dejarse la formaleta perforada en los puntos donde deben instalarse las mismas. No deben hacerse juntas de construcción a menos de 3 metros de cualquier otra junta paralela. Si no se tiene disponible concreto para formar una losa de por lo menos 3 metros de largo al ocurrir una interrupción, debe removese y retirarse el concreto recién colocado hasta la junta precedente inmediata.

Para juntas de expansión o aislamiento contra estructuras fijas como bordillos o muros que no requieren formaleta, ésta se reemplaza por tiras de material compresible de por lo menos 15 mm de espesor y de una profundidad superior a la losa, adosados a la estructura, los que se engrasan antes de fundir o colar el concreto para facilitar su posterior remoción.

Para juntas longitudinales de construcción de franjas o carriles colados o fundidos separadamente, normalmente se utilizan formaletas deslizantes o fijas. Estas juntas van provistas de barras de sujeción para unir firmemente las franjas o carriles contiguos. Ver la Especificación 501.12 (c) (1).

(3) Juntas aserradas en el concreto endurecido.

Este es el método que debe ser utilizado para producir ranuras en la superficie del pavimento, usando un disco de corte diamantado para concreto, aprobado por el Delegado Residente. El ancho, profundidad, separación y alineamiento de las ranuras,

tanto longitudinales como transversales, será la que se especifique en los planos. Cuando estas dimensiones no estén indicadas en los planos, las ranuras se efectuarán usando un disco de corte de 3 mm de ancho, profundizando en corte 1/3 del espesor de la losa.

La junta ya cortada y la superficie adyacente del concreto deben limpiarse adecuadamente. El corte con el disco de corte para concreto debe hacerse cuando el concreto haya endurecido lo suficiente para posibilitar dicho corte sin causar roturas o desportillamientos en los bordes y antes de que se produzcan grietas de contracción no controladas, pero en ningún caso deben transcurrir más de 24 horas después de la colocación del concreto. Se recomienda iniciar los cortes a partir del momento en que los equipos de corte no produzcan huellas en la superficie del concreto y ejecutar los mismos en forma continua, conforme se requieran, tanto de día como de noche y sin tener en cuenta condiciones climatológicas.

Cuando las juntas deban ser selladas, normalmente se hace posteriormente un ensanche de la ranura para formar la caja de sello con las dimensiones indicadas en los planos o en su defecto se realiza un corte con el disco del ancho indicado anteriormente. Una vez hecho el aserrado debe reponerse la membrana de curado sobre y a los lados de la junta recién cortada.

Cuando aparezca alguna grieta de contracción cerca o en el lugar donde se tenga que hacer el corte, éste se debe descontinuar o suspender, reducir el tiempo de corte subsiguiente o agregar un equipo de corte adicional.

- (c) Dispositivos de transferencia de cargas.** Las barras de sujeción, dovelas o pasajuntas, deben colocarse en las posiciones y alineaciones según lo indicado en los planos, así como en las juntas

de construcción indicadas en la Especificación 501.12 (a) (2) o según corresponda a diseños con geometría especial.

(1) **Barras de sujeción.** Se utilizan en las juntas longitudinales para ligar losas de carriles o franjas contiguas. Se deben utilizar barras de acero de refuerzo corrugadas, de acuerdo con la Especificación 501.03 (g) (2) colocadas a la mitad del espesor con el espaciamiento especificado en los planos. Cuando la fundición o colado de los carriles se hace separadamente, las barras de sujeción se dejan empotradas en las losas de los carriles previamente construidos. Estas barras generalmente se doblan perpendicularmente al borde de la losa recién colada y se pueden enderezar para su posición final al proceder a la colocación del carril o franja de losa adyacente. Cuando la fundición o colado de los carriles es conjunta, la colocación de las barras de sujeción se hace previa a la fundición de la losa por dispositivos o canastas fijadas a la Subbase o base del pavimento o por inserción de las mismas por equipo mecánico aprobado previamente, generalmente acoplado a las pavimentadoras de formaleta deslizante. En este caso, la junta longitudinal se forma por aserrado de superficie del concreto inmediatamente después del corte de las juntas transversales de contracción.

(2) **Dovelas o pasajuntas.** Se utilizan en juntas transversales de construcción y cuando así se indica en los planos en las juntas transversales de contracción y de expansión.

Las dovelas o pasajuntas de barras lisas de acero de refuerzo que llenen los requisitos de la Especificación 501.03 (g) (3) se sostienen y ponen en posición sobre la Subbase o base por medio de canastas o marcos fabricados de alambre o barras lisas, en los que las dovelas van soldadas o amarradas a la profundidad y alineación especificadas

debiendo quedar libres antes de la fundición del concreto. Las dovelas también pueden ser colocadas mecánicamente por los dispositivos especiales incorporados en las pavimentadoras de formaleta deslizantes.

Las dovelas con recubrimiento Tipo A indicado en la Especificación AASHTO M 254 tienen un recubrimiento anticorrosivo de baja adherencia al concreto, las dovelas con recubrimiento Tipo B deberán de ser lubricadas con un producto compatible con el recubrimiento anticorrosivo indicado por el fabricante. Previo al uso de los productos lubricantes, se deberá obtener la aprobación del Delegado Residente.

El recubrimiento Tipo A debe tener un espesor de 0.64 ± 0.13 mm (2.5 ± 5 mils). El recubrimiento Tipo B debe tener un espesor de 0.18 ± 0.05 mm (7 ± 2 mils).

La posición y alineación correcta de las dovelas son esenciales para el buen funcionamiento de la junta y evitar restricciones al movimiento de las losas en sus extremos. Las tolerancias de las desviaciones de la posición de las dovelas deben ser las que señalen los planos y las Disposiciones Especiales. En todo caso no deben ser mayores de 6 mm por 300 mm de longitud de dovela o pasajunta, en las direcciones vertical, horizontal y combinada.

501.13 Curado. Inmediatamente después del texturizado y ranurado y tan pronto sea posible sin causar daño a la superficie del concreto, se debe proceder al curado del concreto por alguno de los siguientes métodos:

(a) **Carpetas o esteras de algodón, lona o brines empapadas con agua.** La superficie del concreto debe ser recubierta en su totalidad con esteras. Las esteras deben tener longitudes (o anchos) tales, que salgan por lo menos dos veces el espesor de la losa de concreto. La estera se colocará de forma tal, que la superficie total y ambos bordes

de la losa queden completamente recubiertos. Antes de la colocación, se empaparán con agua las esteras. Las esteras se colocarán y se sujetarán con pesos, para que estén en contacto directo con la superficie revestida y se deben mantener mojadas y colocadas durante 72 horas, a menos que se especifique lo contrario en las Disposiciones Especiales.

- (b) Aplicación de compuestos líquidos formadores de membrana de curado.** El Contratista debe aplicar un compuesto líquido de curado con pigmento blanco que llene los requisitos de la Especificación 551.08 (f) y en la forma como se indica en la Especificación 553.18 (b). Cuando se empleen pavimentadoras de formaleta deslizante, como complemento del equipo mecánico de rociado del tren de pavimentación, deben utilizarse equipos de rociado manual en aquellos tramos irregulares donde no pueda usarse la pavimentadora y para los lados de las losas de pavimento expuestas al remover las formaletas. El compuesto de curado no debe aplicarse durante tiempo lluvioso.

El compuesto de curado se aplicará a presión en la proporción de un litro por 3.0 metros cuadrados de pavimento de concreto hidráulico, mediante distribuidores mecánicos. Las superficies del concreto no deben de quedar expuestas más de 30 minutos durante el proceso de curado. El compuesto de curado tendrá características tales, que la película debe endurecer dentro de los 30 minutos siguientes a la aplicación.

Todo equipo de distribución debe ser del tipo atomizador, equipado con agitador de tanque y una protección contra el viento. Se debe mezclar el compuesto con el pigmento antes de su uso. La mezcla debe agitarse continuamente durante la aplicación por medio de medios mecánicos efectivos.

Se emplearán medios aprobados, para asegurar el curado adecuado de las juntas cortadas con sierra durante por lo menos 72

horas y para evitar la penetración de material extraño en la junta antes de terminar el sellado. Si la película se dañara debido a cualquier causa dentro de las 72 horas del período de curado, el Contratista debe reparar las partes dañadas inmediatamente empleando compuesto adicional.

- (c) Membranas impermeables.** Se debe mojar inicialmente la superficie del pavimento con un equipo rociador de agua finamente pulverizada o nebulizador de agua, cubriendo después la superficie total con membranas impermeables que cumplan con lo indicado en la Especificación 551.08 (d) y (e), traslapando las mismas por lo menos 500 mm y extendiéndolas más allá de los lados de la losa en por lo menos dos veces el espesor del pavimento. Las membranas deben mantenerse en contacto directo con la superficie del pavimento por medio de pesos u otros medios apropiados. La duración del curado debe ser de por lo menos 72 horas, salvo que se especifique en otra forma en las Disposiciones Especiales. Las membranas impermeables también pueden usarse para cubrir las carpetas empapadas con agua a que se hace referencia en la Especificación 501.13 (a) a fin de hacer más efectivo el curado.

La falta de suministro de material de cualquier clase que el Contratista haya elegido emplear o la falta de agua para cumplir adecuadamente el requisito de curado o cualquier otro requisito, dará lugar a la suspensión inmediata de las operaciones de colocación de concreto. No se dejará el concreto expuesto durante más de media hora entre etapas de curado o durante el período de curado.

- 501.14 Remoción de las formaletas.** Las formaletas deben ser removidas cuando el concreto haya alcanzado una resistencia suficiente para resistir daños, pero no antes de las 24 horas después de haber colocado el concreto. Cuando se permita el uso de aditivos acelerantes del fraguado, las formaletas podrán retirarse a las 12 horas de la colocación del concreto. Los lados de las losas recién expuestas deben ser protegidas de inmediato con un método de curado

igual al aplicado a la superficie del pavimento. Debe asimismo protegerse contra la erosión, la subrasante, Subbase o base bajo la losa del pavimento hasta que se construyan los hombros.

501.15 Relleno y sellado de juntas. Las juntas, cualesquiera que sea su función principal y siempre que así se especifique en los planos, deben ser llenadas o selladas con materiales aprobados de los tipos indicados en la Especificación 551.06, en la forma señalada por los planos, siguiendo las recomendaciones de las normas ASTM D 5893 y ASTM C 920, las instrucciones de los fabricantes de los productos, las indicaciones de la Especificación 553.10 (c) y las siguientes:

El relleno y sellado de las juntas debe efectuarse antes de abrir el pavimento al tráfico de vehículos, incluyendo los de la construcción. Los cortes de sierra adicionales en las ranuras de las juntas, para formar las canaletas o cajas para el sello, deben realizarse hasta 72 horas después de haber colocado el concreto.

Antes de aplicar el material de relleno o selladores, deben limpiarse y secarse todas las ranuras. La limpieza final debe hacerse con aire a presión. La presión del aire debe ser mayor de 0.63 MPa (90 psi). El compresor de aire debe estar equipado con un filtro que quite la humedad y el aceite del aire.

Para juntas de expansión o aislamiento generalmente se emplean rellenos premoldeados como los indicados en la Especificación 551.06 (a) y sellos premoldeados como los indicados en la Especificación 551.06 (c), selladores de silicona como los indicados en la Especificación 551.06 (b) (5) vertidos en frío y selladores vertidos en caliente como los indicados en 551.06 (b). Para juntas longitudinales y transversales de construcción y contracción, los más usados son los selladores vertidos en caliente o en frío.

(a) Selladores aplicados en frío o en caliente.

Generalmente se usa un respaldo de esponja (backer rod), usualmente de material espumado

de polietileno, con un diámetro 25% mayor del ancho de la junta y resistente a las temperaturas de aplicación del material sellador. El respaldo de esponja se instala por medio de una rueda de acero a la profundidad especificada, cuidando de no doblar o estirar este respaldo durante su instalación. La longitud del respaldo a instalar debe ser limitada a la que puede ser sellada el mismo día. Se debe aplicar el sellador con cuidado, removiendo de inmediato cualquier derrame y limpiando la superficie del pavimento. No debe usarse arena u otro material como material de cubrimiento del sello.

El equipo de calentamiento para los selladores aplicados en caliente será de tipo baño de María y estará ubicado de forma tal, que no produzca sobrecalentamiento. El vertido se debe realizar de forma que el material no se derrame sobre las superficies expuestas del concreto. Cualquier material sobrante presente en la superficie del pavimento de concreto, debe ser retirado inmediatamente y se debe limpiar la superficie del pavimento. El material para sellado de juntas aplicado en caliente no debe ser colocado cuando la temperatura ambiente a la sombra sea menor de 10° C.

(b) Sellos premoldeados. Las tiras o fajas de sellos premoldeados deben suministrarse en piezas de la longitud y ancho especificados para la abertura de la junta. Los sellos premoldeados deben ser instalados con el lubricante adhesivo cubriendo ambos lados de la ranura de la junta. El sello debe comprimirse entre el 20 y el 50% de su ancho nominal al insertarlo en la junta y el tope del mismo debe quedar a unos 6 mm debajo de la superficie del pavimento. Los sellos que hayan sido dañados, doblados, colocados incorrectamente o estirados en más de un 3%, deben ser retirados y reemplazados a costa del Contratista.

501.16 Mantenimiento y control de transito. El Contratista debe de proteger el pavimento, evitando los daños que puedan causarle el tránsito y operaciones de construcción. Cualquier daño ocasionado

al pavimento antes de su aceptación final, debe ser reparado a costa del Contratista. Este debe organizar, dirigir y señalizar convenientemente el tránsito, para evitar accidentes y daños al trabajo efectuado.

El pavimento no debe ser abierto al tránsito de vehículos incluyendo los de la construcción, hasta que los especímenes de ensayo moldeados y curados en condiciones de campo, de acuerdo con AASHTO T 23, hayan alcanzado una resistencia a la flexión de 3.8 MPa (480 psi), según AASHTO T 97 (ASTM C 78) o bien una resistencia a la compresión de 24.5 MPa (3,500 psi) de acuerdo a AASHTO T 22 (ASTM C 39).

La apertura al tránsito convencional no se autorizará hasta que los especímenes de ensayo moldeados y curados como se indicó anteriormente hayan alcanzado o excedido los esfuerzos de resistencia a la compresión y de resistencia a la flexión especificados para el pavimento.

Adicionalmente, no se permitirá el paso del tránsito público hasta que todas a juntas estén selladas y protegidas.

El pavimento de concreto hidráulico deberá ser mantenido en perfectas condiciones por parte del contratista, hasta la recepción definitiva de los trabajos.

501.17 Control de calidad, tolerancias y aceptación.

(a) **Control de calidad de los materiales.** El control de calidad de los materiales importados se hará mediante los controles durante la ejecución de la obra, de acuerdo con los requisitos de la Especificación 106.03.

El número y frecuencia de muestras y de los ensayos a realizar, serán definidos de acuerdo con la Especificación 106.04 y de conformidad con lo indicado en las Disposiciones Especiales, pero podrá ser ampliado por el Delegado Residente, para asegurar el adecuado control de la calidad de los materiales para la obra.

(b) **Aceptación del concreto.** La evaluación y aceptación del concreto debe regirse por lo

establecido en la Especificación 551.12 con las modificaciones señaladas a continuación:

(1) Número y frecuencia de las muestras.

- a) Las masas volumétricas, contenidos de aire, temperaturas y asentamientos del concreto fresco se deben determinar en los primeros camiones que salen de la planta, hasta lograr la uniformidad requerida y luego aleatoriamente en lapsos establecidos por el Delegado Residente.
- b) Los asentamientos y temperatura se deberán de verificar en todas las entregas de concreto. La verificación del contenido de aire, se efectuará de forma aleatoria con un mínimo de tres verificaciones diarias, a menos que haya indicios de contenidos de aire muy elevados, en cuyo caso se deberá aumentar el número de muestras. Estos ensayos se deben de efectuar preferentemente en las mismas muestras de concreto extraídas para la fabricación de especímenes para ensayos de resistencia.
- c) El número de muestras de concreto para ensayos de resistencia a la compresión debe ser de tres cilindros de 10 x 20 cm (4 x 8 plg), para ser ensayados a los 7 y 28 días, el tercer cilindro puede quedar en reserva para cualquier comprobación. Para evaluar la resistencia a la flexión, se ensayarán dos especímenes (vigas), a los 7 y 28 días. El total de muestras indicado anteriormente se obtendrá por cada 250 m³ para pavimentos que se construyen con pavimentadora deslizante. Para otros casos o procedimientos de construcción, la frecuencia para la obtención de todas las muestras indicadas anteriormente y la realización de los ensayos correspondientes se puede reducir a una vez por jornada o por cada

1000 m² de superficie de losa acumulada en varias jornadas.

- d) Los procedimientos para la toma de muestras, fabricación y ensayo de los especímenes de prueba en el laboratorio, el moldeado y curado de los especímenes del laboratorio deberán ajustarse a lo indicado en la Especificación 551.12 (b).

