

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y DE INGENIERÍA CIVIL

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



PROYECTO DE TESIS

“Estabilización lónica con ISS 2500 a a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC599 “Caserio 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Region Ucayali”.

TESISTA:

- Bach. Renzo Lucio Arenales Chero
- Bach. Ronar Brian Rodriguez Gonzales

ASESOR:

PUCALLPA-PERÚ

2021

Aprobación y firma del asesor:

Mg. Ing. ELEUTERIO PEREZ SAGASTEGUI
Asesor de Tesis

INDICE

1. GENERALIDADES	5
1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACION:	5
1.2. TESIS(S):	5
1.3. ASESOR:	5
1.4. AÑO CRONOLOGICO:	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA:	5
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
2.2.1. PROBLEMA GENERAL	7
2.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO	7
2.3. OBJETIVOS	8
2.3.1. OBJETIVO GENERAL	8
2.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	8
2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	8
2.5. LIMITACION Y ALCANCES	9
2.6. HIPÓTESIS	10
2.6.1. HIPÓTESIS GENERAL	10
2.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	10
2.7. SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES	10
2.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	10
2.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE	11
2.8. DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADOR	11
3. MARCO TEORICO	12
3.1. ANTECEDENTES O REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS	12
3.2. BASES TEORICA	13
3.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	57
4. METODOLOGIA O MARCO METODOLOGICO	59
4.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	59
4.1.1. TIPO DE INVESTIGACION	59
4.1.2. NIVEL DE INVESTIGACION	60
4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION – ESQUEMA DE LA INVESTIGACION	60
4.3. DETERMINACION DEL UNIVERSO/POBLACION	60
4.4. MUESTRA	60

4.5. TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTOS DE DATOS	61
4.5.1. FUENTES, TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	61
4.5.2. PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS.....	61
5. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES.	61
5.1. POTENCIAL HUMANO	61
5.2. RECURSOS MATERIALES.....	61
5.3. RECURSOS FINANCIEROS	61
5.4. CRONOGRAMA DE GANTT	61
5.5. PRESUPUESTO	61
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
6.1. BIBLIOGRAFIA FISICA.	61
6.2. BIBLIOGRAFIA ELECTRONICA.	61

1. GENERALIDADES

1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACION

“Estabilización Iónica con ISS 2500 a a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC599 “Caserío 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali”.

1.2. TESISISTA(S)

- ARENALES CHERO RENZO LUCIO
- RONAR BRIAN RODRIGUEZ GONZALES

1.3. ASESOR

Ing. ELEUTERIO PEREZ SAGASTEGUI

1.4. AÑO CRONOLOGICO

AÑO 2022

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

En la ejecución de un proyecto de Caminos no Pavimentados, es importante y necesario el control de los trabajos las cuales se realizan en un periodo de tiempo cada camino vecinal y de acuerdo al presupuesto de cada órgano Municipal es por ello se evalúa el deterioro, transito, niveles de servicio del camino.

La planeación, construcción y mantenimiento de las vías tienen costos muy altos cual fuese el nivel de su calidad y en ciertas ocasiones encarece, pues no en todos los lugares se encuentran materiales utiles para la construccion, haciendose necesario transportar materiales desde lugares muy alejados, para cumplir las exigencias normativas. Por otra parte, el funcionamiento a largo plazo de cualquier proyecto de construccion vial depende de la calidad de los suelos subyacentes; estos influyen en el comportamiento de la estructura, asi los suelos

inestables pueden crear problemas significativos en los pavimentos, por tal motivo desde hace algunas décadas se ha tratado de realizar el mejoramiento de estos suelos empleando diversas técnicas de estabilización y diversos materiales, como cal, cemento Portland, aditivos, emulsiones, enzimas, geomallas, etc. (Martínez, 2012).

(Torres, 2006) San Marcos En la revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, señala que el problema del transporte en zonas rurales no es separado de lo urbano, sino que éstas están vinculadas uno con el otro, ya que las actividades son productivas y dinámicas.

Otro problema que genera mayor inestabilidad de los suelos de estas carreteras es que no hay un diseño de drenaje adecuado para evitar la escorrentía y el estancamiento del agua de lluvias en una sola área, generando que la carretera se mantenga constantemente húmeda y dificulte también el tránsito de vehículos y pobladores que andan a pie.

Por lo tanto, al estar Campo Verde Ubicado en la Selva Nor- Oriente, Clima Tropical Cálido, es zona de donde las lluvias prevalecen desde Noviembre hasta Marzo por ende varios caminos vecinales se vuelven intransitable así mismo restringiendo el flujo económico de los agricultores en esos meses.

En la Región Ucayali la mayoría de los caminos vecinales a nivel de afirmado tienen un deterioro acelerado, debido a una baja capacidad portante del material y a la falta de Mantenimientos Periódicos y/o Rutinarios por tener un escaso Presupuesto que le permitan abarcar la mayoría de Caminos, es por ello que nuestro tema de investigación se trata proporcionar fortaleza y eficacia al Suelo por un tiempo prolongado.

Razón por lo cual se adicionará el ISS 2500, un aditivo de la Empresa BREM ENVIRONMENTAL SOLUTIONS S.A.C. que es el distribuidor

en Perú, el producto actúa como una membrana transpirable y con propiedades Hidrófobas que impermeabilizan la Capa de rodadura, además de mejorar sus adherencias con Polímeros y Betunes, así como eliminando el Índice de Plasticidad de los Suelos por lo tanto el producto actúa a nivel Molecular y compuesto al 100% por Organosilanos (Si-O-Si)

La evaluación de los resultados serán los posibles incrementos del C.B.R de dicho material, y el mejoramiento del comportamiento del afirmado frente a la acción de las cargas de tráfico y del clima, esto conllevará a una duración prolongada de los caminos vecinales pudiendo los órganos gubernamentales destinar el presupuesto a otros caminos vecinales y mejorar la transitabilidad de su Distrito en la Región Ucayali.

La estabilización de suelos, consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. (MTC, 2014).

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera mejorara la capacidad portante la Estabilización Iónica con ISS 2500 a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC 599 Caserío 8 de mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali?

2.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿De qué manera mejorara la resistencia del suelo con la Estabilización Iónica con ISS 2500 aplicado a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC 599 Caserío 8 de Mayo, Distrito de Campo Verde Región Ucayali?

- ¿De qué manera se puede mejorar la permeabilidad del suelo con la Estabilización Iónica con ISS 2500 aplicado a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC 599 Caserío 8 de Mayo, Distrito de Campo Verde Región Ucayali?
- ¿De qué manera se puede mejorar la compresibilidad del suelo con la Estabilización Iónica con ISS 2500 aplicado a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC 599 Caserío 8 de Mayo, Distrito de Campo Verde Región Ucayali?

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar la Capacidad Portante del suelo a nivel de aplicado a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC 599 Caserío 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali.

2.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Mejorar la resistencia del suelo con la Estabilización Iónica con ISS 2500 aplicado a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC 599 Caserío 8 de mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali.
- Mejorar la permeabilidad de los suelos con la Estabilización Iónica con ISS 2500 aplicado a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC 599 Caserío 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali.
- Mejorar la comprensibilidad de los suelos con la Estabilización Iónica con ISS 2500 aplicado a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC 599 Caserío 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali.

2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Este estudio se Basa en la Selva de nuestro país las cuales por las intensas lluvias nos llevan a soluciones básicas que tienen por finalidad, mejorar la vida útil y nivel de servicio de las superficies de rodadura de las carreteras no pavimentadas, que sufren rápido deterioro por efecto del tránsito y el clima, formándose baches, encalaminado, desprendimiento de agregados y emisión de polvo, posibilitando que dichas capas de rodadura tengan menor grado de

deterioro, estén exentas de polvo, demanden menor frecuencia de mantenimiento periódico, y permitan el tránsito vehicular durante cualquier época del año.