(2) **Criterio de aceptación de la calidad del concreto suministrado en la obra con base en los ensayos de resistencia.** El nivel de resistencia requerida f'_{cr} en compresión y en flexión de una clase dada de concreto, será considerada satisfactoria cuando se cumpla con los requisitos de aceptación establecidos en la Especificación 551.11 (c) (2).

(3) **Comprobación de la adecuación del curado del concreto en obra y de la resistencia real alcanzada por el concreto para fines de autorización de desencofrado.** Se aplicará el criterio indicado en las Especificaciones 551.11 y 551.12.

(c) **Tolerancias de los requisitos de construcción.**

(1) **Tolerancia de la superficie.** El concreto, estando aún en estado plástico, debe cumplir con los requisitos de la superficie, indicados en la Especificación 501.10 (a).

(2) **Tolerancias del texturizado de la superficie.** Debe cumplir con los requisitos de texturizado y ranurado indicados en las Especificaciones 501.10 incisos (b) y (c), según corresponda.

Conforme se vayan terminando secciones de pavimento y se haya verificado la exactitud de la superficie de la losa conforme la Especificación 501.10 (a) y el pavimento sea capaz de soportar el tránsito de vehículos, deberán evaluarse las desviaciones de perfil, utilizando un Perfilógrafo California (California Test 526) o un Perfilómetro Láser Inercial (AASHTO M 328), instalado en un

vehículo liviano de tamaño reducido, las mediciones de las desviaciones de perfil, deben efectuarse en los diferentes carriles del pavimento. Los equipos de medición deben de ser utilizados de acuerdo con las instrucciones del fabricante y de acuerdo con las especificaciones que les correspondan.

El índice de perfil o el índice de rugosidad internacional IRI, deben ser calculados en tramos de 100 metros de longitud. Las medidas de las desviaciones de perfil se podrán procesar mediante una aplicación de cálculo como el Programa PROVAL de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos de América, que permita obtener la rugosidad de la superficie del pavimento o el índice del perfil, según corresponda.

Si se detectan irregularidades que excedan los límites indicados en la Especificación 501.10 (a), las irregularidades de más de 5 mm detectadas en longitudes hasta de 3 metros, dentro de cada sección de 100 metros de pavimento deben ser corregidas por medio de equipos de fresado o métodos abrasivos equivalentes. Queda prohibido el empleo de herramienta o equipo de impacto. Despues del fresado deben restablecerse las condiciones de texturizado o ranurado por discos abrasivos y debe realizarse otra comprobación de la exactitud de la superficie por medio de una regla de rectificación o "check road" de 3 metros de longitud mínima.

El pavimento de concreto ya terminado debe cumplir con los requisitos de Índice de Perfil (IP_{5-mm}) o del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), establecidos en los planos y en las Disposiciones Especiales. Cuando estos valores no estén indicados en los planos o en las Disposiciones Especiales, éstos no deben de exceder los valores máximos que se indican a continuación:

IP_{5-mm}: 20

IRI: 1.8 m/Km

Como parte del proceso de control de construcción se podrán usar Perfilógrafos California los cuales deberán cumplir con lo establecido en la Especificación California 526 o Perfilómetros

Iniciales Láser, montados en vehículos livianos de tamaño reducido, los que deberán cumplir con lo especificado en la Norma AASHTO M 328. La medición de los índices de perfil o Índice Internacional de Rugosidad se debe realizar, en presencia del Delegado Residente. Los perfiles deben hacerse a 1.0 m de distancia y paralelos a cada orilla del pavimento o de cada junta longitudinal para todas las áreas del pavimento.

Cuando así se establezca en las Disposiciones Especiales, también se deberá verificar la transferencia de carga en las juntas transversales usando un deflectómetro de impacto, para evaluar su eficiencia y proporcionar información aplicable con el fin de mejorar los procedimientos constructivos o la calidad de los agregados de concreto, así como la calidad de la capa de base.

No se requerirá chequear con el Perfilógrafo California o el Perfilómetro Láser Inercial las siguientes áreas de la superficie del pavimento.

- a) Pavimentos en curvas horizontales que tengan un radio menor de 80 m y pavimentos dentro de la zona de transición del peralte en esas curvas.
- b) Pavimentos dentro de 15 m de una junta transversal que separa el pavimento de uno existente no construido bajo el mismo contrato.
- c) Pavimentos para rampas de salida, estacionamientos para peso de camiones (básculas), rampas y conexiones con pendientes altas y pasos a desnivel y secciones cortas de calles y carreteras.

(3) **Espesor del pavimento.** El espesor debe verificarse midiendo los testigos de concreto endurecido extraídos del pavimento construido, de acuerdo con lo indicado en AASHTO T 24 (ASTM C 42) y AASHTO T 148 (ASTM C 174). Deben extraerse como mínimo 2 testigos de concreto endurecido, cilíndricos, de un mínimo de 50 mm de diámetro, por cada 2,000 metros cuadrados

de pavimento. Se establece una tolerancia de 10 mm. Si hay deficiencia en el espesor, en más de dos verificaciones, deben extraerse nuevos testigos en sitios cercanos a los deficientes para delimitar área suficiente en espesor. El Contratista debe efectuar, a su costa, las correcciones correspondientes como se indica en la Especificación 501.18 (a). Si hay deficiencia en el espesor, son por cuenta del Contratista los gastos que ocasione la extracción de los testigos, así como las pruebas de laboratorio y el llenar los agujeros con concreto fresco de la misma calidad. De lo contrario, este trabajo será pagado al Contratista por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

(d) Pavimento de concreto de cemento hidráulico.

La aceptación final del pavimento se debe efectuar hasta que haya cumplido satisfactoriamente lo estipulado en la Especificación 501.17 (a) (b) y (c) y se encuentre en el ancho total de las secciones típicas de pavimentación debidamente acabado y curado, llenadas y selladas correctamente las juntas y efectuada la limpieza final.

501.18 Correcciones. Cuando sea necesario corregir el pavimento de concreto por defectos de construcción o variaciones de diseño se debe proceder en la forma siguiente:

(a) Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista.

(1) **Corrección de defectos en las losas de concreto.** Se deberán corregir los defectos en la superficie, espesor deficiente, grietas, rajaduras y deformaciones. El área afectada, previamente se deberá delimitar por el Delegado Residente, la cual deberá ser investigada por el Contratista, en presencia del Delegado Residente, verificando por medio de extracción de testigos cilíndricos de concreto endurecido, de un diámetro mínimo de 50 mm y del espesor total de la losa, las características del concreto

y demás requisitos estipulados en estas Especificaciones Generales.

En caso de que la verificación corrobore los defectos de construcción, el Delegado Residente debe proceder a delimitar las losas que deben ser removidas y reconstruidas totalmente, con los ajustes necesarios en las juntas de construcción según el caso, ordenando al Contratista la ejecución, a su costa, de los trabajos correspondientes.

Si los defectos, grietas, desportillamientos o ratoneras, no son más profundos de la mitad del espesor de la losa, el Delegado Residente puede autorizar la remoción parcial, con un espesor no menor de 80 mm. En estos casos el concreto fresco debe colocarse usando un adhesivo a base de resinas epóxicas, que llene los requisitos de la Especificación 551.09 (a) (2).

(b) Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista. Cuando se necesite efectuar correcciones del pavimento de concreto debido a asentamientos de las losas, o rajaduras, ocasionados por defectos no imputables al Contratista o sea necesario hacer cambios por variaciones de diseño, el Delegado Residente debe proceder a delimitar la losa del pavimento afectada y el área a corregir, proporcionando al Contratista el procedimiento, planos, indicaciones y demás documentos necesarios para efectuar las correcciones y por cuyo trabajo se debe pagar al Contratista a los precios unitarios de contrato o, en su defecto, por medio de un Acuerdo de Trabajo Extra.

501.19 Medida.

(a) Geotextil especial. La medida se debe de hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de geotextil especial, ya colocados en su posición final en la carretera, satisfactoriamente colocados y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, disposiciones especiales y planos

correspondientes. El área se debe determinar por procedimientos analíticos del área cubierta de las losas de concreto. No se deben de incluir traslapos ni salientes en exceso al área cubierta.

(b) Pavimento de concreto por superficie. La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de pavimento de concreto, satisfactoriamente construidos y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El área se debe determinar por procedimientos analíticos, la longitud se debe medir sobre la línea central de la carretera y el ancho debe ser el delimitado y dimensionado en las secciones típicas de pavimentación, y de acuerdo con los alineamientos horizontal y vertical mostrados en los planos. La determinación de estas dimensiones debe ajustarse a lo estipulado en la Especificación 110.01.

(c) Pavimento de concreto por volumen. La medida se debe hacer del número de metros cúbicos, con aproximación de dos decimales, medidos, ya colocados en su posición final en la carretera, satisfactoriamente construidos y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El volumen se debe determinar por procedimientos analíticos. El ancho es el indicado en las secciones típicas de pavimentación, el espesor es el indicado en los planos y Disposiciones Especiales, corregido para cada tramo de acuerdo con las tolerancias y verificaciones de la Especificación 501.17 (c) (3). La longitud debe medirse sobre la línea central de la carretera en proyección horizontal. No se harán descuentos por el volumen del acero de refuerzo ni por material de juntas.

(d) Pavimento de concreto de cemento hidráulico por peso. La medida se debe hacer por el número de toneladas de 1,000 Kg. (2,200 lb.), con aproximación de dos decimales, satisfactoriamente construido y aceptado

de acuerdo con estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes. El peso se debe determinar por medio de básculas debiéndose calcular la media del peso neto de la mezcla en presencia del inspector que controla el peso por parte de la Supervisora, quién debe firmar el vale correspondiente, comprobándose la colocación y aceptación en la carretera, con la firma del inspector de campo de la misma Supervisora.

El Delegado Residente debe llevar un control diario del número de toneladas producidas, aceptadas y rechazadas, que corresponden a cada tramo y efectuar las deducciones por rechazos posteriores.

501.20 Pago.

- (a) **Geotextil especial.** El pago se debe de hacer del número de metros cuadrados, medidos como se indica en la Especificación 501.19 (a), satisfactoriamente colocados y aceptados de acuerdo con estas Especificaciones Generales, disposiciones especiales y planos correspondientes, al costo unitario de contrato, correspondiente a Geotextil especial.
- (b) **Pavimento de concreto por superficie.** Se debe hacer por el número de metros cuadrados medidos como se indica en la Especificación 501.19 (b), satisfactoriamente construidos y aceptados como lo establecen los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Pavimento de Concreto de Cemento Hidráulico.
- (c) **Pavimento de concreto de cemento hidráulico por volumen.** El pago se debe hacer por el número de metros cúbicos, medidos como se indica en la Especificación 501.19 (c) satisfactoriamente construidos y aceptados como lo establecen los planos, estas Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales, al costo unitario de contrato, correspondiente a Pavimento de Concreto.

- (d) **Pavimento de concreto de cemento hidráulico por peso.** El pago del concreto debe hacerse por el número de toneladas, medidas como se indica en la Especificación 501.18 (c), satisfactoriamente construidas y aceptadas como lo establecen los planos, estas Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales, al precio unitario de contrato correspondiente a pavimento de concreto de cemento hidráulico.

Estos costos incluyen todo el trabajo estipulado en esta Sección, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 110.02.

No se reconoce ningún pago adicional por la eliminación de la capa vegetal, materia orgánica, material inadecuado, caminos de acceso y obras complementarias para la explotación de los bancos de materiales, ni por operación de las plantas, por el apilamiento y almacenamiento de los agregados, ni por el suministro de todos los materiales, incluyendo el agua, el cemento hidráulico y el acero de refuerzo, ni por las formaletas y materiales para las juntas y el curado, ni por la mezcla de concreto rechazada, ni por las correcciones de defectos imputables al Contratista. Todos estos gastos y los demás implícitos para efectuar el trabajo deben estar incluidos en el costo unitario correspondiente a esta Sección.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Especificaciones	
Muestreo de agregados	AASHTO T 2 ASTM D 75 NTG 41009	Agregado grueso	551.04 (c)*
Gravedad específica y absorción de agregados finos	AASHTO T 84 ASTM C 128 NTG 41010 h9	Agregado fino	551.04 (b)*
Gravedad específica y absorción de agregados gruesos	AASHTO T 85 ASTM C 127 NTG 41010 h8	Aditivos de concretos	551.05*
Granulometría	AASHTO T 27 AASHTO T 11 ASTM C 136 ASTM C 117 NTG 41010 h1 NTG 41010 h3	Adhesivos para concreto	551.09*
Materia orgánica en arena	AASHTO T 21 ASTM C 40 NTG 4101 h4	Materiales para juntas	551.06*
Partículas friables y terrones de arcilla	AASHTO T 112 ASTM C 142 NTG 41010 h10 NTG 41007 Tabla 3 Clase 4S	Materiales de curado	551.08 (f)*
Partículas planas y alargadas	ASTM 4791 NTG 41010 h12	Agua	551.04(d)*
Abrasión	AASHTO T 96 ASTM C 131 ASTM C 535 NTG 41010 h20 NTG 41010 h21	Cemento hidráulico	501.03 (a) 552.04*
Estabilidad al sulfato de sodio	AASHTO T 104 ASTM C 88 NTG 41010 h6	Acero de refuerzo	552*
Muestreo de concreto fresco en el campo	AASHTO T 141 ASTM C 172 NTG 41057	Barras de sujeción	501.03 (g) (2)* 552.03 (a)
Asentamiento del concreto	AASHTO T 119 (ASTM C 143) NTG 41017 h4	Dovelas revestimiento resistente a la corrosión tipos a y b	AASHTO M 254

Ensayos		Materiales	
Preparación de especímenes en el campo	AASHTO T 23 ASTM C 31 NTG 41061	Barras de acero al carbón forjadas en caliente	AASHTO M 255
Ensayo de flexión carga tercios de la luz	AASHTO T 97 (ASTM C 78) NTG 41017 h2	Clase y resistencias del concreto	551.03*
Ensayo a la compresión	AASHTO T 22 (ASTM C 39) NTG 41049		
Retención de humedad de membranas para curado de concreto	AASHTO T 155 NTG 41103 AASHTO T 126 (ASTM C 192)		
Graduación de los agregados para construcción de carreteras y puentes	AASHTO M 43 (ASTM D 448)		
Mallas de acero para refuerzo de concreto	AASHTO M 54/M (ASTM A 184/A)		
Barras lisas o corrugadas de acero de lingote para refuerzos de concreto	AASHTO M 31/M (ASTM A 615/A)		
Barras de refuerzo cubiertas con epóxico	AASHTO M 284 M/M (ASTM A 775/A)		
Dovelas con recubrimiento resistente a la corrosión	AASHTO M 254		
Especificaciones de geotextiles para uso en carreteras	AASHTO M 288		
Concreto premezclado	AASHTO M 157		
Perfilómetros inerciales	AASHTO M 328		
Perfilómetro california	California Test 526		
Medición de longitud de testigos extraídos de pavimentos de concreto	AASHTO T 148 (ASTM C 174)		

* Se refiere a estas Especificaciones Generales.

SECCIÓN 502
REPARACIÓN DE PAVIMENTOS DE
CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO

- 502.01 Definición.
- 502.02 Descripción.
- 502.03 Materiales.
- 502.04 Composición de la mezcla. (Diseño de la mezcla de concreto)
- 502.05 Equipo.
- 502.06 Identificación de patologías .
- 502.07 Reparación de espesor parcial.
- 502.08 Reparación de juntas.
- 502.09 Reparación a espesor total.
- 502.10 Reemplazo de losas.
- 502.11 Reparación de grietas.
- 502.12 Elevación de losas del pavimento.
- 502.13 Sellado inferior y estabilización de losas.
- 502.14 Colocación de barras de transferencia o dovelas.
- 502.15 Fresado superficial con discos de diamante.
- 502.16 Fracturado del pavimento de concreto.
- 502.17 Mejoramiento de la apariencia superficial posterior a una reparación.
- 502.18 Apertura al tránsito.
- 502.19 Medida.
- 502.20 Pago.

502.01 Definición.

Reparación de pavimentos de concreto de cemento hidráulico. Es la restauración de un pavimento de concreto de cemento hidráulico existente, que ha sufrido diferentes tipos de daños o fallas con el propósito de corregir el origen de los mismos y prevenir la aparición de nuevos daños.

502.02 Descripción. Este trabajo consiste en la reparación de espesor parcial, la reparación de espesor completo, la reparación de juntas, la reparación de grietas, el sellado inferior y estabilización de losas, la colocación de dovelas en las juntas y el fresado de la superficie con discos de diamante, cuando así corresponda.