El mejoramiento de la vida útil, está referida a incrementar el periodo de diseño de 5 años (afirmado) a más años (solución básica), y la posibilidad de programar las actividades de mantenimiento periódico en tiempos previsibles, lo que no ocurre actualmente con las capas de afirmado convencional.

Las soluciones básicas, implican una mayor inversión inicial por la incorporación de un estabilizador al material conformante de la capa de rodadura con el empleo de equipos convencionales. Dichos mayores costos iniciales, se revierten ampliamente, por los menores costos de las actividades de mantenimiento, durante el periodo de servicio del proyecto, implicando una mejor utilización de los recursos del Estado.

También el Mejoramiento de CBR con las nuevas tecnologías y nuevos productos estabilizadores para diversos tipos de suelos, pero nuestra investigación se busca emplear con el fin de mejorar el costo de inversión del mantenimiento y tener mayor volumen de tránsito beneficiando a los habitantes del lugar.

2.5. LIMITACION Y ALCANCES

2.5.1 Limite

- La falta de uso del aditivo no hay registros en la región Ucayali para el cual comparar los datos obtenidos.
- El tiempo para realizar la experimentación será lo óptimo al fin de poder dar una dosificación suelo – aditivo.
- La aplicación de esta técnica, será limitado únicamente para proyectos de construcción en la región de Ucayali.

2.5.2 Alcances

- Aplicar el método del valor ganado para establecerlas causas de la variación de costos y/o tiempo en los mantenimientos sin Aditivos y con Aditivos.
- La investigación abarca únicamente el camino vecinal UC-599 Caserío 8 de mayo del Distrito de Campo Verde – Región Ucayali.

2.6. HIPÓTESIS

2.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

La capacidad portante del suelo se mejora al realizar Estabilización Iónica con ISS 2500 a5 nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC599 “Caserío 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali”.

2.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- La resistencia del suelo se mejora al realizar la Estabilización Iónica con ISS 2500 a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC599 “Caserio 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Region Ucayali”.
- La permeabilidad del suelo se mejora al realizar la Estabilización Iónica con ISS 2500 a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC599 “Caserio 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Region Ucayali”.
- La compresibilidad del suelo se mejora al realizar la Estabilización Iónica con ISS 2500 a a nivel de capa de rodadura en el camino vecinal UC599 “Caserio 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Region Ucayali”.

2.7. SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES

La variable es una cualidad que puede modificar una definición cuya variación está dispuesta de contarse u observarse". (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 105).

2.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

ISS 2500

INDICADORES:

- Porcentaje de satisfacción de gestión de Costos y tiempo

- Índice de desempeño de costos (CPI)
- Índice de desempeño del cronograma (SPI)

2.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Estabilización iónica a nivel de capa de rodadura

2.7.3. DEFINICION OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADOR.

2.7.3.1 Definicion Operacional

- **ISS 2500**

Se tomará la muestra del tramo de investigación la cual se realizará ensayos en el laboratorio, donde se adicionará en porcentajes (%) el aditivo ISS 2500 en lts, con el fin de mejorar sus características físicas y mecánicas del suelo a nivel de capa de rodadura del camino vecinal UC-599

La estabilización química de suelos es una tecnología que se basa en la aplicación de un producto químico, genéricamente denominado estabilizador químico, el cual se debe mezclar íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y curar de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto de acuerdo al "MTC1109 Norma Técnica de Estabilizadores"

- **Estabilización de la Subrasante**

Para el Manual de Carreteras sección suelos y pavimentos (MTC, 2014), considera la "Estabilización como mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, estas pueden ser: naturales, con productos químicos o sintéticos".

La subrasante es la capa superficial del terreno natural. Donde su capacidad de soporte (CBR) en condiciones de servicio constituyen las variables básicas para el diseño de afirmado, que se superpondrá en encima (MTC, 2008).

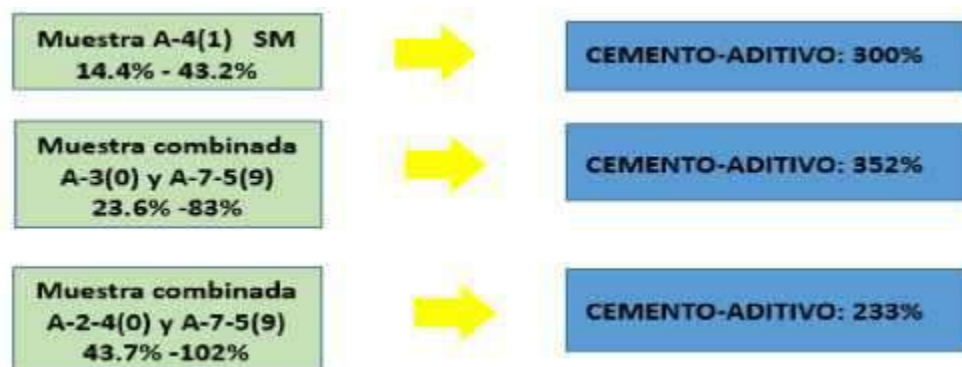
3. MARCO TEORICO

3.1. ANTECEDENTES O REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS

(ANGULO ROLDAN & ROJAS ESCAJADILLO, 2016), en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Científica del Perú, se realizó la investigación en la que evalúan la mejora de las propiedades físicas y mecánicas en la carretera denominada AA. HH El “Milagro” ubicada en la provincia de Maynas, debido a la estabilización del suelo de fundación utilizando el aditivo químico PROES.

Esta investigación concluyó que el uso de la tecnología PROES incrementa la capacidad de soporte del suelo garantizando un correcto desempeño en términos de niveles de servicio al incluir a la mezcla cemento Portland como aditivo sólido, como se enuncia en los resultados para muestras de suelo A-4(1) que presentó CBR de 14.4% natural, 25.5% con 2% de cemento y 36.1% con 2% de cemento + 0.3 lt/m³ de aditivo.

(HIDALGO REATEGUI & HIDALGO REATEGUI, 2018) El aditivo PROES generó las siguientes variaciones de CBR con las muestras de suelos encontradas en la zona:



Mediante estos resultados, hemos podido determinar de qué podemos trabajar mejor en la zona realizando combinaciones Donde utilizamos los materiales que existe en gran volumen como: A-3(0) en 85% y A-7-5(9) en 15% de un (23.6 a 83) % triplicando el CBR de natural a uso con aditivos donde alcanzo un 352%. (ROLDAN, 2016)

Los autores en este contexto obtuvieron resultados significativos usando cemento aditivo, en cambio la tesis de los bachilleres Fredy Roland

Hidalgo Reategui y José Hidalgo Reategui se realizaron pruebas en su estado natural y solo adicionando porcentajes del 5%,10% y 15 % de aditivo de acuerdo a la cantidad de masa que se tomaron en los ensayos de los moldes teniendo resultados positivos en la en el aumento de los porcentajes de los CBR en el 95% y el 100%.

Comparando ambos resultados podemos decir que con solo adicionar el aditivo PROES Y TERRASIL se obtienen resultados positivos en la esta investigación y de las cuales el aditivo TERRASIL tiene más a mejorar el suelo en su estado natural. (Los Autores)

(ATAMA MONDRAGON, 2015), en su tesis “Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES ”, concluyó que para los suelos de fundación estudiados donde predominan los suelos formados por arena arcillosa y arcillas inorgánicas (AASHTO: A-2-6), con un índice de plasticidad promedio de 13%, humedad natural promedio de 16% y máximos de 51% y cuyos C.B.Rs están en el rango de 5% y 30%; y gravas arenosas mal gradadas A-1 con CBR medidos en el rango de 33% y 95%; al aplicarlos el aditivo PROES con dosificación entre 0.20 lt/m³ y 0.30 lt/m³ y cemento portland entre 50 y 60 kg/m³ obtuvo CBR al 95% en el rango de 116.4% al 129.9%

3.2. BASES TEORICA

3.2.1 Carreteras del Perú

3.2.1.1 Clasificación por demanda

a. Autopistas de Primera Clase

Son aquellas que brindan flujos vehiculares continuos y un total control de accesos, con puentes peatonales en áreas urbanas, pero sin pasos a nivel ni cruces. Su IMDA es > 6000 veh/día, cuya calzada(s) de dos carriles o más presenta un ancho mínimo de 3.60m. Según el manual DG-2018 su superficie de rodadura debe ser pavimentada.

b. Autopistas de Segunda Clase

Son aquellas que brindan flujos vehiculares continuos y un parcial control de accesos, con puentes peatonales en áreas urbanas y pasos a nivel o cruces donde se amerite. Su IMDA se encuentra entre 6000 y

4001 veh/día, cuya calzada(s) de dos carriles o más presenta un ancho mínimo de 3.60m. Según el manual DG-2018 su superficie de rodadura debe ser pavimentada.

c. Carreteras de Primera Clase

Pueden tener pasos a nivel o cruces, con puentes peatonales en áreas urbanas como recomendación. Su IMDA está entre 4000 y 2001 veh/día, cuya calzada de dos carriles presenta un ancho mínimo de 3.60m. Según el manual DG-2018 su superficie de rodadura debe ser pavimentada.

d. Carreteras de Segunda Clase

Su IMDA se encuentra entre 2000 y 400 veh/día, cuya calzada de dos carriles presenta un ancho mínimo de 3.30m. Pueden tener pasos a nivel o cruces, con puentes peatonales en áreas urbanas como recomendación. Según el manual DG-2018 su superficie de rodadura debe ser pavimentada.

e. Carreteras de Tercera Clase

Su IMDA es < 400 veh/día, cuya calzada de dos carriles presenta un ancho mínimo de 3.00m o hasta 2.50m presentando el debido sustento técnico. Según el manual DG-2018 su superficie de rodadura puede funcionar con soluciones básicas, afirmada o pavimentada

f. Trochas Carrozables

Se consideran vías transitables que no poseen las características geométricas de una carretera. Su IMDA es < 200 veh/día, cuya calzada presenta un ancho mínimo de 4.00m. Según el manual DG-2018 su superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

3.2.2 Clasificación por orografía

a. Terreno Plano (Tipo 1)

El trazo de la carretera de este tipo discurre por una orografía preeminente de pendientes transversales al eje $\leq 10\%$ y pendientes

longitudinales < 3%, requiriendo así un movimiento de tierras mínimo.

b. Terreno Ondulado (Tipo 2)

El trazo de la carretera de este tipo discurre por una orografía predominante de pendientes transversales al eje entre 11% y 50%, y pendientes longitudinales entre 3% y 6%, lo que demanda un moderado movimiento de tierras.

c. Terreno Accidentado (Tipo 3)

El trazo de la carretera de este tipo discurre por una orografía preponderante de pendientes transversales al eje entre 51% y 100%, y pendientes longitudinales entre 6% y 8%. Este terreno amerita importantes movimientos de tierras, por lo que el trazo presenta dificultades.

d. Terreno Escarpado (Tipo 4)

El trazo de la carretera de este tipo discurre por una orografía preeminente de pendientes transversales al eje > 100% y pendientes longitudinales excepcionales > 8%. Este terreno presente grandes dificultades en el trazo, ya que exige el movimiento de tierras máximo.

3.2.3 Sistema nacional de carreteras

El Sistema Nacional de Carreteras está conformado por las vías que se encuentran en el territorio nacional y son establecidas en el Clasificador de Rutas, siendo este el documento oficial del SINAC, clasificadas en Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural, incluyendo su código de ruta y su definición según puntos o lugares principales que conecta. (MTC, Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras - SINAC, 2016)

a. Red Vial Nacional

Está conformada por tres ejes longitudinales y veinte ejes transversales, comprendidas de Norte a Sur y de Este a Oeste.

Los ejes longitudinales están divididos en trayectorias norte y sur y denominados PE-1N y PE-1S de la Costa, uniando las fronteras con Ecuador y Chile; PE-3N y PE-3S de la Sierra y PE-5N y PE-5S de la

Selva, ambos ejes uniendo las fronteras con Ecuador y Bolivia.

Los ejes transversales de la RVN se distribuyen transversalmente por el territorio nacional, interconectando las regiones Costa, Sierra y Selva. Su denominación está dada como PE-02, PE-04, PE-06, ...PE-40.

b. Red Vial Regional o Departamental

Está conformada por las rutas pertenecientes a los departamentos del territorio nacional, cuya codificación y número de rutas por departamento se muestra en la Cuadro 01.

Cuadro 1. Red Vial Departamental

CÓD	DEPARTAMENTO	N° RUTAS
AM	AMAZONAS	13
AN	ÁNCASH	12
AP	APURÍMAC	16
AR	AREQUIPA	23
AY	AYACUCHO	19
CA	CAJAMARCA	12
CL	CALLAO	1
CU	CUSCO	38
HV	HUANCAVELICA	22
HU	HUÁNUCO	12
IC	ICA	12
JU	JUNÍN	11
LI	LA LIBERTAD	32
LA	LAMBAYEQUE	20
LM	LIMA	29
LO	LORETO	9
MD	MADRE DE DIOS	5
MO	MOQUEGUA	9
PA	PASCO	10
PI	PIURA	14
PU	PUNO	32
SM	SAN MARTÍN	20
TA	TACNA	9
TU	TUMBES	10
UC	UCAYALI	7

Fuente. Registro Nacional de Carreteras – RENAC

c. Red Rural o Vecinal

Está conformada por las rutas pertenecientes a las provincias de los departamentos del territorio nacional, cuya codificación y número de rutas por departamento se muestra en el Cuadro 02.

Cuadro 2. Red Vial Vecinal

CÓD	DEPARTAMENTO	N° PROV	N° RUTAS
AM	AMAZONAS	7	200
AN	ÁNCASH	20	374
AP	APURÍMAC	7	139
AR	AREQUIPA	8	345
AY	AYACUCHO	11	211
CA	CAJAMARCA	13	317
CL	CALLAO	0	0
CU	CUSCO	13	328
HV	HUANCAVELICA	7	216
HU	HUÁNUCO	10	309
IC	ICA	5	328
JU	JUNÍN	9	529
LI	LA LIBERTAD	11	722
LA	LAMBAYEQUE	3	334
LM	LIMA	9	172
LO	LORETO	5	55
MD	MADRE DE DIOS	3	153
MO	MOQUEGUA	3	39
PA	PASCO	3	230
PI	PIURA	8	250
PU	PUNO	13	234
SM	SAN MARTÍN	10	510
TA	TACNA	4	146
TU	TUMBES	3	60
UC	UCAYALI	3	147

Fuente. Registro Nacional de Carreteras – RENAC

3.3 Estudio de tráfico

3.3.1 Aspectos generales

El estudio de tráfico realizado está orientado a proporcionar la información básica para determinar los indicadores de tráfico y repetición de ejes equivalentes del camino vecinal Araya Grande. Ahora bien, el concepto de ejes equivalentes representa el deterioro que provoca un eje simple cargado con 8.2 ton en la superficie de rodadura y se atribuye a la norma AASHTO (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

El tráfico obtenido corresponde al tráfico normal, y como consecuencia de la aplicación de variables socioeconómicas representadas por los factores y tasas empleadas se genera el tráfico proyectado, realizándose para el Índice Medio Diario obtenido en cada estación de conteo vehicular.