MATERIALES

502.03 Materiales.

- (a) **Adhesivos de resina epólica.** Deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 235.
- (b) **Relleno y selladores para juntas y cordones de respaldo.** Deben cumplir con lo indicado en las Especificaciones 551.06 (b) y 551.06 (e).
- (c) **Morteros de reparación estructural.** El Contratista debe utilizar morteros de contracción compensada en las proporciones recomendadas por el fabricante según su hoja técnica, con una consistencia ideal para el tipo de reparación a realizar, ya sea una lechada (graut fino) o tipo mortero, así como una resistencia a la compresión mínima de 25 MPa (3,630 psi) en 4 horas, según NTG 41017 h1 / ASTM C39.
- (d) **Lechada o graut fino:** Es un producto premezclado en consistencia de lechada con contenido de material cementicio, agregados de menor tamaño que puede contener aditivos. Se deberá cumplir con la Especificación estándar de Grout NTG 41052 / ASTM C476.

- (e) **Concreto de cemento hidráulico.** Debe cumplir con los requisitos establecidos en la Especificación 501.07.
- (f) **Adhesivo de látex.** El contratista debe utilizar un mejorador de adherencia para concreto y mortero que cumpla con la Especificación ASTM C1059 Tipo I.

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

502.04 Composición de la mezcla (diseño de la mezcla de concreto). La mezcla se debe diseñar de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones 551.03 y 551.04

502.05 Equipo. Se debe suministrar equipo que cumpla con lo indicado en la Sección 501 y con lo siguiente:

- (a) **Remoción del pavimento de concreto de cemento hidráulico.** Se debe suministrar una cortadora para la remoción del pavimento dañado, que no lo fracture más allá de la profundidad necesaria para realizar su reparación total o parcial.
- (b) **Aserrado de juntas.** Se deben suministrar sierras que puedan controlar y mantener la profundidad y el ancho de corte requeridos, sin dañar el concreto adyacente o el material de las juntas a reparar.
- (c) **Limpieza por medio de chorro de arena.** Se debe suministrar equipo para el chorro de arena que sea capaz de remover cualquier residuo de sellador, aceite u otro material ajeno al de las juntas que pueda impedir la adherencia con el nuevo sellador.
- (d) **Limpieza por medio de chorro de agua.** Se debe suministrar una máquina de chorro de agua o hidrolavadora de alta presión, capaz de

remover todo el residuo de sellador, aceite u otro material ajeno al de las juntas que pueda impedir la adherencia con el nuevo sellador.

- (e) **Compresores de aire.** Se deben suministrar compresores de aire con una presión mínima en la boquilla de 700 KPa (100 psi) y capaces de extraer los desechos sueltos y de secar las juntas y las grietas.
- (f) **Sellado de grietas y juntas.** Se debe suministrar equipo que cumpla con las recomendaciones del fabricante para el material sellador que será utilizado.
- (g) **Lechada.** Se debe suministrar una planta consistente de una bomba de inyección de desplazamiento directo del cemento y un molino coloidal de alta velocidad. La máquina de mezclado coloidal debe operarse a las velocidades necesarias para producir una mezcla homogénea, de conformidad con la Norma para Graut NTG 41052 / ASTM C476.

Se debe suministrar una bomba de inyección que tenga una capacidad de presión de $1,900 \pm 170$ KPa (275 ± 25 psi) cuando se esté bombeando una lechada mezclada a un tiempo de flujo de cono de 12 segundos y que pueda bombear continuamente a una razón mínima de 6 litros por minuto. El sistema puede ser modificado adicionando una manguera y una válvula para recirculación en el extremo de descarga de la bomba.

El agua se debe dosificar con un contador o una báscula capaz de medir el consumo diario total. Se deben suministrar mangueras, accesorios y controles para proveer un sello positivo durante la inyección de la lechada.

- (h) **Perforación.** Se deben suministrar taladros para roca o concreto para perforar las losas de concreto, el acero de refuerzo y el material de base, capaces de perforar agujeros rectos con un diámetro mínimo de 38 milímetros, también se podrán suministrar taladros para extracción de núcleos.

Los taladros deben pesar menos de 27 kilogramos y ser capaces de perforar con una presión hacia abajo de menos de 90 kilogramos. Se debe suministrar un barreno para liberar los agujeros obstruidos.

- (i) **Ensayo para determinar la estabilidad de la losa.** Se debe suministrar el equipo necesario para efectuar el ensayo, el cual debe incluir lo siguiente:
 - (1) Un camión con un eje trasero de llantas dobles. El eje trasero se debe cargar con 80 KN (18,000 libras) distribuidas uniformemente entre las llantas.
 - (2) Dispositivos para medir cargas estáticas consistentes de 4 indicadores de dial colocados en 2 montajes, dos indicadores por montaje, capaces de detectar el movimiento de la losa bajo la aplicación de la carga.
 - (3) Una viga Benkelman modificada o un dispositivo similar aprobado.
- (j) **Fresado de la superficie con discos de diamante.** Se debe suministrar equipo para fresado autopropulsado, diseñado específicamente para texturizar la superficie del pavimento de concreto de cemento hidráulico utilizando discos de diamante. Se debe suministrar equipo capaz de realizar lo siguiente:
 - (1) Debe cortar o fresar un ancho de por lo menos 900 mm para equipos autopropulsados.
 - (2) No debe interferir con el movimiento del tráfico fuera del área de trabajo.
 - (3) Debe fresar la superficie sin astillar las juntas y las grietas, ni fracturar los agregados en la superficie.
- (k) **Equipo para fracturar y asentar el pavimento.** Se debe suministrar un equipo previamente aprobado para fracturar el pavimento en la forma deseada pudiendo utilizarse martillos de guillotina o martillos de impacto. Cuando se requiera la demolición completa del pavimento

se pueden usar equipos de impacto de cabezas múltiples autopropulsados o equipo adecuado para fragmentar el pavimento.

Para asentar los fragmentos del pavimento, se suministrarán compactadoras de rodo vibratorio de 10 a 20 toneladas métricas.

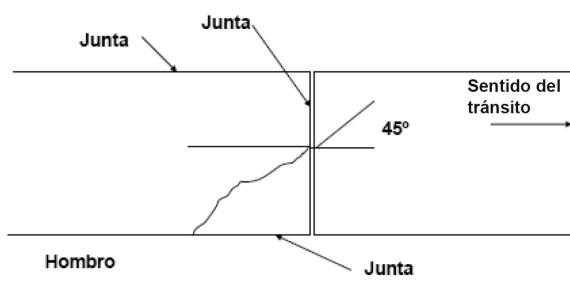
Se debe suministrar una compactadora de neumáticos de por lo menos de 20 a 28 toneladas métricas para asentar el pavimento ya fracturado. El remolque debe tener llantas neumáticas y debe mover el rodillo hacia adelante o hacia atrás a lo largo de líneas preestablecidas.

502.06 Identificación de patologías. Para determinar el tipo de tratamiento correctivo o de reparación, juntamente con el Contratista, se debe analizar toda la información de la evaluación del pavimento para determinar las causas de los deterioros observados y deficiencias identificadas.

(a) Grietas.

(1) Grietas de esquina. Las grietas de esquina intersectan las juntas longitudinales y transversales del pavimento en un ángulo de aproximadamente 45° . La longitud de los lados de los triángulos formados varía desde 300 mm a $\frac{1}{2}$ del ancho de la losa a cada lado de la esquina, como se muestra en la Figura 502-1.

Figura 502.01.
Esquema de grieta de esquina

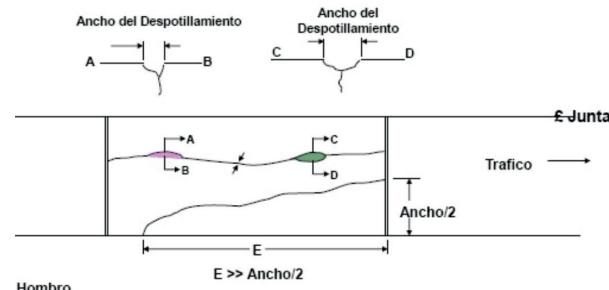


Las posibles causas de este tipo de deterioro, se puede atribuir a la falta de apoyo de la losa, sobrecarga en las esquinas

o deficiencia en la transmisión de cargas entre las juntas.

(2) Grietas longitudinales. Son las grietas predominantemente paralelas a la línea central de la carretera o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa. Como se muestra en la Figura 502-2.

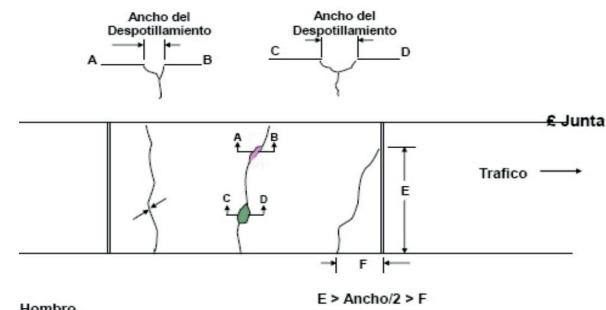
Figura 502.02.
Esquema de grietas longitudinales



Las posibles causas de este tipo de deterioro se pueden atribuir a asentamientos de la base o subrasante, o a losas con un ancho excesivo, o a la carencia de una junta longitudinal, o corte tardío de la junta longitudinal.

(3) Grietas transversales. Son grietas predominantemente perpendiculares a la línea central de la carretera. También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde del pavimento, como se muestra en la Figura 502-3.

Figura 502.03.
Esquema de grietas transversales



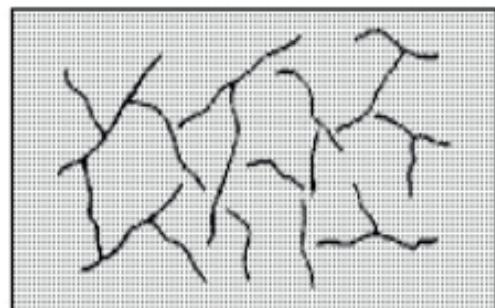
Las causas de este tipo de deterioro se pueden atribuir a la longitud excesiva de las losas, a juntas de contracción cortadas tardíamente o espesor insuficiente de las losas para soportar las cargas o las variaciones de temperatura que producen esfuerzos de alabeo en las losas.

- (4) **Grietas por contracción plástica.** Las grietas o fisuras por contracción o retracción plástica se forman en la superficie del concreto fresco inmediatamente después de ser colocado mientras permanece en estado plástico.

Usualmente pueden estar entrelazadas o estar paralelas entre sí, a una distancia de 100 mm a 400 mm, son relativamente superficiales y generalmente no interceptan el perímetro de la losa. Cuando durante la colocación del concreto se presentan vientos fuertes y bajas temperaturas o altas tasas de evaporación, esto provoca que la superficie del concreto se seque antes de que haya fraguado, lo que da como resultado que ocurran agrietamientos por contracción plástica.

Las grietas por contracción plástica son por lo general de carácter superficial, pero raramente afectan la resistencia o la durabilidad del pavimento. El desarrollo de estas grietas puede ser reducido si se toman las medidas preventivas apropiadas antes y durante la colocación y el acabado del concreto.

Figura 502.04.
Esquema de grietas por contracción plástica



Las grietas por contracción plástica son causadas por una rápida pérdida de agua en la superficie del concreto antes de que este haya fraguado.

Las condiciones que generan altas tasas de evaporación en la superficie del concreto son:

- Una velocidad del viento superior a 8 km/h.
- Una baja humedad relativa del medio ambiente.
- Altas temperaturas ambientales o del concreto.

Cualquier factor que retrase el fraguado incrementa la posibilidad del agrietamiento por contracción plástica. El fraguado retardado puede ser consecuencia de varios factores como: tiempo frío, bases o Subbases frías, tipos de cemento, bajo contenido de cemento o uso de retardadores de fraguado.

- (b) **Daños en las juntas.** Las juntas en los pavimentos rígidos permiten controlar la formación de fisuras intermedias, tanto a edad temprana como en servicio. Este tipo de deterioro puede repararse según lo indicado en la Especificación 502.08

- (c) Los daños en las juntas se pueden localizar tanto en las juntas transversales o longitudinales y pueden ser agrietamientos o desportillamientos, como se muestra en la figura 502-5.

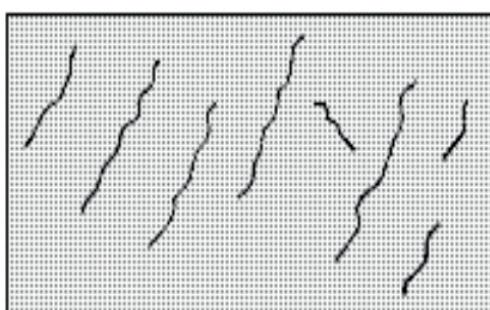
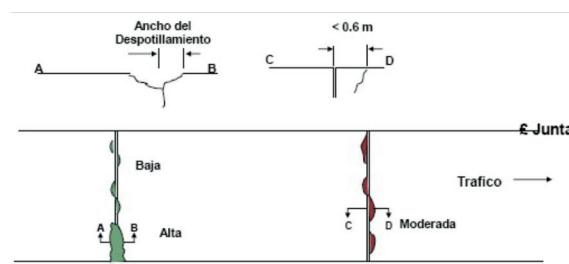


Figura 502.05.
Esquema de daños en juntas, agrietamientos y desportillamientos



(d) Daños en los sellos de juntas. Los daños en los sellos de las juntas permiten el ingreso de materiales incompresibles o la infiltración de agua superficial a las capas inferiores del pavimento. Los tipos comunes de daños en los sellos de las juntas son:

- (1) Endurecimiento, despegado de una o ambas paredes, o pérdida completa del sello.
- (2) Ingreso de materiales extraños en la junta.
- (3) Crecimiento de grama o vegetación en las juntas.

Las causas de este tipo de deterioro se pueden atribuir al endurecimiento o envejecimiento del material de sellado, a falta de adherencia con las paredes de la junta, a exceso de material de sello, a espesor de sello insuficiente, a material de sello inadecuado o a procedimientos de colocación deficientes. Este tipo de deterioro puede repararse según lo indicado en la Especificación 502.07.

(e) Desportillamientos. Son fisuras, quebraduras, desprendimientos o deterioros en los bordes de las losas a una distancia menor de 300 mm de las juntas, como se muestra en las figuras 502-6 y 502-7.

Figura 502.06.
Esquema de desportillamientos en juntas

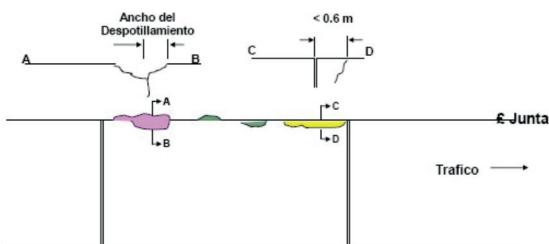


Figura 502.07
Desportillamiento en carretera



Las posibles causas de este deterioro se pueden atribuir al ingreso de material incompresible en las juntas o fisuras, a concreto localmente debilitado por defectos constructivos, por ejemplo, por falta de compactación, corte prematuro de juntas, retiro de moldes en juntas de construcción o por problemas de durabilidad. Este tipo de deterioro puede repararse según lo indicado en la Especificación 502.08.

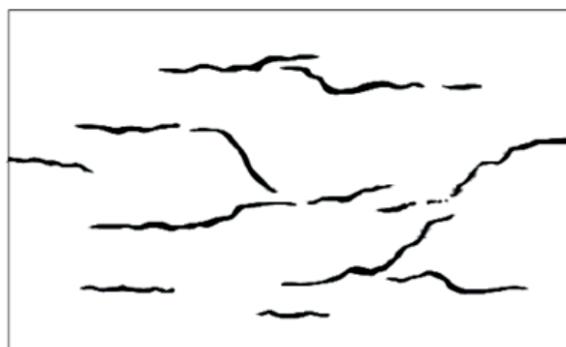
(f) Deterioros superficiales. Esta Sección incluye los siguientes tipos de deterioro que afectan la superficie de los pavimentos rígidos: (Fuente Distress Identification Manual FHWA). Este tipo de deterioro puede repararse según lo indicado en la Especificación 502.07.

(1) Fisuración superficial. La fisuración superficial consiste en una serie de fisuras que se extienden únicamente en la superficie de la losa. Las fisuras mayores comúnmente están orientadas en la dirección longitudinal del pavimento y están interconectadas por

fisuras aleatorias o fisuras transversales finas, como se muestra en la Figura 502-8.

La fisuración superficial puede ser causada por un curado inapropiado del concreto, exceso de acabado superficial, por adición de agua durante el alisado de la superficie o por malas prácticas constructivas.

Figura 502.08
Esquema de fisuración superficial



(2) Desintegración o desgaste superficial. La desintegración es el deterioro de la superficie de la losa de concreto, normalmente de 3 mm a 13 mm, y pueden aparecer en cualquier parte del pavimento, como se muestra en la Figura 502-9.

La desintegración o desgaste superficial puede ser causada por un concreto con exceso de mortero, concreto mal dosificado o por un curado inapropiado.

Figura 502.09
Desintegración superficial en pavimento



(3) Superficie pulida. Se caracteriza por la pérdida del mortero superficial quedando expuesto el agregado grueso con lo que se pierde la textura de la superficie. La carencia o pérdida de la textura superficial afecta la fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos, como se muestra en la Figura 502-10.

El desgaste superficial puede ser causado por el tránsito, por un concreto mal dosificado, por agregados finos de mala calidad, por exceso de mortero en la superficie, por exceso de vibración o por un acabado inadecuado.

Figura 502.10
Superficie pulida en pavimento



(4) Estallidos (popouts). Son cavidades producidas por el desprendimiento de partículas pequeñas del pavimento en la superficie, normalmente de un diámetro en el rango entre 25 mm a 100 mm y con una profundidad entre 13 mm a 50 mm, como se muestra en la Figura 502-11.

Las causas de este tipo de daños se pueden atribuir a materiales deleznables (terrones de arcilla, cal viva, etc.) en el interior del concreto o debido a morteros poco homogéneos.

Figura 502.11
Estallido (popouts) en pavimento



- (5) Levantamientos localizados.** Son desplazamientos o escalonamientos localizados hacia arriba de la superficie del pavimento en las juntas o grietas transversales, comúnmente acompañados por quebraduras del concreto en el área afectada.

Las causas de este tipo de daños se pueden atribuir a variaciones térmicas cuando la longitud de las losas es excesiva y no cuentan con juntas de expansión, así como a una mala colocación de las barras de transferencia de carga, o la presencia de un estrato de suelo expansivo a poca profundidad, el diseño inadecuado de juntas en intersecciones o en uniones con estructuras fijas, ingreso de materiales incompresibles en las juntas o expansión por reacción álcali-silice.

La técnica de reparación adecuada puede ser cepillado con disco de diamante, o inserción de barras de transferencia de carga.

- (6) Separación o asentamientos entre el carril y el hombro.** Es la separación o el desnivel entre dos superficies de pavimento en una junta longitudinal o en una grieta.

Este tipo de daño se puede atribuir a una compactación insuficiente a erosión en la

capa de base, deficiencias en la transferencia de carga entre las losas o secciones de losas, asentamientos diferenciales de la capa de subrasante o a erosiones producidas por drenajes defectuosos o insuficientes, o también por efecto del tránsito en hombros no revestidos.

La técnica de reparación adecuada puede consistir en nivelar el hombro con los materiales que lo conforman y en el caso que así aplique, el mejoramiento del sistema de drenajes.

En hombros sin pavimento es procedente reponer y compactar el material del hombro. En hombros con recubrimientos superficiales, reconstruir el recubrimiento al menos en una franja adyacente al pavimento. En hombros con pavimentos de concreto se puede proceder a perfilar o cepillar la superficie y a sellar las juntas con material adecuado.

- (7) Sangrado de agua y bombeo.** Esta condición se produce cuando existen deterioros en una porción del pavimento en un área mayor 0.1 m^2 (un pie cuadrado aproximadamente), o también en una losa completa de concreto original que ha sido removida o reemplazada; o en el material adicional aplicado al pavimento después de la construcción original.

Algunas de las causas pueden ser transferencia de carga deficiente o inadecuada, deficiencias en la ejecución de la reparación, o por la utilización de bases con rigidez distinta a la del pavimento original. En parches de concreto de pequeñas dimensiones o inferiores a las de una losa, una de las causas puede ser la retracción por fraguado del concreto o por reflexión de juntas y grietas de losas contiguas.

En el caso que el origen de la infiltración sea por la falla de juntas y grietas, la técnica

de reparación adecuada consiste en el resellado de las mismas.

502.07 Reparación de espesor parcial. Este trabajo consiste en el bacheo de astilladuras, baches, quebraduras en las esquinas u otros daños en la superficie del pavimento de concreto de cemento hidráulico.

El bacheo debe quedar con una apariencia similar a la del pavimento existente. Se deben preparar planchas de prueba utilizando los mismos materiales propuestos para ejecutar el trabajo. Los trabajos de bacheo deben iniciarse después de que se haya aprobado el diseño de la mezcla y se haya verificado la apariencia de las planchas de prueba.

- (a) **Material para bacheo.** Se debe utilizar un mortero epóxico o un concreto con polímeros para reparar baches con una profundidad menor o igual a 50 milímetros. Se debe utilizar concreto de cemento hidráulico para reparar baches con una profundidad mayor de 50 milímetros.
- (b) **Preparación del área de bacheo.** Los límites de las áreas de reparación se deben extender un mínimo de 100 milímetros fuera del área dañada. El perímetro del área de bacheo debe ser cortado con sierra, paralelo a la junta existente, hasta una profundidad mínima de 50 milímetros. La superficie del corte en las orillas del bache debe ser vertical. Las superficies casi verticales resultantes de la remoción del concreto son aceptables para el bacheo. Todas las esquinas de las áreas de reparación sobre aserradas y los agujeros adyacentes al pavimento deben ser reparadas utilizando lechada anticorrosiva que no se contraiga.

Se debe remover el concreto dentro del área de bacheo hasta una profundidad mínima de 50 milímetros para exponer el concreto sano y limpio. Si la profundidad a reparar excede los 100 milímetros, se debe remover y reemplazar la losa del área de la reparación, con una losa de un ancho y una profundidad total, de acuerdo con lo indicado en la Especificación 502.08.

Las superficies expuestas del concreto deben ser limpiadas con un chorro de arena hasta dejarlas libres de partículas, aceite, polvo, trazas de concreto asfáltico y demás contaminantes antes de iniciar el bacheo. Los residuos resultantes de la limpieza con chorro de arena deben ser removidos inmediatamente antes de colocar el adhesivo de resina epólica.

Los hombros contiguos al bache deben ser removidos en dirección longitudinal en toda la profundidad del bache y en un ancho máximo de 300 milímetros para facilitar la colocación de la formaleta. Los hombros deben de ser reemplazados y compactados con material de igual o mejor calidad a la del hombro existente. El concreto debe ser retirado y dispuesto de acuerdo con lo indicado en la Sección 201.

- (c) **Colocación del material de bacheo.** El adhesivo de resina epólica debe ser aplicado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. La colocación del concreto se debe retrasar hasta que el epóxico esté pegajoso, sin embargo, no debe exceder el tiempo recomendable que indique el fabricante para su efectiva aplicación. Luego se debe colocar y consolidar la mezcla del bacheo para eliminar vacíos entre el concreto existente y la nueva mezcla. Se le debe dar un acabado de manera que sea consistente con el plano y la textura del pavimento contiguo. El concreto se debe curar de acuerdo con lo indicado en la Sección 501.
- (d) **Juntas.** Si durante el bacheo a una profundidad parcial la nueva mezcla obstruye una junta de trabajo, ésta debe ser reparada para que quede de manera similar a la existente y siga cumpliendo su función de trabajo. Se debe formar una junta nueva con el mismo ancho de la existente. Esta junta se debe sellar de acuerdo con lo indicado en la Especificación 502.08.

502.08 Reparación de juntas. Este trabajo consiste en la reparación y resellado de juntas existentes en el pavimento de concreto.

- (a) Preparación de las juntas.** Las juntas transversales y las longitudinales deben ser limpiadas y reselladas. Para ello se debe remover el material existente en las juntas y se debe limpiar la junta con una anticipación no mayor de un día al resellado. Se deben utilizar procedimientos que no dañen las juntas ni los baches recién reparados.

El sellador se debe remover utilizando una sierra hasta una profundidad mínima de 2.5 veces el ancho de la junta para poder acomodar la tira o cordón de respaldo de material sintético y para proveer la profundidad requerida para el nuevo sellador. Después de esta operación, se deben limpiar las caras de la junta existente para extraer todos los materiales ajenos, así como de la superficie del pavimento adyacente.

Luego se debe limpiar con un chorro de arena, con un chorro de agua a alta presión o con un cepillo mecánico de alambre. El proceso se debe repetir hasta dejar expuesta una superficie nueva y limpia en el concreto. La junta debe ser secada con aire comprimido. Se debe asegurar que la superficie esté suficientemente seca para obtener un mejor resultado.

Si los métodos empleados no son capaces de limpiar correctamente la junta, se debe usar una sierra más gruesa. El aserrado se debe limitar a exponer superficies limpias y nuevas del concreto en la junta con un corte permisible mínimo de 2 milímetros en cada cara de la junta.

- (b) Tira o cordón de respaldo.** La tira de respaldo de polietileno o de otro material sintético se debe instalar hasta la profundidad requerida después de que se hayan limpiado y secado las juntas. No se debe estirar ni retorcer durante la instalación. La longitud instalada de la tira de respaldo se debe limitar a aquella que pueda ser sellada en el mismo día de trabajo.

Si la junta está contaminada o humedecida, se debe remover la tira de respaldo, se debe limpiar, secar la junta y se debe instalar un nuevo respaldo antes de colocar el sellador.

- (c) Aplicación del sellador.** Las juntas y grietas deben ser selladas inmediatamente después de colocar la tira de respaldo. El sellador se debe aplicar a las temperaturas ambiente y de la superficie del pavimento recomendadas por el fabricante del sellador. Inmediatamente después de su aplicación, se debe inyectar el sellador para proveer un contacto firme con las caras de la junta y para mantener la cajuela (menisco) requerida debajo de la superficie de la losa.

502.09 Reparación a espesor total. Este procedimiento se define para los casos en donde el daño ocasionado al pavimento afecta una porción del área de la losa, siendo la ubicación del daño en uno de sus extremos y en donde dicho daño no sobrepase del 50 % del área de la losa. Se busca restablecer que la reparación se integre y trabaje como un solo elemento con el área que no está afectada.

- (1) Se inicia delimitando el área que se va a trabajar. Esta delimitación debe terminar en una junta ya existente si es posible. Se deben de ubicar las dovelas (si existieran) para evitar dañarlas durante el proceso de demolición.
- (2) También se procede a fragmentar el área mediante cortes profundos a través de cortadoras de concreto con discos diamantados para facilitar el proceso de demolición.
- (3) El proceso de demolición se debe efectuar utilizando equipos pequeños (puntas de demolición, compresores, cortadoras y cinceles) y teniendo cuidado de no afectar las áreas aledañas.
- (4) Se procede a recortar las juntas si éstas tuvieren daños producto de la demolición y luego se retira todo el ripio y se realiza una limpieza de toda el área. Posteriormente se evalúa si debido a los trabajos de demolición hay daños en la base que requieran conformación de la misma.
- (5) Para asegurar la transferencia de carga entre losas, se continúa con la instalación de las barras de transferencia (dovelas), cuando así se requiera. Para evitar la formación de grietas o fisuras, es importante asegurar tanto

la alineación horizontal como vertical de las dovelas. La fijación de estas se hará con resina epóxica en la losa original. Seguidamente se aplicará lubricación al lado donde se colocará el concreto fresco.

- (6) Se realiza la limpieza final, preparando el área para la colocación del concreto. Es recomendable eliminar la presencia de finos y posteriormente humedecer la base. En los casos que la fundición no se realice de forma inmediata se debe cubrir la superficie para evitar que el área sea contaminada por polvo, basura o residuos vegetales.
- (7) Se procede con el vertido de concreto en las losas, tomando en cuenta los niveles de la superficie del pavimento existentes, siguiendo la secuencia en los procedimientos propios de colocado, vibrado, enrazado, planchado, nivelación y elaboración de textura.
- (8) Finalmente se continúa con la aplicación de la membrana de curado. Se deberá esperar el tiempo del fraguado inicial para iniciar el proceso de corte y posteriormente el sello de juntas, en frío o en caliente, según las especificaciones de cada proyecto.

502.10 Reemplazo de losas. Se requiere una sustitución de losa cuando los daños que presenta el pavimento son severos, presentando grietas activas, juntas deterioradas, asentamiento de las losas o se abarcan muchas reparaciones cercanas entre sí.

- (1) Este trabajo se inicia delimitando el área que se va a trabajar. Esta delimitación debe terminar en una junta ya existente si es posible. Si existen dovelas éstas se deben de ubicar para evitar dañarlas durante el proceso de demolición.
- (2) Se procede a fragmentar el área efectuando cortes profundos mediante cortadoras de concreto con discos diamantados para facilitar el proceso de demolición.
- (3) El siguiente paso es el proceso de demolición, el cual, dependiendo del área a trabajar, se puede considerar maquinaria, excavadoras,

minicargadores y camiones de volteo, si el área es más reducida se pueden usar herramientas o equipos más pequeños como puntas de demolición, compresores, cortadoras y cinceles, que se adecuen al proceso.

- (4) Se procede a recortar las juntas, si hubiere algún daño producto de la demolición y luego se retira todo el ripio y se realiza una limpieza de toda el área. Posteriormente se evalúa si debido a los trabajos de demolición se produjeron daños en la base que requieran la conformación de la misma.
- (5) Si la reparación así lo requiere, se continúa con la instalación de las barras de amarre o barras de transferencia de carga, tomando en cuenta tanto, la alineación vertical como horizontal. La fijación de éstas se hará con resina epóxica y posteriormente a su secado la aplicación de lubricación al lado que quedará en contacto con el nuevo concreto.
- (6) Se realiza la limpieza final, preparando el área para la colocación del concreto, es recomendable eliminar la presencia de finos y posteriormente humedecer la base. En los casos que la colocación de concreto no se realice de forma inmediata se debe cubrir o proteger el área de trabajo para evitar que ésta sea contaminada.
- (7) Se procede con la colocación de concreto en las losas, tomando en cuenta los niveles de la superficie del pavimento existentes, siguiendo la secuencia en los procedimientos propios de colocado, vibrado, enrazado, planchado, nivelación y elaboración de textura.
- (8) Finalmente se continúa con la aplicación de la membrana de curado. Se deberá esperar el tiempo del fraguado inicial para continuar con el proceso de corte y posteriormente del sello de juntas, en frío o en caliente, según las especificaciones de cada proyecto.

502.11 Reparación de grietas. Este trabajo consiste en la reparación y sellado de grietas existentes en el pavimento de concreto.

Normalmente las grietas en el pavimento no siguen una línea recta, por lo que para limpiarlas debe usarse una contorneadora que permita la limpieza y exposición de las caras a ambos lados de la grieta hasta una profundidad de 20 milímetros. Debe limpiarse la grieta de todo material ajeno a la misma por medio de chorro de aire a presión para secar las paredes y permitir un desempeño adecuado del producto a aplicar, el cual dependerá del tipo de grieta a intervenir.

Para el sello de grietas se podrán considerar las siguientes opciones:

- (a) Sello de grietas con materiales con propiedades de elongación.** Cuando la grieta sea muy ancha y las condiciones lo permitan, deberá colocarse una tira de respaldo previo a la colocación del sellador, siguiendo un procedimiento similar al establecido en la Especificación 502.08. Luego, debe aplicarse el sellador a la temperatura recomendada por el fabricante para proveer un contacto firme con las caras de la grieta. Es recomendable limpiar las juntas alrededor del área de reparación para garantizar su funcionamiento.
- (b) Sello de grietas con resinas epóxicas, inyección por gravedad.** Este tipo de reparación tiene como objetivo penetrar en las grietas y adherir ambos lados del concreto endurecido para restaurar su función estructural. Este método puede ser utilizado para intervenir grietas por contracción plástica y fisuras de carácter lineal sin acero de refuerzo con poco recubrimiento para evitar que la fisura vuelva a surgir. Este tipo de resina epólica debe cumplir con la norma ASTM C881/881 M.

Se deben de verificar las posibles causas del agrietamiento para proceder a corregirlas, previo a su reparación.

La preparación del área debe incluir los siguientes pasos:

- (1) Limpiar el área a reparar para asegurar que no exista contaminación en la superficie**

antes de aplicar el producto sellador, puede utilizar métodos manuales, chorro de aire o lavado con agua a presión.

- (2) Se procede a ampliar las grietas con una contorneadora o pulidora, el ancho de disco para este tipo de reparación puede ser suficiente. Debe dejarse secar la superficie a trabajar antes de aplicar la resina epólica.**
- (3) Proceder a sellar las fisuras llenando las mismas con un adhesivo epóxico, el cual por su baja viscosidad y por gravedad penetra en dichas fisuras adhiriendo el concreto entre sí. Puede colocarse arena alrededor de las fisuras para crear una especie de embalse dejando que el producto ingrese por gravedad hasta llenar las fisuras en su totalidad.**
- (4) Al finalizar el llenado de las fisuras, en la superficie se debe agregar arena para obtener un área de anclaje sobre el adhesivo epóxico y con ello asegurar una mejor adherencia en la aplicación de otro tipo de acabado en la superficie. Puede requerir pulir la superficie 24 horas después de la aplicación para remover los excedentes en el área trabajada.**

De ser necesario, se puede utilizar un mejoramiento de la apariencia superficial tal como se indica en la Especificación 502.14.

Es recomendable limpiar las juntas alrededor del área de reparación para garantizar su funcionamiento.