3.3.2 Clasificación vehicular

La composición del tráfico de una vía estará determinada por los tipos de vehículos automotores que circulen por ella.

En el Perú, las características y requisitos que deben cumplir los vehículos que transiten u operen en las vías registradas en el Sistema Nacional de Transportes (SINAC) lo establece el Reglamento Nacional de Vehículos (RNV), aprobado por Decreto Supremo el año 2003 y actualizado el año 2018.

Los vehículos automotores con menos de cuatro ruedas, como Categoría L; vehículos automotores diseñados para transportar pasajeros, de cuatro ruedas o más, como Categoría M; vehículos automotores diseñados para transportar mercancía, de cuatro ruedas o más, como Categoría N y en Categoría O los remolques o semiremolques (MTC, REGLAMENTO NACIONAL DE VEHÍCULOS, 2003).

Cuadro 3. Disgregación por Categoría de Vehículo

CATEGORÍA L	L1	Veh de dos ruedas, de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h
	L2	Veh de tres ruedas, de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h
	L3	Veh de dos ruedas, de más de 50 cm ³ ó velocidad mayor a 50 km/h
	L4	Veh de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm ³ o una velocidad mayor de 50 km/h
	L5	Veh de tres ruedas simétricas a su eje longitudinal, de más de 50 cm ³ o vel mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de 1 ton
CATEGORÍA M	M1	Veh de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor
	M2	Veh de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 ton o menos
	M3	Veh de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 ton
CATEGORÍA N	N1	Veh de peso bruto vehicular de 3.5 tons o menos
	N2	Veh de peso bruto vehicular mayor a 3.5 ton hasta 12 ton
	N3	Veh de peso bruto vehicular mayor a 12 ton
CATEGORÍA O	O1	Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 ton o menos
	O2	Remolques de peso bruto vehicular de más de 0.75 ton hasta 3.5 ton
	O3	Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 ton hasta 10 ton
	O4	Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 ton

Fuente. Reglamento Nacional de Vehículos

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se considera como vehículos ligeros los pertenecientes a las categorías L y M1; mientras que los vehículos pertenecientes a las categorías M (a excepción del M1), N y O son considerados como vehículos pesados (MTC, MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO , 2018).




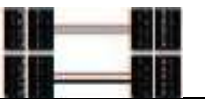


Ahora bien, según el Manual DG-2018 estos vehículos según encuesta origen destino empleada por SNIP para encontrar el código de operación vehicular se clasifican en auto, camioneta, bus, camión, semitrayler y trayler.

3.3.3 Configuración por eje del vehículo

Los vehículos cuentan con determinada cantidad y peso de ejes, siendo estos factores determinantes y necesarios para hallar el factor destructivo por tipo de vehículo sobre la vía (Fonseca, 2002).

El conjunto de ejes de los vehículos se configura por una rueda en cada extremo, en el caso del eje rueda simple, o dos ruedas en cada extremo como lo es el eje rueda doble. Este conjunto de ejes se divide en eje simple, eje tandem y eje tridem.

Cuadro 4. Configuración de Ejes Vehiculares

CONJUNTO	CONFIGURACIÓN	#NEUMÁTICOS	GRÁFICO
EJE SIMPLE	1RS	02	
	1RD	04	
EJE TANDEM	1RS + 1RD	06	
	2RD	08	
EJE TRIDEM	1RS + 2RD	10	
	3RD	12	

Fuente. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013)

3.3.4 Demanda de tránsito

La demanda de tránsito alude a la demanda diaria que debe cubrir la carretera, siendo este el resultado del incremento del número de vehículos promedio que transita por la vía en la actualidad, a través de las tasas de crecimiento anuales de cada región del Perú.

La mínima información necesaria a utilizar en nuevas investigaciones puntuales para hallar la demanda volumétrica actual de los flujos compilados por tipo de vehículos en cada sentido de tráfico, en términos generales, será de dos días por tramo (MTC, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

3.3.4.1 Volumen de tráfico

El volumen de tráfico se define como la cantidad de vehículos promedio que circula por una vía actualmente y durante el periodo de diseño de la misma.

Para definir la cantidad de vehículos se ubican estaciones de conteo estratégicamente para realizar el conteo vehicular en ambos sentidos de la vía, por el periodo mínimo establecido. Se elabora una cartilla de conteo en base al modelo del MTC, la cual se divide por tipo de vehículos y horas aproximadas en que pasaron por la estación.

Una vez obtenido el resultado del conteo en ambas direcciones de la vía se pueden obtener la composición del tráfico de la vía y el número de veh/día actual, características utilizadas para los cálculos de factores destructivos de la carpeta de rodadura.

3.3.4.2 Tasas de crecimiento

La demanda de tránsito para el periodo de diseño de una vía se obtiene proyectando los valores actuales de volumen de tránsito, haciendo uso de tasas de crecimiento anuales del tránsito según cada región, proporcionados y actualizados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

La tasa de crecimiento anual del tránsito se obtiene a partir de la dinámica del crecimiento económico y el crecimiento social. Por ello, se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento del Producto Bruto Interno de la zona; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013)

3.3.5 Factores de distribución

El factor de distribución direccional (F_d) es una relación que compete al número de vehículos pesados que transitan en la dirección del carril o tráfico. “Normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico” (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

Por otro lado, el factor de distribución carril (F_c) es una relación que compete al carril por el que circula un mayor tránsito por dirección; es decir, su carpeta de rodadura acoge el mayor número de Ejes Equivalentes.

3.3.6 Factor camión

La definición del factor camión se entiende como el número de aplicaciones de ejes simples con carga equivalente de 8.2ton (ejes equivalentes), correspondientes al paso de los vehículos pesados (Fonseca, 2002).

Para la determinación del factor camión para cada tipo de vehículo registrado en el conteo es conveniente elaborar una tabla de cálculo, elaborada en base a los ejemplos del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Tráfico.

La tabla consiste en usar las cargas por eje de tipo de vehículo para determinar el factor de eje equivalente. Para el cálculo de los factores de EE, se utilizarán las relaciones simplificadas en el Cuadro 05, que resultaron de correlacionar los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados y tipo de

pavimento que, en la ruta rural investigada, es una carpeta de rodadura afirmada.

Cuadro 5. Relación de Cargas por Eje

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013)

Posteriormente, la sumatoria de los factores de ejes equivalentes para cada tipo de vehículo corresponderá al resultado del factor camión del vehículo evaluado.

3.3.7 Número de repeticiones de ejes equivalentes

Para este estudio, la demanda que corresponde del tráfico de vehículos pesados, como los ómnibus y camiones, son predominantes en cuanto a consideración ya que la representación del factor destructivo de las diferentes cargas por tipo de eje se considera de acuerdo a tipo de vehículo pesado que circula sobre la vía.

“El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg²” (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn

para los 5 años de periodo de diseño, se usará la siguiente formula por tipo de vehículo. La sumatoria de EE de los diferentes tipos de vehículos pesado serán el resultado final.

$$\text{NREP EE 8.2ton} = \Sigma (\text{EE día} - \text{carril} \times \text{Fca} \times 365)$$

EE día – carril: Ejes equivalentes por día para cada tipo de vehículo pesado

- Fca: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado
- 365: número de días del año

Conforme los objetivos de la presente investigación, se busca calcular el número de ejes equivalentes para un periodo de diseño de 5 años, utilizando las fórmulas ya mencionadas.