502.12 Elevación de losas del pavimento. Este trabajo consiste en levantar, nivelar y darle soporte al pavimento de concreto a los niveles especificados, perforando agujeros e inyectando lechada de cemento hidráulico o una lechada apropiada que cumpla con las especificaciones de morteros estructurales.

- (a) Perforación de los agujeros.** El Contratista debe proponer al Delegado Residente para su aprobación la localización de los agujeros de inyección. Los agujeros deben perforarse

redondos, verticales y con un diámetro menor de 50 milímetros, evitando romper el fondo del pavimento.

- (b) **Levantado.** Se deben establecer los puntos altos del pavimento para monitorear el movimiento de la losa. Se debe introducir dentro del agujero una manguera que conecte la planta de producción de la lechada al agujero. No se debe permitir que el extremo de descarga de la manguera se extienda debajo de la superficie inferior del pavimento de concreto.

Cuando se levante un pavimento de concreto con refuerzo continuo, se debe permitir la inyección de la lechada para elevar el pavimento hasta que la diferencia sea de 3 milímetros de una pita que se coloque para marcar el nivel. Cuando se levanten pavimentos con juntas y losas de aproximación de puentes, se debe permitir la inyección para elevar el pavimento dentro de los 6 milímetros de los niveles transversal y longitudinal.

Se permitirán presiones continuas de hasta 1.4 MPa (200 psi). Se podrán utilizar presiones de 2 MPa (290 psi), pero únicamente por períodos cortos (30 segundos o menos). Si el pavimento está ligado a la Subbase, se permitirán pequeñas elevaciones en la presión (10 segundos o menos) hasta de 4.1 MPa (600 psi). El bombeo debe detenerse si la lechada se sale por las grietas, juntas, hombros o produce contrapresión en la manguera.

- (c) **Sobre elevación.** Se debe perfilar el pavimento que se haya elevado arriba de las tolerancias especificadas para el nivel final. Si la sobre elevación es mayor de 25 milímetros, se deben remover y reemplazar las losas afectadas de acuerdo con lo indicado en la Sección 501.
- (d) **Grietas.** Las grietas nuevas que aparezcan durante la inyección de la lechada en los agujeros serán consideradas como aplicaciones impropias de las técnicas utilizadas para la inyección. Si aparecen grietas en cualquier agujero de

inyección, se debe remover y reemplazar la losa o la parte de la losa afectada de acuerdo con lo indicado en la Sección 501.

- (e) **Sellado de los agujeros.** Después de que la lechada haya fraguado y se remuevan los tapones del agujero, se debe remover toda la lechada de los agujeros en toda la profundidad de la losa y éstos deben ser llenados con un mortero epóxico. Se deben reparar los agujeros dañados.

502.13 Sellado inferior y estabilización de losas.

Este trabajo consiste en el bombeo de una mezcla de lechada de cemento hidráulico dentro de los agujeros perforados en el pavimento y dentro de los vacíos existentes debajo de las losas para estabilizar y sellar por abajo (sellado inferior) el pavimento de concreto.

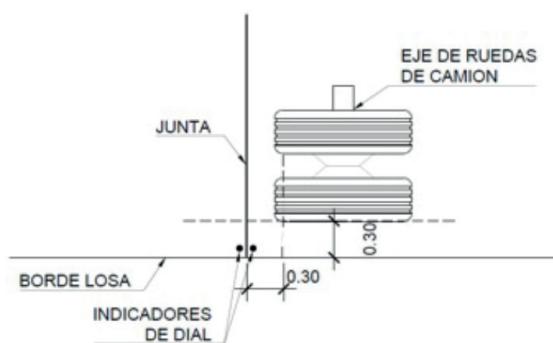
- (a) **Ensayos preliminares.** Todos los ensayos deben ser efectuados de preferencia en la noche o de día cuando haya evidencia de que las losas no se atasquen debido a la dilatación térmica. Se pueden continuar los ensayos si no se traban las losas y si no se someten a compresión. El equipo de prueba debe cumplir con lo indicado en la Especificación 502.05 (i).

Se debe ensayar cada losa designada utilizando un método estático de la siguiente manera:

- (1) Se debe colocar un juego de indicadores de dial, con un medidor en la esquina de cada losa a ambos lados de la junta cerca de la orilla del pavimento.
- (2) Se deben fijar en cero los indicadores de dial a cada lado de la junta sin ninguna carga en la losa.
- (3) Para llevar a cabo el ensayo, se debe mover el camión a su posición inicial y detenerlo con el centro del eje 300 milímetros detrás de la junta y con la llanta externa a 300 milímetros de la orilla del pavimento. Se debe tomar la lectura del medidor trasero.

- (4) Se debe mover el camión a través de la junta a una posición similar 300 milímetros más adelante de la junta y detenerlo. Se debe tomar la lectura del medidor delantero.
- (5) Se debe repetir el proceso para cada junta a ser ensayada. Se deben sellar todas las losas que tengan una deflexión de más de 0.8 milímetros.

Figura 502.12
Posición de las llantas respecto a la orilla del pavimento.



- (b) **Perforación de los agujeros.** Los agujeros se deben perforar utilizando el patrón requerido para los mismos. Se podrá aprobar un patrón alterno basado en los resultados de las pruebas sobre las losas y las condiciones *in situ*. El tamaño del agujero debe ser el adecuado para proveer un sello positivo por medio de la boquilla de bombeo. Para el primer sellado inferior, se deben perforar agujeros hasta una profundidad de 75 milímetros debajo del fondo del concreto.

El número, profundidad y localización de los agujeros para el segundo sellado inferior, si éste se hace necesario, debe ser presentado para su revisión y aprobación.

- (c) **Limpieza de los agujeros.** Después de perforar los agujeros y antes de bombear la lechada para el sellado inferior, se debe limpiar el agujero con aire comprimido para remover los desechos y proveer un pasaje adecuado para la lechada.

- (d) **Bombeo de la lechada para el sello inferior.** La lechada debe ser bombeada en todos los agujeros.

Se debe sellar la boquilla de la manguera de descarga en el agujero para mantener la presión de la lechada debajo de la losa. No se debe permitir que el extremo de la boquilla se extienda debajo del fondo del concreto.

Se debe continuar el bombeo dentro del agujero hasta que la lechada fluya afuera de otros agujeros, juntas o grietas o hasta que la losa se empiece a elevar. La introducción de la lechada se debe interrumpir si la losa o el hombro adyacente se empiezan a elevar.

Durante el bombeo y la introducción de la lechada, se deben controlar los dispositivos para medir la elevación con el fin de evitar presiones de bombeo mayores de 700 KPa (100 psi) y elevaciones de la losa mayores de 1.3 milímetros medidos como el movimiento total acumulado en la esquina exterior de la junta. No se deben tapar los agujeros durante la introducción de la lechada.

Se debe evitar el agrietamiento y la ruptura de la losa. Las losas dañadas deben ser removidas y reemplazadas de acuerdo con lo indicado en la Sección 501.

- (e) **Sellado permanente de los agujeros.** Después de que haya fraguado la lechada, se debe remover toda la lechada en los agujeros en toda la profundidad de la losa y se deben llenar los agujeros con mortero epóxico o con lechada que no se contraiga. Se deben reparar los agujeros dañados.
- (f) **Ensayos de estabilidad.** Después de sellar por debajo las losas designadas y de que éstas hayan sido ensayadas de acuerdo con lo indicado en el inciso (a) antes mencionado y después de que hayan transcurrido 24 horas, se deberá sellar por debajo cualquier otra losa que continúe presentando exceso de movimiento. El Delegado Residente podrá aceptar u ordenar el reemplazo de cualquier losa que continúe presentando movimiento en exceso al especificado después de haber sido sellada por debajo dos veces. Las losas

designadas deben ser removidas y reemplazadas de acuerdo con lo indicado en la Sección 501.

502.14 Colocación de barras de transferencia o dovelas. Cuando, por el aumento de cargas de tráfico, se denote que hay necesidad de transferencia de carga entre una losa y otra, se colocarán dovelas entre las losas. Para ello, se cortarán ranuras con sierra del ancho de la dovela. Se colocará ésta y se sellará la ranura con un concreto con una resistencia igual o mayor a la del pavimento existente. Para la debida adherencia entre el concreto existente y el nuevo concreto, deberá aplicarse un aditivo epóxico que la garantice.

El refuerzo del pavimento mediante la adición de barras de transferencia de carga o dovelas se podrá efectuar según las siguientes condiciones:

- (a) En pavimentos con poca eficiencia en la transferencia de carga debido a la ausencia de dovelas o de espaciamientos mayores que lo adecuado, se procederá a la colocación de dovelas adicionales. Cuando se detecten erosiones en la Subbase o base y esto afecte la transferencia de carga, se procederá a efectuar inyecciones para reponer el material erosionado y resellar las zonas por donde se producen las infiltraciones de agua y adicionar las dovelas que sean necesarias.
- (b) En pavimentos en los que debido a un excesivo espaciamiento de juntas transversales o inadecuada eficiencia en la transferencia de carga en los que se han producido escalonamientos o se presenta la posibilidad de que se registren nuevos escalonamientos, se procederá a la colocación de dovelas adicionales.

Para determinar si se deben insertar barras de transferencia o dovelas, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Eficiencia en la transferencia de carga (LTE) $< 60\%$ (medido con FWD).
- Escalonamiento mayor a 2.5 mm.
- Una deflexión diferencial mayor de 0.25 mm,

medida como se indica en la Especificación 502.13 (a).

Se recomienda que las propiedades del mortero de reparación cumplan una resistencia a la compresión de $> 20.7 \text{ MPa}$ (3000 psi) a las 3 horas, $> 34.5 \text{ MPa}$ (5000 psi) a las 24 horas, con una contracción menor del 0.13 % a los 4 días.

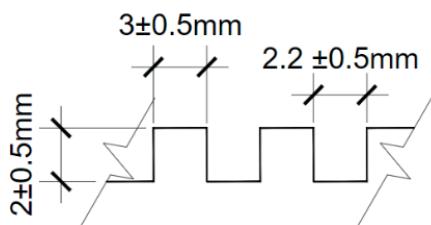
Las barras de transferencia o dovelas deben de tener un recubrimiento resistente a la corrosión y cumplir con la Especificación AASHTO M 254, si el recubrimiento resistente a la corrosión genera una adherencia con el concreto se requerirá el uso de un recubrimiento lubricante, según las recomendaciones del fabricante, el que se colocará en toda la longitud de la barra. El diámetro y longitud de las dovelas deberán de ser los indicados en la Especificación 501.03 (g) (3) y deben cumplir con las tolerancias de alineamiento vertical y horizontal indicados en la Especificación 501.12.

502.15 Fresado superficial con discos de diamante. Este trabajo consiste en el fresado del pavimento de concreto existente para corregir el escalonamiento hasta que la superficie en ambos lados de las juntas o grietas sin incluir el pavimento de los hombros y se debe proveer un drenaje lateral adecuado. La transición del fresado del carril auxiliar o de una rampa debe hacerse uniformemente, desde la orilla de la línea principal, para proveer una superficie aceptable para el paso del tránsito.

Se deben remover los residuos sólidos de la superficie del pavimento antes de restablecer el tránsito vehicular. No se debe permitir que los residuos fluyan a través de los carriles utilizados por el tráfico o dentro de los drenajes.

Se debe producir una textura en la superficie consistente de ranuras de 3 ± 0.5 milímetros de ancho. Se debe proveer un espaciamiento entre las ranuras de 2.2 ± 0.5 milímetros; y una diferencia entre los picos de las lomas y el fondo de las ranuras de aproximadamente 2 ± 0.5 milímetros, como se muestra en la Figura 502-13.

Figura 502.13
Esquema de ranuras en textura del pavimento



La superficie del pavimento debe ser examinada para determinar su texturizado de acuerdo con lo indicado en la Sección 501. Se deben revisar, de manera aleatoria, las juntas transversales y las grietas utilizando para ello una regla escantillón de 3 metros. La diferencia de nivel entre los planos de las superficies a los lados adyacentes de las juntas o grietas y entre cada cepillada debe ser menor de 1.6 milímetros. La pendiente transversal del pavimento no debe tener depresiones o diferencias de nivel en la pendiente mayores de 5 milímetros en tres metros, al ser examinadas en dirección perpendicular a la línea central. El requerimiento del escantillón no se aplicará a través de las juntas longitudinales o fuera de las áreas de fresa.

502.16 Fracturado del pavimento de concreto. Este trabajo consiste en la fracturación del pavimento de concreto existente y en asentar firmemente o compactar el pavimento antes de efectuar un recapeo. Se debe utilizar uno de los métodos siguientes:

(a) Agrietamiento y asentamiento. Se debe agrietar el pavimento de concreto existente hasta formar grietas finas que abarquen la profundidad total de la losa, en pedazos con un tamaño aproximado de 0.5 a 1.0 metros. Se deben asentar los pedazos firmemente en el lecho de cimentación.

(b) Rotura y asentamiento. Se debe romper el pavimento de concreto hasta formar grietas finas que abarquen la profundidad total de la losa formando pedazos con un tamaño aproximado de 0.4 a 0.6 metros. Se debe romper el refuerzo o romper la adherencia del concreto y se deben asentar los pedazos firmemente sobre el lecho de cimentación.

El asentado del pavimento rígido se logra por medio de un mínimo de 2 pasadas de un rodo de 45 toneladas métricas o de 4 a 7 pasadas de un rodo de 32 toneladas métricas hasta que los pedazos de concreto se asienten firmemente. La compactación del pavimento rígido se logra por medio de un mínimo de 2 pasadas de un rodo vibratorio de 9 toneladas métricas. El Delegado Residente determinará el número máximo de pasadas del rodo en la sección de prueba para asegurar que el asentamiento o la compactación se logre sin dañar el pavimento. Todos los pedazos sueltos de concreto roto que no hayan sido asentados firmemente deben ser removidos.

(c) Demolición, asentamiento y compactación. Este procedimiento implica la demolición y reconstrucción del pavimento existente para obtener fragmentos con un tamaño aproximado entre 0.05 a 0.15 metros. Estos trabajos deberán efectuarse en tramos de suficiente longitud que no admitan reparaciones en áreas limitadas. Una guía para seleccionar un tramo a reconstruir se presenta en el Manual MS-4 del Instituto de Asfalto (Asphalt Institute) que indica que la decisión de demoler un pavimento, o una capa de refuerzo no adherida, corresponde a ingenieros calificados, pero cita referencias que indican que se debe considerar una demolición cuando se cumplen una o más de las siguientes condiciones:

- Más del 20% de las juntas del pavimento requieren reparación.
- Más del 20% de la superficie del pavimento ha sido bacheada.
- Más del 20% de las losas de concreto presentan quebraduras.
- Más del 20% de las juntas longitudinales presentan daños de más de 4 pulgadas de ancho.

Se debe tener en cuenta que los equipos y procedimientos de demolición han evolucionado para

producir fragmentos de tamaño reducido para ser aplicados en losas relativamente gruesas construidas sobre bases mejoradas, pero la efectividad de este procedimiento disminuye cuando hay suelos inestables en la subrasante o existen bases de mala calidad, por lo que este tipo de materiales inestables deben ser removidos y reemplazados por capas de base triturada de alta calidad de conformidad como se especifica en la Sección 305 o incluso por capas de concreto asfáltico como se especifica en la Sección 401. Otro aspecto que debe ser tomado en consideración es el de la protección de las estructuras de drenaje y servicios subterráneos, que previo al inicio del procedimiento de demolición del pavimento, deben ser identificados y localizados para evitar que sean dañados por estas actividades de demolición del pavimento. En el caso que durante este proceso se provoquen daños a las estructuras de drenaje y de servicios por el incumplimiento de las debidas precauciones por parte del Contratista, éste deberá asumir los costos de estas reparaciones.

Antes del inicio de los trabajos de demolición del pavimento, se deben remover todas las mallas y varillas de refuerzo que sobresalgan de la superficie del pavimento, también deben ser removidos todos los rellenos de madera o plástico usados en las juntas de construcción

El equipo a ser usado tiene que consistir en equipos pesados de impacto y resonancia, especiales para demoler losas con espesores mayores de 300 mm o demoledoras de cabezas múltiples para ser usadas en pavimentos de menor espesor. El equipo indicado debe ser complementado con compactadoras vibratorias con un peso y geometría del rodo específico para este tipo de trabajo.

El equipo de demolición, asentamiento y compactación del pavimento, especializado para estas tareas, deberá ser especificado en detalle en la oferta del contratista indicando su identificación, Especificaciones Técnicas, suministro y operación, datos que serán incluidos en el contrato correspondiente.

En la realización de estos trabajos, previamente se debe remover el acero de refuerzo expuesto y la

malla de refuerzo, si ese fuera el caso. Los pedazos deben ser compactados en una sola capa.

El Delegado Residente tendrá que designar el tramo a ser fracturado. El Contratista debe fracturar dicho tramo utilizando distintas energías y alturas de los golpes para establecer un patrón de agrietamiento satisfactorio y distribuido uniformemente. Se deben obtener testigos del pavimento de 150 milímetros de diámetro en 10 localizaciones designadas sobre las grietas para verificar que éstas atraviesen el espesor total del pavimento.

Cuando se esté fracturando un tramo de prueba, se debe suministrar agua para humedecer el pavimento después de fracturarlo, para ayudar a determinar visualmente el patrón de fracturación. Se debe suministrar y aplicar agua a un tramo inspeccionado por lo menos una vez al día para verificar que se ha mantenido un patrón de fracturado satisfactorio. Cuando sea aprobado, se deberá ajustar la energía o la altura de caída según los resultados del tramo examinado.

El asentamiento del pavimento rígido conforme se indica en los incisos anteriores (a) y (b), se logra por medio de un mínimo de 2 pasadas de un rodo de 45 toneladas métricas o de 4 a 7 pasadas de un rodo de 32 toneladas métricas hasta que los pedazos de concreto se asienten firmemente. La compactación del pavimento rígido se logra por medio de un mínimo de 2 pasadas de un rodo vibratorio de 9 toneladas métricas. El Delegado Residente determinará el número máximo de pasadas del rodo en la sección de prueba para asegurar que el asentamiento o la compactación se logre sin dañar el pavimento. Todos los pedazos sueltos de concreto roto que no hayan sido asentados firmemente deben ser removidos. Los agujeros remanentes deben ser llenados con concreto asfáltico que cumpla con lo indicado en la Sección 401.

Previo a la colocación de una capa asfáltica, se deberá aplicar un riego de liga en toda la profundidad de la losa, de acuerdo con lo indicado en la Sección 408, en las paredes casi verticales de las cuales se removió el concreto fracturado.

Se debe remover el acero de refuerzo expuesto y la malla de refuerzo remanentes, si ese fuera el caso. Los pedazos deben ser compactados en una sola capa.

El Delegado Residente tendrá que designar el tramo a ser fracturado. El Contratista debe fracturar dicho tramo utilizando distintas energías y frecuencia de los golpes para establecer un patrón de agrietamiento satisfactorio y distribuido uniformemente. Se deben obtener testigos del pavimento de 150 milímetros de diámetro en 10 localizaciones designadas sobre las grietas para verificar que éstas atraviesen el espesor total del pavimento.

Cuando se esté fracturando un tramo de prueba, se debe suministrar agua para humedecer el pavimento después de fracturarlo, para ayudar a determinar visualmente el patrón de fracturación. Se debe suministrar y aplicar agua a un tramo inspeccionado por lo menos una vez al día para verificar que se ha mantenido un patrón de fracturado satisfactorio. Cuando sea aprobado, se deberá ajustar la energía o la altura de caída según los resultados del tramo examinado.

Se debe evitar la formación de grietas longitudinales continuas. No se debe fracturar el pavimento ubicado dentro de 3 metros de alcantarillas existentes de tubería o de caja.

Las depresiones de 25 milímetros o más, resultantes de la compactación, deben ser rellenadas con agregado graduado y éste debe ser compactado.

Si no se logra fracturar el pavimento a los tamaños especificados debido a la presencia de una subsanante mala, el pavimento debe ser removido y reemplazado con agregado que cumpla con los requisitos de la Sección 305.

Se deben limpiar y sellar las juntas y grietas existentes conforme se indica en la Especificación 406.05.

La primera capa de concreto asfáltico debe colocarse dentro de las 48 horas posteriores a la

operación de fracturado. Si el pavimento se abre al paso del tráfico público después de efectuar el fracturado, pero antes de colocar el recapeo de concreto asfáltico, se debe barrer y bachejar la superficie para mantener una capa de rodadura segura.

502.17 Mejoramiento de la apariencia superficial posterior a una reparación. Este procedimiento es aplicable únicamente para mejorar la apariencia de la superficie del pavimento posterior a una reparación de grietas o una intervención de patologías de carácter superficial, para el efecto se puede aplicar sobre la superficie del concreto un recubrimiento (topping) a base de cemento y un adhesivo de látex en una proporción 1:1 o 1:2 con agua para su mezcla y mejorar la adherencia de esta aplicación.

Se debe delimitar el área de aplicación de este proceso, el cual puede ser local sobre la reparación de grietas o sobre la losa completa intervenida, lo anterior en función de los requerimientos del proyecto, la tonalidad con respecto a la losa del pavimento existente puede variar.

Antes de la aplicación debe asegurarse que la superficie del concreto quede libre de polvo o cualquier otro tipo de residuo que impida la adherencia de los materiales.

Después de haberse efectuado la aplicación, se debe mantener la superficie tratada cerrada al tránsito por lo menos 24 horas para garantizar la adherencia de la mezcla.

502.18 Apertura al tránsito. No se debe permitir el tránsito vehicular en el pavimento bacheado con concreto de cemento hidráulico hasta que haya alcanzado una resistencia a la compresión de 25 MPa (3630 psi) o 2.7 MPa (400 psi) cuando ensayado de acuerdo con la norma AASHTO T 22 (NTG 41017 h1 / ASTM C39 / ASTM C78) o hasta que la lechada utilizada para el levantamiento o el sellado inferior del pavimento haya alcanzado una resistencia de 4.2 MPa (600 psi) cuando se ensaye una probeta de 160 milímetros cuadrados de acuerdo con AASHTO T 197. (NTG 41017 h12 / ASTM C403).

No se permitirá el paso de tránsito vehicular en las juntas selladas, cuando el sello aún esté pegajoso y los desechos del tránsito vehicular se empotren en el sello.

502.19 Medida. La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de bacheo de pavimento rígido, efectuado satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

El sellado de juntas y de grietas se debe medir por metro lineal medido a lo largo de la alineación de la grieta o junta.

La lechada para la elevación del pavimento y el sellado inferior se debe medir por metro cúbico en la bomba.

Los agujeros para el sellado inferior deben ser medidos por unidad.

El fresado con discos de diamante, el fracturado y el asentamiento del pavimento debe ser medidos por metro cuadrado.

502.20 Pago. El pago se debe hacer por el número de metros cuadrados, de metros lineales o por las unidades medidas como se indica anteriormente, al costo unitario de contrato correspondiente a Restauración de Pavimentos de Concreto de Cemento Hidráulico, cuyo costo incluye el trabajo estipulado en esta Sección, de conformidad con lo indicado en la Especificación 110.02.

RESUMEN DE NORMAS

Ensayos		Materiales	
Resistencia a la compresión de especímenes de concreto	AASHTO T 22 NTG 41017 h1	Barras corrugadas de acero de lingote	AASHTO M 31
Ensayo de flexión carga a tercios de la luz	AASHTO T 97 NTG 41017 h2	Dovelas con revestimiento resistente a la corrosión tipos a y b	AASHTO M 254
Tiempo de fraguado del concreto	AASHTO T 197 NTG 41017 h12	Barras de acero al carbón forjadas en caliente	AASHTO M 255
		Especificaciones para grout (lechada)	ASTM C 476 NTG 41052
		Especificaciones para agentes de látex para unir concreto fresco con endurecido	ASTM C 1059
		Especificaciones para sistemas de unión a base de resina epóxica para concreto endurecido	ASTM C 881

ÍNDICE ALFABÉTICO

A

Abrasión 197, 241, 248, 315, 318, 322, 325, 328, 332, 337, 340, 344, 375, 382, 386, 420, 442, 449, 459, 467, 471, 475, 484, 486, 489, 500, 502, 584

ABREVIATURAS Y DEFINICIONES 15

AA 17	EN-1317 18
AASHTO 17	FHWA 18
AASHTO R69 17	GRI 18
Abreviaturas 17	GSA 18
ACI 17	GUATECOMPRAS 18
ACPA 17	HDPE 18
AI 17	IDAEH 18
AISC 17	IGSS 18
AISI 17	INAB 18
ANSI 17	INE 18
ARTBA 17	INTECAP 18
ASTM 17	IRTRA 18
ATE 17	ISO 18
AWS 17	IVA 18
BM 17	MARN 18
CONAP 17	MASH 18
COVIAL 17	MICIVI 18
DGA 17	NBS 18
DGC 18	NOG 19
DPE 18	OC 19
DSC 18	OTS 19
DTI 18	PCA 19
EAI 18	PCI 19
EIA 18	PE 19
	PP 19
	PTI 19
	RGAE 19
	SNIP 19
	SSPC 19
	UL 19

ACARREO LIBRE Y ACARREO 187	
Definiciones 189	
Descripción 189	
Límite de acarreo libre 189	
Materiales a ser transportados 189	
Medida 189	
Pago 189	
Requisitos de construcción 189	
Accesorios para la explosión 199, 201, 203	
ACEPTACIÓN DEL TRABAJO POR MEDIO DE EVALUACIÓN ESTADÍSTICA 63	
Aceptación 67	
Características de calidad 67	
Categoría 67	
Certificación 66	
Certificación comercial 66	
Certificación de producción 66	
Conformidad con la medida, prueba o ensayo 66	
Cumplimiento de los requerimientos contractuales 65	
Evaluación estadística 68	
Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago 66	
factor de pago 66	
Frecuencia de muestreo 67	
Inspección 66	
Inspección en la planta 69	
Límites especificados 67	
Métodos de ensayo 67	
Tamaño del lote 67	
Ubicación de los puntos de muestreo 67	
Acera o banqueta 21	
Acero 52, 53, 144, 170, 239, 247, 248, 250, 263, 264, 265, 266, 275, 279, 280, 281, 507, 561, 563, 565, 567,	
572, 573, 576, 578, 582, 583, 585, 590, 599, 604, 605, 606	
Acero de refuerzo 273, 275, 584	
Acero sin revestimiento 263, 264	
Acuerdo de Cambio 21, 101, 102	
Acuerdo de Renegociación de Costos 101, 102	
Acuerdo de Trabajo Extra 17, 21, 45, 95, 103, 136, 312, 320, 331, 339, 360, 384, 447, 548, 581, 582	
Adhesivo de látex 589	
Adhesivos de resina epóxica 589	
Aditivos antidesvestimiento 433	
Aditivos retardantes del fraguado y endurecimiento 345	
Adjudicación 21, 22	
ADJUDICACIÓN DE LA LICITACIÓN 35	
Anticipo al contratista 39	
Aprobación de la adjudicación y formalización del contrato 38	
Calificación y adjudicación de las ofertas 37	
Formalidades de las garantías 40	
Garantía de anticipo 39	
Garantía de conservación de obra 39	
Garantía de cumplimiento 38	
Garantía de saldos deudores 40	
Rechazo de ofertas 37	
Seguros 41	
Variaciones del monto del contrato 38	
Administración de fuentes de materiales 57, 60	
Agente reciclador 453, 454, 455	
APILAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS 407	
Concreto asfáltico en caliente 453	
Concreto Asfáltico en Caliente 453	
Relleno permeable 185	
Sellos asfálticos 487	
Tratamiento superficial 483	

Ajuste de pago 105
 Alcance de los pagos 97, 99
 Alcance del trabajo 43
 Alcantarilla 22, 181
 Almacenamiento de materiales 57, 61
 Aceptación 270
 Acopladores 264
 Almacenamiento y manejo 267
 Cambios durante la ejecución de una obra 45
 Campamentos para el personal del contratista 45
 Campamentos para el personal del estado 46
 El contrato, planos y especificaciones 45
 Trabajo extra 45

ANCLAJES GEOTÉCNICOS PERMANENTES 261

Cabeza de amarre 263
 Centralizadores 265
 Definición 263
 Descripción 263
 Dispositivo de cierre 270
 Dispositivos de anclaje 265
 Equipo para la prueba 268
 Especialización 265
 Fabricación de la armadura 265
 Generalidades 263
 Grasa 264
 Instalación 267
 Lechada 264
 Longitud de anclaje 265
 Longitud libre 264
 MATERIALES 263
 Medida 271
 Pago 271
 Placas de apoyo 266
 Prueba de carga 270
 Pruebas de desempeño 269
 Pruebas y aplicación de esfuerzos 268
 Requisitos de los materiales 263
 Separadores 266

Tensores 263
 Trompeta 266
 Vaina 264
 Zona de anclaje 263
 Zona libre no anclada 263

ANCLAJES GEOTÉCNICOS PERMANENTES 261

Anticipo al contratista 35, 39
 Anuncio 22, 29, 31
 Anuncio de licitación pública 31
 Apertura al tránsito 47, 54, 587, 605
 Almacenamiento de agregados 409
 Apilamiento de agregados 409

APILAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS 407

Definiciones 409
 Descripción 409
 Disponibilidad de los agregados 410
 Materiales 409
 Medida 410
 Pago 410
 Preparación de los lugares para apilamiento y almacenamiento 409
 Protección de los agregados 410
 Selección de los lugares para apilamiento y almacenamiento 409
 Aplicación del material bituminoso 531
 Aprobación de la adjudicación 35, 38
 Aceptación 548
 Aditivos antidesvestimiento 542
 Aplicación del material bituminoso 544
 Aplicación y mezcla en la carretera con mezcladora móvil 544
 Aplicación y mezcla en la carretera por riegos 544
 Aplicación y mezcla en planta 544

ARENA ASFALTO 537

Arena asfalto o lámina asfáltica 539
 Calentamiento del material bituminoso 543

Cantidad de material bituminoso 544
Capa de arena asfalto 539
Capa de lámina asfáltica (Sheet Asphalt) 539
Características de plasticidad 540
Compactación 546
Control de calidad en las características de los materiales 546
Control de calidad, tolerancias y aceptación 546
Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción 546
Correcciones 548
Curado de las mezclas en frío 544
Espesor 548
Formula de trabajo 545
Graduación 539
Impurezas 539
Materiales 539
Medida 548
Pago 549
Peso 540
Preparación del agregado 543
Preparación del material bituminoso 543
Producción del agregado 543
Requisitos de clima 545
Requisitos de construcción 542
Requisitos para el agregado 539
Requisitos para el material bituminoso 541
Requisitos para el polvo mineral 540
Requisitos para la mezcla de arena asfalto 542
Requisitos para las plantas mezcladoras 545
Requisitos para los materiales 539
Resumen de normas 550
Superficie 547
Tanques de almacenamiento y equipo 543
Tolerancias en la fórmula de trabajo 547
Tolerancias en las características de los materiales 546
Transporte de la mezcla de arena asfalto 545

ASFALTOS MODIFICADOS 551

Definición 553
Elastómeros 553
Descripción 539
Desintegración al sulfato de sodio 539
Determinación del procedimiento de construcción 542
Especificaciones de los asfaltos modificados
Tipo I 555
Especificaciones de los asfaltos modificados
Tipo II 556
Especificaciones de los asfaltos modificados
Tipo III 557
Medida y pago 558
Normas de aplicación 558
Plastómeros 553
Polímeros típicos utilizados para modificar asfaltos 554
Resumen de normas 559
Tipo I 555
Tipo II 556
Tipo III 557
Tipos de cementos asfálticos modificados 554
Usos de los cementos asfálticos modificados 557
Usos del Tipo I 558
Usos del Tipo II 558
Usos del Tipo III 558

B

Bacheo 139, 463, 489, 503, 505, 506, 509, 571, 596, 606
Balasto 22, 157, 193, 194, 195, 196
Bancos de materiales 33, 53, 62, 89, 305, 308, 348, 390, 583
Barras de sujeción 563, 565, 566, 567, 571, 575, 576
Barricadas 135, 136
Básculas para pesar la mezcla producida 380

BASE ASFÁLTICA EN CALIENTE 373

Calentamiento del cemento asfáltico 379
Calibración de la planta 380
Cantidad de cemento asfáltico 380
Capacidad e instalación 379