3.4 Mecánica de suelos

3.4.1 Exploración de suelos

La exploración de suelos se realiza con el fin de obtener muestras representativas que determinen las propiedades del suelo en investigación a través de los ensayos de laboratorio. Estas muestras pueden ser alteradas, las que no guardan las mismas condiciones del terreno, e inalteradas en el caso contrario (Villalaz, 2004)

En primer lugar, se establece la ubicación preliminar de cada perforación y/o pozo de exploración, cuantificando cada una y estableciendo su profundidad. Luego se determina la necesidad de realizar ensayos in situ y por último una evaluación del nivel freático. Para la obtención de muestras en una exploración a cielo abierto se retira la parte suelta del suelo, luego se toma una muestra de cada capa de suelo encontrada en un recipiente y se separan con tarjetas de identificación. Estas muestras se envían en sacos al laboratorio a ensayar (Budhu, 2011).

La cantidad de muestra extraída depende del tamaño máximo de sus partículas y los ensayos que se le ejecutarán. Para este propósito el Manual de Ensayos del MTC recomienda de 50 a 500 gramos de muestra para clasificación visual, de 0.5 a 2.5 kilos de muestra para granulometría y

constantes básicas de suelos no granulares, de 20 a 40 kilos de muestra para granulometría y compactación de suelos granulares y de 50 a 200 kilos de muestra para propiedades de agregados.

La presente investigación se enfoca en ensayos para la subrasante del camino vecinal UC599 “Caserio 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Region Ucayali por lo que las muestras extraídas en campo deben servir para la realización de los ensayos mostrados en el Cuadro 06, siguiendo sus respectivos procedimientos por norma.

Cuadro 6. Ensayos para Subrasante

HUMEDAD NATURAL	ASTM D2216	MTC E108	NTP 339.127	AASHTO T265
GRAVEDAD ESPECÍFICA	ASTM D854 - 14	MTC E113	NTP 339.131	AASHTO T100
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	ASTM D422	MTC E107	NTP 400.012	AASHTO T88
LÍMITE LÍQUIDO	ASTM D4318	MTC E110	NTP 339.129	AASHTO T89
LÍMITE PLÁSTICO	ASTM D4318	MTC E111	NTP 339.129	AASHTO T90
pH EN SUELOS	ASTM D4972	MTC E129	NTP 339.176	
PROCTOR MODIFICADO	ASTM D1557	MTC E115	NTP 339.141	AASHTO T180
C.B.R	ASTM D1883	MTC E132	NTP 339.145	AASHTO T193

Fuente. Manual de Ensayo de Materiales - MTC

Los equipos que se utilizarán para la exploración dependen del uso de la información obtenida, la naturaleza del terreno, el tipo de material que presente y la profundidad de la exploración. Para una exploración a cielo abierto de 5 metros de profundidad o menos, los equipos indicados son los barrenos manuales y palas, bolsas herméticas o de tejido cerrado completamente descontaminados, nivel de mano, cinta métrica y cámara fotográfica son los recomendados por el ensayo de Muestreo de Suelos MTC E101.

3.4.2 Fuente de extracción de materiales

Las propiedades físicas y la naturaleza de donde provengan los agregados que requieran las obras viales son los factores que determinan su empleo en la obra solicitada. Es por ello que se requiere seguir los criterios y normas que permitan determinar los más apropiados.

Este procedimiento requiere de la etapa de reconocimiento e identificación de áreas donde existan posiblemente los materiales requeridos, otra etapa de localización y evaluación preliminar donde se verifica a través de la toma de muestras necesarias las fuentes previamente identificadas y; por último, la delimitación, calificación y cuantificación del área, refiriéndose al conocimiento de la calidad de las muestras extraídas, fletes, mapeo del lugar, etc (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

Esta fuente de material/cantera se elegirá puntualmente por su distancia a obra, por su calidad y cantidad; determinado por los ensayos realizados a las muestras extraídas y entre los que debe figurar ensayos para determinar las propiedades mecánicas y de resistencia, ensayos de clasificación, compactación y capacidad de soporte (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

3.4.3 Clasificación de suelos

Existen diferentes métodos de clasificación de suelos, los más utilizados son el sistema de clasificación de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras del Estado (AASHTO), que tal como su nombre lo indica se usa principalmente para estudios y proyectos en carreteras, y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), mayormente requerido para el área de geotecnia (Das, 2013).

a) Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Este sistema fue realizado por Arthur Casagrande en 1948, el cual fue usado para los trabajos de construcción de un aeropuerto durante la segunda guerra mundial. El Sistema Unificado de Clasificación se

presenta en el Cuadro 07. Según este sistema de clasificación, los suelos se dividen en dos grandes categorías:

Suelos de Partículas Gruesas

Son compuestas por gravas y arenas, los cuales se distinguen de los suelos de partículas finas mediante el cribado del material por el tamiz N°200. Los suelos gruesos son los retenidos por el tamiz mencionado. Se considera un suelo grueso si más del 50% de las partículas son retenidas en el tamiz N°200. Se simboliza estos grupos con un prefijo, G o S. G es mención al grupo de suelo de grava, y S es para el suelo arenoso.

Suelos de Partículas Finas

Son compuestas por limo inorgánico, arcilla inorgánica y limos orgánicos y arcillas. Los suelos finos son las partículas que pasan al tamiz N°200. Se considerará fino si 50% o más pasa el tamiz mencionado. La simbología de las partículas inicia con el prefijo M, en mención al limo inorgánico, C con respecto a la arcilla inorgánica y O para limos inorgánicos y arcilla. Se utiliza para la clasificación otro tipo de simbología descrita a continuación.

W: bien

clasificado P: mal

clasificado

L: baja plasticidad ($LL < 50$)

H: alta plasticidad ($LP > 50$)

Cuadro 7. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas			
	Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos ^a	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GW GP
		Gravas con finos Más de 12% finos ^{a,d}	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GM GC
	Arenas			
	50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos ^b	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$ $C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SW SP
		Arenas con finos Más de 12% finos ^{b,d}	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SM SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e	CL ML
	Límite líquido menor que 50	Orgánico	Límite líquido: secado $\frac{\text{Límite líquido: no secado}}{\text{Límite líquido: secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL	OL
	Limos y arcillas	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2) Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	CH MH
	Límite líquido 50 o más	Orgánico	Límite líquido: secado $\frac{\text{Límite líquido: no secado}}{\text{Límite líquido: secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH
	Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico		Pt

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

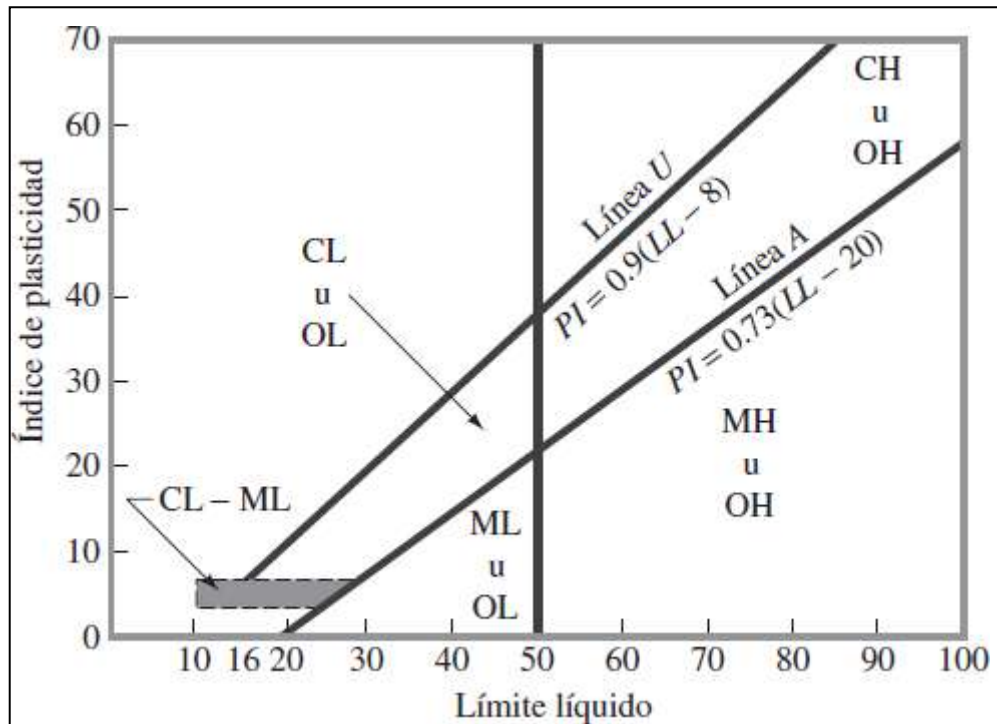
Fuente. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica

Para la clasificación adecuada en el Sistema unificado de clasificación de suelos se requiere además de la Carta de Plasticidad mostrada en el Cuadro 08, y deben conocerse el porcentaje de grava que es la fracción que pasa la malla de 3" y retenida en la malla #4, el porcentaje de arena que es la fracción que pasa la malla #4 y es retenida en la malla #200 y el porcentaje de limos y arcillas que es la fracción más fina que el tamiz # 200. Además, se debe hallar el coeficiente de uniformidad (C_u), el coeficiente de gradación (C_c), el límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP) de la muestra de suelo que pase la malla #40.

La simbología debido a esta clasificación SUCS que se obtendrá en el grupo de los suelos de partículas gruesas son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM y GP-GC. En cambio, la simbología de los grupos de suelos de partículas finas son CL, ML, OL, CH, MH, OH

y CL-ML.

Cuadro 8. Carta de Plasticidad - SUCS



Fuente. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Braja Das

- b) Sistema de clasificación Asociación Americana de Oficiales de Carreteras del Estado (AASHTO)

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 y es ampliamente usado en la ingeniería de vías, con el objetivo primordial de juzgar la aceptabilidad del suelo a evaluar para ser usado como material de sub- base y base en un pavimento o afirmado. En el Cuadro 09 se muestra la clasificación de grupo en el sistema AASHTO, según el tipo de material ensayado.

Cuadro 9. Clasificación de Suelos y Mezclas de Agregados para la Construcción Vial

Clasificación General	Materiales Granulares (35% o menos pasa el tamiz N°200)							Materiales limo-arcillosos (más de 35% pasa el tamiz N°200)			
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Análisis de tamizado (% pasa)											
2.00 mm (# N°10)	50 máx	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.425 mm (# N°40)	30 máx	50 máx	51 mín	----	----	----	----	----	----	----	----
0.075 mm (# N°200)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de fracción pasa # N°40											
Límite Líquido (LL)	----		----	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice Plástico (IP)	6 máx		NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general como subrasante	Excelente a buena							Regular a pobre			
El IP del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL menos 30. El IP del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30 (ver Gráfico siguiente). La casilla A-3 antes de la A-2 es debido al proceso de eliminación de izquierda a derecha. No indica superioridad de A-3 sobre A-2.											

Fuente. Julio Ricaldoni "Tablas y Ábacos" – 2008

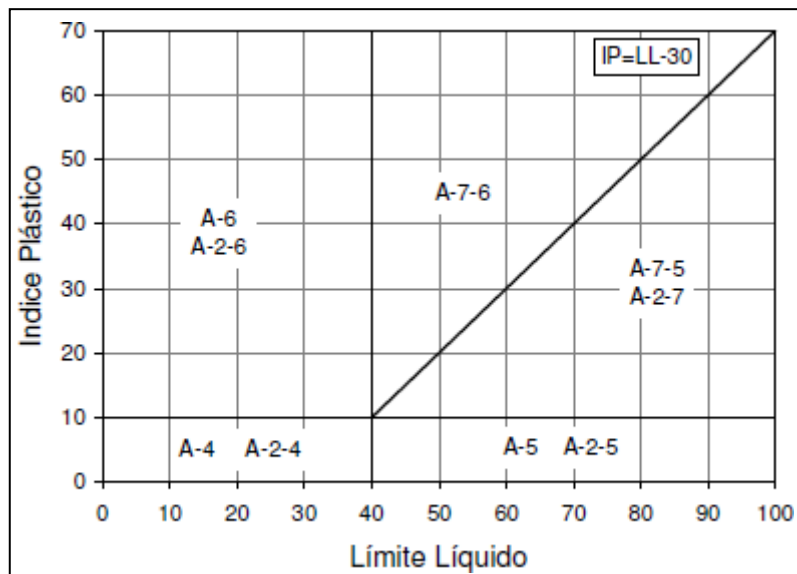
Según este sistema, el suelo evaluado se clasificará en siete grupos principales, denotándolos desde el A-1 hasta el A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más del 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 siendo estos principalmente limo y materiales del tipo de arcilla.

El sistema AASHTO se basa en los criterios de tamaño de partícula y plasticidad para la clasificación, donde el primero utiliza las mallas o tamices de 3", #10 y #200 para denominar a los suelos, siendo gravas los que pasen la malla de 3" y se retengan en el #10, arenas los que pasen la malla #10 y se retengan en el #200 y limos y arcillas lo que pase por la malla #200. En el caso de la clasificación por plasticidad se utiliza el índice de plasticidad (IP) como indicador, denominando limosos a los suelos finos que presenten un IP igual o menor a 10 y arcillosos a los suelos fino con un IP igual o mayor a 11 (Villalaz, 2004).

Para clasificar de forma adecuada según AASHTO con el Cuadro 10,

los datos correspondientes se aplican de izquierda a derecha. El cuadro nos muestra un gráfico de límite líquido e índice de plasticidad de los suelos que se dividen en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7. Finalmente se incorporará el índice de grupo (IG) a los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe entre paréntesis después de la designación de la muestra de suelo.

Cuadro 10. Carta de Plasticidad - AASHTO



Fuente. Julio Ricaldoni "Tablas y Ábacos" – 2008

El índice de grupo está dado por la siguiente ecuación

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

F: porcentaje pasado por el tamiz núm.

200 LL: límite líquido

PI= índice de plasticidad

3.4.4 Propiedades de suelos

Las propiedades de los suelos se definirán según los ensayos mencionados en el Cuadro 06, para lo cual se describen sus alcances, equipos y procedimientos a realizar para cada uno de ellos.

a. Humedad Natural

Este ensayo cubre la determinación en el laboratorio del contenido de agua por masa en suelos, rocas, y materiales similares; donde la reducción en masa por secado, se debe a la pérdida de agua.

Los equipos a utilizar para el presente ensayo son contenedores de especímenes apropiados, los cuales deben tener una resistencia a la corrosión y al cambio de temperatura debido al repetitivo calentamiento y enfriamiento de la muestra. También se hace uso de un horno secador, que preferiblemente tenga la capacidad de mantenerse a una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Uso de una balanza con lecturas de 0.01 gr cuando la muestra a evaluar tenga un peso de 200 gr.

Para el procedimiento del ensayo se determinará y anotará los pesos del recipiente de la muestra a evaluar. Luego, se seleccionará de la muestra una prueba representativa (cuarteo). Se colocará la muestra húmeda representativa en el contenedor, para posteriormente colocarla en una balanza y anotar los datos respectivos de masa. Después, se colocará el recipiente con la muestra húmeda al horno de secado por un periodo de 18 a 24hrs, es recomendable que durante este tiempo se mantenga el horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Al cumplir este periodo se retirará del horno el recipiente con la muestra respectiva, dejándolo en un lugar apto para un enfriado a temperatura ambiente. Finalmente anotaremos los pesos del contenedor y material seco para posteriores cálculos.

$$w = 100 * \frac{W_{cws} - W_{cs}}{W_{cs} - W_c} = 100 * \frac{W_w}{W_s}$$

ω : contenido de humedad.