- Caras fracturadas y partículas planas y alargadas 382
 - Carga y transporte de la mezcla 381
 - Cemento asfáltico 382, 385
 - Colectores de polvo 380
 - Colocación y tendido 381
 - Compactación 381
 - Control de calidad de los materiales 382
 - Control de calidad, tolerancias y aceptación 382
 - Correcciones 384
 - Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista 384
 - Definición 375
 - Deflexión 383
 - Descripción 375
 - Desintegración al sulfato de sodio 375
 - Determinación del procedimiento de construcción 378
 - Dispositivos para dosificar 380
 - Espesor 383
 - Graduación 375
 - Granulometría 382
 - Impurezas 375
 - Juntas 381
 - Materiales 375
 - Medida 384
 - Mezcla 379
 - Mezcla asfáltica 382
 - Pago 385
 - Peso 376
 - Plasticidad 375
 - Plasticidad y equivalente de arena 382
 - Preparación de la superficie 381
 - Preparación del cemento asfáltico 379
 - Preparación del material petreto para mezcla en planta 378
 - Producción del material pétreo 378
 - Requisito para el material pétreo 375
 - Requisitos de clima 380
 - Requisitos de construcción 378
 - Requisitos de seguridad 380
 - Requisitos para el cemento asfáltico 376
 - Requisitos para el material de relleno 376
 - Requisitos para la mezcla 377
 - Requisitos para las plantas mezcladoras 379
 - Requisitos para los materiales 375
 - Resistencia al desvestimiento 376
 - Resumen de normas 386
 - Secador 379
 - Silo de almacenamiento 380
 - Superficie 383
 - Tanques de almacenamiento y equipo 379
 - Tolerancias en la fórmula de trabajo 383
 - Tolerancias en las características de los materiales 382
 - Tolerancias en los requisitos de construcción 382
 - Tolvas 379
 - Trabajo nocturno 382
 - Unidad mezcladora 380
 - Zarandas 379
 - Bases de licitación 29, 32
 - Bombeo 167, 173, 601
- C**
- Cal 194, 227, 297, 298, 299, 300, 303, 341, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 351, 357, 358, 359, 363, 376, 387, 391, 392, 393, 394, 422, 434, 489, 492, 498, 501, 540, 594
 - Cal hidratada 194, 297, 301, 344, 358, 363
 - Calificación y adjudicación de las ofertas 35, 37
 - Calzada 22
 - Cambios durante la ejecución de una obra 45
 - Cambios en los planos o Especificaciones 92, 102
 - Campamentos 46, 82, 84, 89, 150
 - Campamentos para el personal del contratista 43, 45
 - Campamentos para el personal del estado 43, 46
 - Cemento y aditivos 369
 - Compresión no confinada 369
 - Contenido del cemento y aditivos 369
 - Control de calidad en características de los materiales 369
 - Control de calidad, tolerancias y aceptación 369

Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción 369

Control de tránsito y mantenimiento 369

CAPA DE BASE DE SUELO CEMENTO 365

Cemento hidráulico 368

Combinación de varios materiales a estabilizar 368

Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos 368

Conglomerantes hidráulicos 368

Definición 367

Descripción 367

Determinación del procedimiento de estabilización 368

Espesor de la base de suelo cemento 368

Graduación 367

Impurezas 367

Materiales 367

Peso 367

Plasticidad 367

Requisitos de construcción 368

Requisitos para el agua 368

Requisitos para el cemento hidráulico y otros materiales 367

Requisitos para la mezcla del suelo cemento 368

Requisitos para los suelos a estabilizar 367

Requisitos para materiales de curado. 368

Resistencia 368

Resistencia a compresión no confinada 368

Resistencia a mojado y secado 368

CAPA DE PROTECCIÓN DE LA SUBRASANTE 191

Aceptación 196

Balasto 193

Balasto con conglomerante hidráulico 193

Balasto y balasto con conglomerante hidráulico 196

Colocación 194

Colocación y mezcla 194

Compactación 195

Conglomerante hidráulico 193

Curado 195

Definición 193

Descripción 193

Dosificación 194

Medida 196

Pago 196

Requisitos de construcción 194

Resumen de normas 197

CAPA DE SUBBASE COMÚN 305

Colocación 308

Colocación y tendido 308

Compactación 310

Conformación y compactación 309

Control de calidad en los materiales 309

Control de calidad, tolerancias y aceptación 309

Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción 310

Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas, laminación 311

Correcciones 307, 311

Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista 311

Correcciones por irregularidades del espesor de la superficie de la capa de subbase 311

Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista 311

Corrección por falta de homogeneidad 311

Definición 307

Deflexión 310

Descripción 307

Equivalente de arena 307

Espesor de la subbase 307

Explotación de los bancos de materiales 308

Granulometría 309

Impurezas 307

Materiales 307

Medida 312

Mezcla 308

Pago	312	Deflexión	329																																		
Piedras grandes y exceso de finos	307	Descripción	325																																		
Plasticidad	307	Equivalente de arena	326																																		
Plasticidad y cohesión	307	Espesor	329																																		
Plasticidad y equivalente de arena	309	Graduación	325																																		
Requisitos de construcción	308	Impurezas	325																																		
Requisitos para el material de subbase común	307	Material de relleno	326																																		
Resumen de normas	312	Materiales	325																																		
Riego de agua	309	Medida	331																																		
Selección del material	308	Mezcla	327																																		
Subbase común	307	Pago	331																																		
Superficie y espesor	310	Partículas planas o alargadas	325																																		
Tendido	308	Plasticidad y cohesión	326																																		
Tolerancias en las características de los materiales	310	Plasticidad y equivalente de arena	328																																		
Valor soporte	307	Producción del material de base	327																																		
CAPA DE SUBBASE Y BASE DE GRAVA O PIEDRA TRITURADAS 323		Requisitos de construcción	327																																		
Abrasión	325	Requisitos para los materiales	325																																		
Aceptación	330	Resumen de normas	332																																		
Base triturada	325	Riego de agua	327																																		
Caras fracturadas	325	Subbase triturada	325																																		
Caras fracturadas y partículas planas o alargadas	328	Superficie	329																																		
Colocación y tendido	327	Tolerancias de las características de los materiales	328																																		
Compactación	329	Valor soporte	325																																		
Conformación y compactación	327	CAPA DE SUBBASE Y BASE DE RECUPERACIÓN Y ESTABILIZACIÓN PAVIMENTO EXISTENTE 387																																			
Control de calidad de los materiales	328	Control de calidad, tolerancias y aceptación	328	Conformación y compactación	390	Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	329	Control de calidad, tolerancias y aceptación	391	Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación	330	Control de tránsito y mantenimiento	391	Correcciones	330	Correcciones	391	Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista	330	Definición	389	Correcciones por diferencias en el espesor	330	Descripción	389	Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista	330	Determinación del procedimiento de estabilización	389	Corrección por falta de homogeneidad	330	Escarificación, pulverización y estabilización del pavimento existente	390	Definiciones	325	Estabilización con productos químicos orgánicos e inorgánicos	391
Control de calidad, tolerancias y aceptación	328	Conformación y compactación	390																																		
Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	329	Control de calidad, tolerancias y aceptación	391																																		
Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación	330	Control de tránsito y mantenimiento	391																																		
Correcciones	330	Correcciones	391																																		
Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista	330	Definición	389																																		
Correcciones por diferencias en el espesor	330	Descripción	389																																		
Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista	330	Determinación del procedimiento de estabilización	389																																		
Corrección por falta de homogeneidad	330	Escarificación, pulverización y estabilización del pavimento existente	390																																		
Definiciones	325	Estabilización con productos químicos orgánicos e inorgánicos	391																																		

Material de aporte	389	Cantidad de aplicación	348
Materiales	389	Caras fracturadas y partículas planas o alargadas	344
Materiales a estabilizar	389	Cemento hidráulico	345
Materiales de curado	389	Combinación de varios materiales a estabilizar	348
Materiales estabilizadores	389	Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos	345
Material estabilizado	389	Conglomerantes hidráulicos para estabilización de suelos	345
Medida	391	Contenido de material estabilizador	358
Mezcla del material recuperado con el de aporte	389	Control de calidad en características de los materiales	358
Pago	393	Control de calidad, tolerancias y aceptación	358
Requisitos de clima	391	Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción	358
Requisitos de construcción	389	Control de tránsito	357
Requisitos de los materiales	389	Control de tránsito y mantenimiento	357
Requisitos para estabilización con cal hidratada y lechada de cal	391	Correcciones	359
Requisitos para estabilización con cemento hidráulico, conglomerantes hidráulicos o mezclas con otros estabilizadores	391	Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista	360
Requisitos para estabilización con emulsiones asfálticas	391	Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista	360
Resumen de normas	394	Curado	350
Escarificación, pulverización y estabilización del pavimento existente	390	Curado de la mezcla	357
Selección de los bancos para material de aporte	390	Definición	343
CAPA DE SUBBASE Y BASE ESTABILIZADA 341		Descripción	343
Abrasión	344	Desintegración al sulfato de sodio	344
Aceptación	359	Determinación del procedimiento de estabilización	347
Aditivos retardantes del fraguado y endurecimiento	345	Emulsión asfáltica	358
Afinamiento y compactación	350	Emulsiones asfálticas	345
Aqua	358	Espesor de la subbase o base estabilizada	347
Aireación	356	Estabilidad Marshall	346
Aplicación y mezcla en la carretera por mezcladora móvil o estabilizadora	355	Estabilización con compuestos químicos orgánicos e inorgánicos	357
Aplicación y mezcla en la carretera por riegos	355	Graduación	344
Aplicación y mezcla en planta	352	Impurezas	344
Base estabilizada	343	Juntas de construcción	351
Cal hidratada	344	Lechada de cal	344
Cal hidratada, cemento, conglomerantes hidráulicos	358	Mantenimiento	358
		Material a estabilizar para base	344

Material a estabilizar para subbase 343	Tolerancias en las características de los materiales 358
Materiales 343	
Medida 360	
Mezcla 348	
Mezcla en carretera 349	
Mezcla en planta 349	
Microfisuración 354	
Pago 361	
Plasticidad y equivalente de arena 344	
Puzolanas naturales o artificiales y cenizas volantes de carbón 345	
Requisitos de clima 357	
Requisitos de construcción 347	
Requisitos de tiempo para las operaciones de estabilización con cemento hidráulico 353	
Requisitos para el agua 345	
Requisitos para el material estabilizado 345	
Requisitos para emulsiones asfálticas de curado 347	
Requisitos para estabilización con cal o cal con otros estabilizadores 348	
Requisitos para estabilización con cemento hidráulico, conglomerantes hidráulicos o mezclas con otros estabilizadores 351	
Requisitos para estabilización con emulsión asfáltica 355	
Requisitos para los materiales a estabilizar 343	
Requisitos para los materiales estabilizadores 344	
Requisitos para materiales de curado 347	
Requisitos para otros materiales de curado 347	
Resistencia 346	
Resistencia a compresión no confinada 346	
Resistencia a mojado y secado 346	
Resumen de normas 363	
Selección de los materiales a estabilizar 348	
Subbase estabilizada 343	
Tendido 353	
Tendido del material 350	
Tolerancias de superficie 359	
Tolerancias en compactación 358	
Tolerancias en la aplicación del material estabilizador 359	
Tolerancias en la deflexión 359	
CAPA DE SUBBASE Y BASE GRANULAR 313	
Abrasión 315	
Aceptación 320	
Base granular 315	
Colocación y tendido 317	
Compactación 318	
Conformación y compactación 317	
Control de calidad de los materiales 318	
Control de calidad, tolerancias y aceptación 318	
Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción 318	
Corrección de defectos en la superficie, baches, grietas y laminación 320	
Correcciones 320	
Correcciones por defectos de construcción imputables al contratista 320	
Correcciones por diferencias en el espesor 320	
Correcciones por variaciones de diseño o causas no imputables al contratista 320	
Corrección por falta de homogeneidad 320	
Definiciones 315	
Deflexión 319	
Descripción 315	
Equivalente de arena 316	
Espesor 319	
Graduación 315	
Impurezas 315	
Material de relleno 316	
Materiales 315	
Medida 321	
Mezcla 317	
Pago 321	
Partículas planas o alargadas 315	
Plasticidad y cohesión 316	
Producción del material 317	
Requisitos de construcción 317	
Requisitos para los materiales 315	

Resumen de normas 322

Riego de agua 317

Subbase granular 315

Superficie 319

Tolerancias de las características de los materiales 318

Valor soporte 315

CONCRETO LANZADO 283

Acabado 287

Agregado fino 285

Agua 285

Cemento 285

Cemento hidráulico 298, 345, 363, 368, 372, 394, 584

Compactación de pedraplens 160

Compresión no confinada 358

Conciliación y arbitraje 47, 50

Colocación 286

Concreto lanzado 285

Definición 285

Descripción 285

Materiales 285

Medida 287

Método en seco 286

Método húmedo 286

Pago 287

Preparación de la superficie 286

Rebote 287

Requisitos de construcción 286

Requisitos de los materiales 285

Contenido de la oferta 29, 32

Control de costos para trabajo por administración 97, 104

CONTROL DEL TRABAJO 47

Delegado Residente 49

Director 49

Ingeniero Auxiliar 49

Inspectores 50

Supervisor Regional 49

Administración de fuentes de materiales 60

Almacenamiento de materiales 61

Bancos de materiales 62

CONTROL DE MATERIALES 57

Fuentes de abastecimiento y requisitos de calidad 59

Materiales importados 61

Pruebas de materiales 61

Apertura al tránsito de secciones de la obra 54

Aprobación de la liquidación 55

Conciliación y arbitraje 50

Conformidad con los planos y especificaciones 52

Controversia 50

Cooperación del contratista 53

Coordinación de las especificaciones generales, planos y disposiciones especiales 53

Inspección 53

Inspecciones para las estimaciones del trabajo efectuado 54

Inspección y recepción finales 55

Limpieza final del derecho de vía 54

Liquidación 55

Planos, especificaciones y dibujos de trabajo 50

Planos finales de la obra construida 52

Planos y especificaciones 50

Relaciones entre supervisora y el contratista 50

Requisitos específicos para estructuras de acero y de concreto prefabricado 52

Requisitos específicos para planos de obra provisional 51

Requisitos Generales para Dibujos de Trabajo 51

D

DEFINICIONES

Aceptación con fundamento estadístico 21

Acera o banqueta 21

Acuerdo de Cambio 21

Acuerdo de Trabajo Extra 21

Adjudicación 21

Alcantarilla	22	Materiales	24
Anuncio o publicación	22	Ministerio	24
Apéndice	22	Obra	25
Aprobación de Adjudicación	22	Oferente	25
Banco de Materiales	22	Oferta	25
Banco de Préstamo	22	Orden de Cambio	25
Calzada	22	Orden de Campo	25
Carretera	22	Orden de Trabajo Suplementario	25
Carretera No Pavimentada	22	Orilla o borde del camino	25
Carretera Pavimentada	22	Participación Conjunta	25
Carril Auxiliar	22	Planos del Proyecto	25
Carril de circulación	22	Plazo Contractual	25
Constancia electrónica	22	Precalificación	25
Consultor Individual	22	Programa de Trabajo Aprobado	25
Contrato	23	Programa de Trabajo de Oferta	26
Definiciones	21	Proveedor	26
Delegado Residente	23	Proyecto	26
Derecho de Vía	23	Publicaciones	26
Día Calendario	23	Puente	26
Día hábil	23	Rasante	26
Día inhábil	23	Reajuste por Fluctuación de Costos	26
Días de Asueto	23	Registro General de Adquisiciones del Estado	26
Dirección General de Caminos	23	Renglón de Trabajo	26
Director	23	Requisición	26
Disposiciones Especiales	23	Requisito de licitación	26
Especificaciones	23	Servicios	26
Estado	23	Servidumbre de paso	26
Estimación	23	Subcontratista	26
Formas para licitación	23	Subdirector	26
Garantía	23	Subrasante	26
Guatecompras	24	Superintendente	26
Hombros	24	Supervisora	27
Ingeniero	24	Tolerancias	27
Ingeniero Auxiliar	24	Trabajo	27
Inspector	24	Trabajo Extra	27
Junta de Licitación	24	Trabajo por Administración	27
Ley	24	Trabajos en orillas	27
Licitación Pública	24	Desvío del tránsito	135
Licitación Pública Restringida	24		

Disposiciones generales 15

Dispositivos de anclaje 265

Dovelas 576, 584, 585, 606

Dovelas o pasajuntas 576

E

Emulsiones asfálticas 345, 360, 361, 392, 415, 462, 463, 477, 510, 513, 529, 536, 541

EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN 75

Aspectos ambientales 77

Generalidades 77

Mantenimiento 77

Registro del equipo 77

Remoción de la planta del contratista 78

ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE 295

Aceptación 302

Aplicación de los estabilizadores 299

Cal hidratada 297

Cal hidratada, puzolanas, conglomerantes hidráulicos y otros estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos 301

Cemento hidráulico 298

Cenizas volantes de carbón y puzolanas naturales crudas o calcinadas 298

Como lechada 299

Compactación y acabado 300

Compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos 298

Conglomerantes hidráulicos 298

Control de calidad en características de los materiales 301

Control de calidad, tolerancias y aceptación 301

Control de calidad y tolerancias en los requisitos de construcción 301

Curado 300

Definición 297

Descripción 297

Dosificación 299

Escarificación del material de subrasante 299

Lechada de cal 297

Materiales 297

Medida 302

Método en seco 299

Mezcla 299

Mezclas con productos químicos 300

Mezclas de cal o de cenizas o puzolanas 299

Pago 302

Piedras grandes 301

Requisitos de construcción 298

Requisitos de los materiales a estabilizar 297

Requisitos de los materiales estabilizadores 297

Requisitos de suelos de subrasante para estabilización con cemento 298

Requisitos para el agua 298

Resistencia a la compresión no confinada 301

Resumen de normas 303

Tolerancias de superficie 301

Tolerancias en compactación 301

Tolerancias en la aplicación del material estabilizador 302

Tolerancias en la deflexión 302

Tolerancias en las características de los materiales 301

ESTRUCTURAS DE SUELO ENCLAVADO 277

Cemento 279

Concreto lanzado 280

Definiciones 279

Descripción 279

Electromalla 280

Inclusión 279

Lechada para las inclusiones 279

Materiales 279

Medida 281

Muro de suelo enclavado 279

Pago 282

Pasos a seguir en la construcción 280

Requisitos de construcción 280

Requisitos de los materiales 279

Varillas de acero 280

EXCAVACIÓN DE CANALES 163

- Definición 165
- Descripción 165
- Excavación 165
- Medida 165
- Pago 165
- Requisitos de construcción 165

EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA ESTRUCTURAS MAYORES Y MENORES 167

- Bombeo 173
- Conservación de cauces 171
- Definición 169
- Descripción 169
- Excavación 170
- Excavación estructural para alcantarillas 171
- Excavación estructural para cimentaciones de estructuras 170
- Excavación estructural para gaviones 173
- Excavación estructural para subdrenajes 172
- Inspección 173
- Generalidades 169
- Materiales 169
- Relleno estructural para estructuras 173
- Sello de concreto 171
- Limpieza final 175
- Líneas de pago 175
- Medida 175
- Pago 176
- Para alcantarillas 175
- Para cajas y bóvedas de concreto o mampostería 175
- Para estructuras no comprendidas en los incisos anteriores 175
- Para puentes 175
- Para subdrenajes y gaviones 175
- Relleno estructural para alcantarillas 174
- Relleno estructural para filtro y capa de subdrenaje 174
- Relleno estructural para gaviones 175
- Resumen de normas 176
- Excavación no clasificada 153, 154, 155, 156

- Excavación no clasificada de desperdicio 153, 155
- Excavación no clasificada para préstamo 153, 154, 156

EXCAVACIÓN Y TERRAPLENES 151

- Compactación 159
- Compactación de terraplenes 159
- Contracunetas 157
- Corte 153
- Definiciones 153
- Descripción 154
- Excavación 154
- Excavación no clasificada 153
- Excavación no clasificada de desperdicio 153
- Excavación no clasificada para préstamo 153
- Límites de construcción 153
- Límites de la excavación 154
- Limpieza final 161
- Mantenimiento y estabilidad 161
- Materiales inadecuados 153
- Medida 161
- Pago 162
- Pedraplén 154
- Pedraplenes 158
- Remoción y prevención de derrumbes 153
- Renglones de trabajo 154
- Requisitos de construcción 154
- Resumen de normas 162
- Sección típica 153
- Subexcavación 153
- Taludes 153
- Terracería 153
- Terraplenes 159
- Terraplenes en general 157
- Terraplén o relleno 153

F

- Formaleta deslizante 565, 567, 571, 572, 573, 575, 576, 577
- Formaleta fija 565, 567, 571

FRESADO DEL PAVIMENTO 395

- Medida 398
- Pago 398
- Tolerancias 398

G

- Garantía de anticipo 35, 39
- Garantía de conservación de obra 35, 39
- Garantía de cumplimiento 35, 38
- Garantía de sostenimiento de oferta 29, 33

GAVIONES Y COLCHONES PARA REVESTIMIENTO 237

- Alambre de amarre y refuerzos 241
- Definición 239
- Descripción 239
- Gaviones tipo caja y tipo colchón para revestimiento 239
- Gaviones tipo colchón para revestimiento 243
- Generalidades 242
- Geotextil 242
- Instalación de la estructura 242
- Material de las mallas para los gaviones tipo caja y tipo colchón 239
- Material de relleno a colocar atrás de los muros de gaviones y de los colchones para revestimiento 241
- Materiales 239
- Medida 243
- Montaje de los gaviones tipo caja 242
- Pago 243
- Rellenado de las cajas 242
- Relleno trasero 243
- Requisitos de los materiales 239
- Requisitos para la construcción 242
- Revestimiento con cloruro de polivinilo 240
- Roca para el relleno de los gaviones y los colchones 241

GAVIONES Y COLCHONES PARA REVESTIMIENTO 237

- Aplicación del material bituminoso 531

Calentamiento del material bituminoso 531

Cantidad de material bituminoso 531

Colocación de la carpeta asfáltica 534

Colocación del geosintético para pavimentación 533

Control de calidad 534

Control de tránsito 534

Correcciones 533

Definición 529

Descripción 529

Distribución del material bituminoso 532

GEOSINTÉTICOS PARA PAVIMENTACIÓN 527

- Geosintéticos 534
- Geosintéticos para pavimentación 529
- Limitaciones del clima 531
- Material bituminoso 529
- Materiales 529
- Medida 535
- Pago 535
- Preparación de la superficie 531
- Preparación del material bituminoso 531
- Requerimientos físicos para tela de pavimentación 530
- Requisitos de construcción 531
- Requisitos de los materiales 529
- Resumen de normas 536
- Tanques de almacenamiento y equipo 531
- Tiempo de curado para emulsiones asfálticas 532
- Tolerancias 534

GEOSINTÉTICOS UTILIZADOS EN MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA TERRAPLENES 205

Geotextiles para control permanente de la erosión 214

Geotextiles para drenaje subsuperficial (subdrenajes) 210

Geotextiles para funciones de estabilización 213

Geotextiles para funciones de separación 211

Geotextiles según condiciones de subrasante y

equipo de compactación 211
 Geotextiles y geomallas para estabilización de la subrasante 216
 Grado requerido de sobrevivencia en función de las condiciones de la subrasante, del tipo de equipo de construcción y el espesor de la capa 212
 Materiales 207
 Medida 224
 Método A 221
 Método B 224
 Pago 224
 Preparación de la subrasante y traslapes 219
 Procedimientos de construcción 220
 Propiedades requeridas de geosintéticos Clase 4 para el uso en la estabilización de subrasantes. 217
 Propiedades requeridas geotextiles en funciones de separación 211
 Propiedades requeridas geotextil para estabilizaciones 213
 Requerimientos de resistencia y durabilidad 209
 Requerimientos geotextiles para control permanente de erosión 215
 Requerimientos geotextiles para control temporal de erosión 216
 Requerimientos geotextiles para drenajes subsuperficiales 210
 Requerimientos mínimos recomendados para traslape o costura de geotextiles 219
 Requisitos de construcción 218
 Requisitos de los materiales 207

H

Huacaleras 247, 248, 249, 250

I

Imprimación 511
 Impuesto al Valor Agregado 18, 82
 Impuesto al Valor agregado (IVA) 79
 Impuesto Sobre la Renta (ISR) 79, 82
 Índice de Perfil 580
 Iniciado el plazo contractual 129
 Inspección 47, 53, 55, 63, 66, 69, 125, 167, 173
 Inspección y recepción finales 47, 55

J

Juntas 351, 354, 373, 381, 417, 441, 574, 575, 596

L

Levantamiento topográfico 111, 113, 114, 115, 116, 242, 249, 275
 Licitación Pública 24, 29
 Limitación de las operaciones 87, 90
 Límite de acarreo libre 155, 162
 Límites de construcción 144, 149, 153
 Límites de la excavación 154

LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE 147

Definición 149
 Descripción 149
 Limpia, chapeo y destronque 149
 Medida 150
 Pago 150
 Remoción y eliminación de materiales 150
 Requisitos de construcción 149

Limpieza final 47, 54, 151, 161, 167, 175, 177, 181

Liquidación final 52, 99, 105

M

Mantenimiento de la carretera 133, 139, 140
 Mantenimiento del tránsito dentro de la obra 135
 Mantenimiento del tránsito y de la carretera 133, 135
 Marshall 440
 Material de relleno 158, 160, 174, 179, 180, 181, 212, 219, 220, 221, 224, 239, 241, 249, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 275, 315, 316, 317, 321, 325, 326, 327, 331, 343, 344, 375, 376, 378, 385, 419, 434, 454, 470, 489, 490, 531, 578
 Materiales inadecuados 153, 179, 291
 Material secante 196, 357, 483, 505, 506, 513, 514, 516, 517, 533, 535

MISCELÁNEOS 104

Subcontratación 104
 Trabajo por administración 103

Método de la Ruta Crítica (CPM) 129

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO 457

Mezcla del material bituminoso 465

Pago 470

Partículas planas o alargadas 459

Polvo mineral 461

Preparación del agregado 465

Preparación del material bituminoso 465

Producción del agregado 465

Requisitos de clima 467

Requisitos de construcción 464

Requisitos de los materiales 459

Requisitos para la mezcla asfáltica en frío 464

Requisitos para los materiales bituminosos según su aplicación 463

Requisitos para los materiales bituminosos y temperaturas de aplicación 462

Resumen de normas 471

Tanques de almacenamiento y equipo 465

Tendido 466

Tipos de graduación abierta para mezclas asfálticas en frío 460

Tipos de graduación densa para mezclas asfálticas en frío 461

Tolerancias en las características de los materiales 468

Transporte de la mezcla 466

Movilización y Desmovilización 109

Movimiento de Tierras 115, 119

Muro de suelo enclavado 279

MUROS DE HUACALERAS 245

Acero de refuerzo 275

Concreto 275

Concreto estructural 275

Construcción del relleno 275

Definición 275

Descripción 275

Formaletas y obra falsa 275

Materiales 275

Medida 275

Pago 250

Relleno 249

Requisitos de los materiales 247

Requisitos para la construcción 249

MUROS DE RETENCIÓN DE CONCRETO REFORZADO 273

MUROS DE RETENCIÓN Y TALUDES DE RELLENO REFORZADOS ESTABILIZADOS MECÁNICAMENTE CON GEOSINTÉTICOS 251

Propiedades requeridas de los geosintéticos de refuerzo en aplicaciones de suelo reforzado 254

Requerimientos mínimos de durabilidad de los polímeros

para justificar el uso del valor por omisión de RFD 255

Requerimientos para los geosintéticos 253

Requisitos de construcción 257

Requisitos de los materiales 253

Tolerancias 259

Colocación de la roca 236

MUROS SECOS Y PEDRAPLENES 233

Definición 235

Descripción 235

Graduación para roca colocada manualmente 235

Graduación para roca colocada mecánicamente 235

Materiales 235

Medida 236

Otros requerimientos de la roca 236

Pago 236

Requisitos de la roca 235

Requisitos para la construcción 236

Roca colocada manualmente 235

Roca colocada mecánicamente 235

N

NTG 19, 193, 197, 227, 265, 279, 285, 297, 298, 344, 345, 346, 363, 368, 372, 380, 402, 405, 434, 564, 569, 584, 585, 589, 590, 605, 606

NTG Norma Técnica Guatemalteca 19

O

Operaciones nocturnas 133, 139

Orden de Cambio 19, 21, 25, 51, 100, 101, 102

Orden de Trabajo Suplementario 19, 25, 100

P

PALIATIVOS DEL POLVO 411

Agua 414

Cloruro de calcio 413

Cloruro de magnesio 414

Definición 413

Descripción 413

Emulsión asfáltica 413

Emulsiones aniónicas 413

Emulsiones catiónicas 413

Generalidades 414

Materiales 413

Medida 415

Pago 415

Paliativo del polvo 413

Preparación y aplicación. 414

Requisitos de construcción 414

Requisitos de los materiales 413

Resumen de normas 415

Sulfonato de lignina 414

PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE 417

PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO MEZCLADO EN CALIENTE 451

Planta de mezclado 455

Plantas de producción continua 455

Plantas de producción por bacheada 455

Polvo mineral 453

Requisitos de construcción 454

Requisitos del cemento asfáltico nuevo
Graduación por viscosidad 453
Requisitos de los materiales 453
Resumen de normas 456

PAVIMENTO DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO 561

Procedimiento de formaleta deslizante 567

Procedimiento de formaleta fija 567

Producción de los agregados 569

Producción y suministro del concreto 569

Relleno y sellado de juntas 578

Remoción de las formaletas 577

Requisitos de construcción 567

Requisitos para el acero de refuerzo 565

Requisitos para el refuerzo en las losas 565

Requisitos para la clase y resistencia del concreto 564

Requisitos para los materiales 563

Resumen de normas 584

Selladores aplicados en frío o en caliente 578

Sellos premoldeados 578

Texturizado y ranurado utilizando formaletas fijas 573

Texturizado y ranurado utilizando pavimentadora de formaleta deslizante 573

Tipos de juntas 574

Tolerancia de la superficie 580

Tolerancias de los requisitos de construcción 580

Tolerancias del texturizado de la superficie 580

Vibradores 568

Pavimentos asfálticos 397, 563

Pavimentos rígidos 563, 592, 593

PROGRAMA DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCIÓN 127

Programa tabulado 130

Requisitos de construcción 129

PROSECUCIÓN Y PROGRESO 87

Registro de planillas 91

Rescisión del contrato por incumplimiento del contratista 92

Sanciones por retraso 92

Subcontratos 89

Suspensión de la ejecución de la obra 91

Terminación del contrato por causas de fuerza mayor o derecho a suspensión de trabajos por el contratista 94

R

REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE EXISTENTE 289

Reacondicionamiento de subrasantes existentes 291

Reemplazo de material inadecuado 292

Requisitos de construcción 291

Resumen de normas 294

Sección típica de pavimentación 291

Subrasante 291

Tolerancia de superficie 293

Tolerancias en compactación 293

Tolerancias y aceptación 293

Rechazo de ofertas 35, 37

RELLENO PARA ESTRUCTURAS 177

Compactación 180

Definición 179

Descripción 179

Limpieza final 181

Mantenimiento y estabilidad de los rellenos 181

Materiales 179

Materiales inadecuados 179

Material para relleno estructural 179

Medida 181

Pago 181

Relleno para alcantarillas 180, 181

Relleno para bóvedas 180

Relleno para estructuras 179

Relleno para estructuras (bóvedas) 181

Relleno para estructuras (puentes) 181

Relleno para puentes 180

REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN 179

Requisitos de los materiales 179

Resumen de normas 181

Colocación 186

Definición 185

Descripción 185

Geotextiles 185

Graduación para relleno permeable 185

Materiales 185

Medida 186

Pago 186

Relleno permeable 183

Requisitos de los materiales 185

REPLANTEO Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA CONSTRUCCIÓN 111

Requerimientos del replanteo y levantamiento topográfico 115

Requisitos de construcción 113

Restablecimiento de la línea central 115

Secciones transversales de la carretera 115

Tolerancias para los levantamientos y los replanteos topográficos 114

REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO 107

Descripción 109

Medida 109

Pago 109

Requisitos y condiciones para presentación de ofertas 29

RETIRO DE ESTRUCTURAS, SERVICIOS EXISTENTES Y OBSTÁCULOS 141

Retiro de obstáculos 145

Retiro de pavimentos, aceras y otros 143

Retiro de puentes, alcantarillas y otras estructuras 144

Retiro de restos o vestigios históricos o arqueológicos 145

Retiro de servicios existentes 144

Servicios existentes 143

S

- Sanciones por retraso 87, 92
- Seguridad Social 18, 81
- Sellado de grietas y bacheo del pavimento existente 503
- Sellador para grietas finas 506
- Sellador para grietas medianas 506
- Sellos asfálticos 487

SEÑALIZACIÓN, CONTROL DEL TRÁNSITO Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA 133

- Señalización nocturna 137
- Tránsito dentro de la obra 135
- Uso de caminos locales para acarreo 139
- Vehículos y maquinaria 137
- Zona de trabajo 137

- Sistema de control de calidad del contratista 117
- Sitios arqueológicos 83
- Subexcavación 153, 154, 156, 162
- Subrasante, subbases y bases 289

SUELO CEMENTO PLÁSTICO 399

- Tolerancias en las características de los materiales y de la mezcla 404
- Sulfonato de lignina 414, 415

- SUPERPAVE 419, 422, 423, 424, 425, 431, 432, 433, 442, 449, 559

- Suspensión de la ejecución de la obra 87, 91

T

- Tabla de conversiones 13
- Terraplenes estructurales 225
- Tolerancias 27, 114, 251, 259, 289, 293, 301, 302, 310, 318, 328, 337, 358, 359, 369, 382, 383, 395, 398, 399, 404, 444, 468, 473, 484, 487, 500, 516, 524, 527, 534, 546, 547, 580
- Tolerancias y aceptación 289, 293
- Tolerancia en la aplicación del material bituminoso 484
- Tolerancia en la aplicación de los agregados 484

- Tolerancias de superficie 484

- Trabajo extra 17, 21, 27, 38, 39, 45, 95, 103, 136, 312, 320, 331, 339, 360, 384, 447, 548, 581, 582

- Trabajo por administración 27, 45, 101, 103, 104

- Tanques de almacenamiento y equipo 479

- Transporte de agregados 482

TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS SUPERFICIALES 473

- Tratamientos superficiales dobles y triples 477
- Tratamientos superficiales simples 477

U

- Uso de explosivos 199

V

- Valor soporte 307, 309, 315, 318, 325, 328, 336

Z**ZAMPEADO 225**

- Zampeado con mortero 229
- Zampeado sin mortero 229



Ministerio de
**Comunicaciones,
Infraestructura y
Vivienda**



ISBN: 978-9929-8322-1-3

9 789929 832213

© Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
Guatemala, enero 2025