Wcws: peso de recipiente y el espécimen húmedo. Wcs: peso del recipiente y el peso del espécimen secado. Wc: peso del recipiente.

Ww: Peso del agua de la

muestra. Ws: Peso de la

muestra final seca.

b. Gravedad Específica

Este ensayo cubre la determinación de la gravedad específica de sólidos de suelo que pasan la malla #4 mediante un picnómetro o fiola. Cuando el suelo contiene partículas más grandes que la malla indicada, podrá ser usado el ensayo Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos para los sólidos de suelo retenidos en la malla #4.

“La gravedad específica de los sólidos de suelo es usada en el cálculo de las relaciones de fase de suelos, tales como relación de vacíos y grado de saturación” (Das, 2013).

Se utilizan para este ensayo equipos como una fiola, recipiente de vidrio de cuello muy largo y angosto que cuenta con marca que señala un volumen exacto a una temperatura determinada, grabada generalmente en el mismo recipiente; un embudo, una balanza con lecturas de 0.01 gr, piseta, una cocina eléctrica y un horno con capacidad de mantenerse a una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Para el procedimiento de este ensayo se llenará la fiola con agua hasta la marca, registrando su peso respectivo. Luego se ingresará muestra del material que pase la malla #4 con ayuda del embudo, hasta aproximadamente 8 cm por encima del fondo de la fiola para después adicionar agua hasta cubrir aproximadamente tres veces el volumen del suelo ingresad. Posteriormente, se llevará la fiola con muestra y agua a la cocina eléctrica por un tiempo de 15 minutos para así eliminar el aire atrapado en la muestra, moviendo constantemente la fiola para no dañarlo. Al enfriarse la fiola, se procederá a completar con agua hasta la marca y se anotará el peso. Finalmente, todo el contenido de la fiola se echará en un recipiente y después de permanecer en el horno de

secado, se obtendrá el peso seco del suelo.

$$G_s = \frac{\gamma_{\text{material}}}{\gamma_{\text{agua}}} = \frac{W_s}{V_s * \gamma_{\text{agua}}}$$

G_s : Gravedad Específica de los sólidos. γ_{material} : Peso específico del material. γ_{agua} : Peso específico de agua.

W_s : Peso del suelo seco. V_s : Volumen del suelo.

c. Análisis Granulométrico por Tamizado

Este ensayo establece la delimitación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino y el agregado grueso de la muestra de suelo, separándolos por medio de mallas con aberturas que van de mayor a menor tamaño.

Los equipos que se utilizarán son un cucharón, brocha chata y cepillo, dos balanzas con sensibilidad de 0.5g y 0.01g, una serie de mallas con aberturas presentadas en el Cuadro 11, recipientes para almacenar y un horno de secado de $T^\circ 100 \pm 5^\circ\text{C}$. Además, según el tamaño máximo de partículas que presente la muestra se selecciona la cantidad de material a ensayar como se aprecia en el Cuadro 12.

Cuadro 11. Serie de Mallas para Tamizado

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Fuente. Manual de Ensayo de Materiales

Cuadro 12. Cantidad de Material según Tamaño Máximo de Partícula

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente. Manual de Ensayo de Materiales

El procedimiento a seguir para este ensayo es tomar del cuarteo realizado al material la cantidad aproximada de muestra representativa según su tamaño máximo, con ayuda del cucharón, y llevar al horno de secado la porción que queda luego de retirar los finos de esta muestra por lavado. Pesar el material seco en la balanza de 0.5g de precisión.

Dividir los tamices en dos pilas, una hasta la malla #4 y la otra hasta la

mallas #200, esto debido a que la fracción fina se contará a partir del material que pase la malla #4. Tamizar manualmente el material seco, moviendo de un lado a otro y de arriba hacia abajo malla por malla, en el caso de las fracciones finas retirar las partículas retenidas con ayuda de la brocha o el cepillo y colocar en la cantidad retenida de dicha malla.

Los pesos retenidos de cada malla se pesan en la balanza con sensibilidad de 0.01g y se comparan con el peso inicial de la muestra, estos resultados no deben diferir en más de 1%. Por último, se calculan los porcentajes retenidos y los porcentajes que pasan por cada malla.

$$\%Ret = \frac{\text{Peso Ret por malla}}{\text{Peso Total}} * 100$$

$$\%Pasa = 100 - \%Ret \text{ acum}$$

d. Límites de Consistencia (LL – LP)

Son contenidos de humedad, expresados en porcentaje, cuyos resultados de ensayo nos establecerá el límite líquido y límite plástico de la muestra estudiada, siendo estos empleados en la caracterización del material que pasa la malla #200.

LÍMITE LÍQUIDO

Los equipos requeridos para el ensayo de límite líquido son un aparato líquido o copa de Casagrande, aparato con una taza de bronce que funciona manualmente para proporcionar cierta cantidad de golpes requeridos; un ranurador plano de metal con dimensiones normadas, un recipiente con resistencia a la corrosión y resistente al cambio de temperatura, una balanza con sensibilidad de 0,01 g, una espátula de hoja flexible, una piseta para agregar agua y una malla #40 para discernir la muestra requerida.

El procedimiento de este ensayo consiste en separar una muestra representativa total suficiente para proporcionar un aproximado de 200 g de material que pase la malla #40. Mezclar dicho suelo con agua en un recipiente con una espátula hasta tener una masa homogénea y se obtendrá una porción representativa de la masa total.

Se colocará una porción de la mezcla preparada en la copa de Casagrande en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola y esparciéndola en la copa formando una superficie aproximadamente horizontal. Utilizando el ranurador se dividirá la muestra puesta en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo en el medio de la copa. A continuación, se gira la manivela de la copa de Casagrande a razón de 2 golpes/seg. hasta que las dos porciones de suelo entran en contacto en la parte inferior del medio de la ranura a lo largo de $\frac{1}{2}$ ", registrando el número de golpes que fueron requeridos para cerrar la ranura.

Posteriormente se retira una porción de suelo de aproximadamente 2 cm de ancho de la zona en que se cerró la ranura y se coloca en un del recipiente, anotando su peso e introduciéndolo en el horno durante 24 horas, para encontrar la humedad. Usando este procedimiento el límite líquido puede establecerse a partir de un solo ensayo usando la siguiente ecuación:

$$LL = \frac{W_n(N)}{25} 0.121$$

$$LL = k * W_n$$

N = Números de golpes necesarios para el cierre de la ranura y para el contenido de humedad

Wn = Contenido de humedad del

suelo K = factor dado en el Cuadro

13

Cuadro 13. Factor K para LL

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente. Manual de Ensayo de Materiales – MTC

LÍMITE PLÁSTICO

Para este ensayo se utiliza agua destilada, un vernier, una malla #40, una balanza de 0.01g de precisión y recipientes de almacenamiento.

El procedimiento de este ensayo será utilizar 20 gramos aproximadamente de muestra representativa que pase por la malla #40. Se vierte el agua destilada en esta muestra hasta que se pueda formar una esfera de suelo.

Una porción se retira y se rueda con los dedos sobre una superficie lisa, formando rollos del material. Ahora bien, si el rollo se desmorona antes de llegar a los 3.2mm de diámetro medido con el vernier, el suelo se denomina no plástico (NP); en caso contrario se acumulan 6 gramos aproximadamente de rollos con esta característica y se calcula su contenido de humedad. Repetir el procedimiento una vez más y el promedio de los resultados de w% resulta el límite plástico (LP) del suelo.

e. pH en Suelos

Al realizar el ensayo de potencial hidrógeno en muestras de suelo suspendidas en agua, se determina su grado de acidez como neutro ($\text{pH} = 7$), ácido ($\text{pH} < 7$) y base ($\text{pH} > 7$).

El equipo y los materiales empleados son una balanza con precisión de 0.001g, un potenciómetro provisto de una escala de lectura a 0.05 und de pH, papel filtro, recipientes de almacenaje, vasos de precipitación de 500ml, agua destilada y cucharitas de plástico.

El procedimiento a seguir es esparcir el material de cada tipo de suelo extraído y tomar una muestra representativa, evitando las gravas, y tamizarlo por la malla #10 triturando las partículas que se queden retenida. Cuartear el material tamizado y tomar 50 - 60 gramos de la porción más representativa.

Colocar estas porciones en los recipientes de almacenaje y verter el agua destilada en ellos. Remover un poco el agua suspendida con partículas y dejar reposando. Calibrar el medidor, rociarlo con agua destilada y sumergirlo en la suspensión para anotar la lectura en el formato de sales, tomando en cuenta que debe alcanzar una lectura constante en el lapso de un minuto.

f. Proctor Modificado

Este ensayo de laboratorio determina la relación entre la densidad del suelo y su contenido de humedad, específicamente los valores del óptimo contenido de humedad del suelo y su máxima densidad seca a través de la curva de compactación obtenida. Se realiza compactando el material en un molde de dimensiones establecidas según cada procedimiento, con un martillo de 4.54kg liberado de una altura de 457mm.

Los métodos a realizar para el Proctor Modificado se clasifican en A, B, C y D; según las condiciones establecidas por norma, de los cuales en la presente investigación al elegir el método para los tipos de suelo ensayados se obtienen los métodos B y C, cuyo procedimiento de ensayo se describe al tomar una muestra del cuarteo del material y pasarlo por las mallas 3/4", 3/8" y #4; obteniendo así los %retenidos acumulados y seguir las condiciones de elección para cada uno.

MÉTODO B

El método B se realizará si el %ret acum en la malla 3/8" es menor o igual a 20% y el %ret acum en la malla #4 es mayor a 20%. Del material se descarta el retenido en la malla 3", lo que queda se divide en dos partes y se selecciona 3 kilos, para un solo molde, del montículo más representativo. De esta cantidad se retira el material que pasa la malla 3" y se retiene en la 3/8", y se reemplaza por la misma cantidad de material del otro montículo que pase por la malla 3/8" y se retiene en la #4.

El molde de compactación debe tener un diámetro de 10.16cm y una altura de 11.64cm, la cantidad aproximada de suelo a compactar es de 3 kg que se ingresarán al molde en 5 capas, compactando cada capa con 25 golpes.

MÉTODO C

El método C se realizará si el %ret acum en la malla 3/4" es menor o igual a 30% y el %ret acum en la malla 3/8" es mayor a 20%. Del material se descarta el retenido en la malla 3", lo que queda se divide en dos partes y se selecciona 6 kilos, para un solo molde, del montículo más representativo. De esta cantidad se retira el material que pasa la malla 3" y se retiene en la 3/4", y se reemplaza por la misma cantidad de material del otro montículo que pase por la malla 3/4" y se retiene en la 3/8".

El molde de compactación debe tener un diámetro de 15.24cm y una altura de 11.64cm, la cantidad aproximada de suelo a compactar es de 6 kg que se ingresarán al molde en 5 capas, compactando cada capa con 56 golpes.

Los equipos utilizados para el ensayo de Proctor Modificado son los moldes indicados para cada método; cada uno con un plato base y un collar de extensión, mallas de 3", 3/4", 3/8" y #4, un martillo de 4.54kg, un vernier, un cucharón, una brocha, una regla de metal, dos balanzas

de 0.5g y 0.01g de precisión, un horno de secado de 110 +/- 5°C y taras numeradas.

Para iniciar el procedimiento se debe preparar los moldes a utilizar para cada ensayo; es decir, pesarlos y cubicarlos con la balanza de 0.5g de precisión y con el vernier respectivamente.

Se selecciona muestra para 4 moldes como mínimo según cada método de ensayo, se obtiene el contenido de humedad y se separan en bolsas herméticas. Se estima aproximadamente el OCH y el objetivo es llevar las porciones separadas herméticamente 2% por encima y por debajo de esta humedad estimada.

Se procede a compactar por capas en el piso del laboratorio y en el molde seleccionado según el método a realizar, deteniéndose a la mitad de cantidad de golpes por cada capa para retirar el exceso de muestra en el pisón. Luego se retira el collarín, se enrasa el molde y se limpian los costados de este para pesarlo en la balanza de 0.5g de precisión. Con estos datos se puede obtener el contenido de humedad y el peso unitario seco para cada porción compactada, cuyos valores dan como resultado la curva de compactación de la muestra.

Peso Unitario Seco

$$\rho_m = 1000 * \frac{(W_t - W_c)}{V}$$

P_m

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + 100\omega}$$

ρ_d: Densidad seca de la porción compactada

(mg/m³) ω: Contenido de humedad (%)

$$\gamma_d = 9.807 * \rho_d \text{ kN/m}^3$$

γ_d: Peso unitario seco de la porción

compactada

Curva de Saturación

$$\frac{(\gamma_w * GS) - \gamma_{dwsat} \times 100}{\gamma_d * GS} =$$

Este ensayo nos evalúa la resistencia potencial de sub rasante, sub base, entre otros. Generalmente se realiza con muestras de suelos preparadas para el laboratorio, que estarán con una determinada de humedad y densidad.

Los aparatos necesarios para este ensayo son un molde que deberá ser de forma cilíndrica metálica con un collarín de extensión y base con agujeros. Un disco espaciador circular de metal de altura de 61.37 mm +/- 0.127 mm. Un apisonador para la compactación del suelo en el molde, diales de deformación con precisión de 0.01 mm, pesas de metal que tengan una masa total de 4.54

+/- 0.02 Kg para uso como sobrecarga, una balanza con precisión de 0.01 gr, recipientes para determinar pesos y hallar contenido de humedad y la prensa CBR

En primer lugar, se prepara la muestra de acuerdo a lo normado. Se separa en dos montículos de 60% y 40%, en caso el montículo de 60% de suelo pasa el tamiz de 19 mm ($\frac{3}{4}$ "), todo el montículo deberá usarse. Sin embargo, si existe material retenido en el tamiz 19 mm ($\frac{3}{4}$ "), el material será removido y reemplazado por una cantidad igual de peso adquirido del montículo de 40% que pase el tamiz 19 mm ($\frac{3}{4}$ "), y sea retenido en el tamiz 4.75 mm (#4). Posteriormente, ya determinado el óptimo contenido de humedad y peso específico seco máximo en el ensayo proctor modificado, se continua con el ensayo de CBR.

Seguidamente, se prepara el molde con el collar de extensión a la placa de la base. Se insertará el disco espaciador con un papel filtro encima de ello. Se compactará y se efectuará 3 veces dando 55, 25 y 12 golpes respectivamente a la mezcla de suelo con el OCH y la MDS.

Luego, se retira el collar de extensión y se recorta el suelo compactado sobrante, se enrasa con el borde del molde. Se quitará la base metálica y el disco espaciador para voltear el molde y anotar el peso del molde y suelo compactado. Después, este molde con suelo compactado se

sujetará a la placa de base con papel filtro en medio. Se colocará las pesas, vástago y diales en la parte superior del molde y suelo compactado. Se sumerge el molde y las pesas en agua, así permitir el ingreso del agua a la parte superior e inferior del suelo moldeado.

Se toma las lecturas de los diales que serían las lecturas iniciales para la medición de expansión y se deja el suelo moldeado sumergido con un nivel de agua constante durante 96 horas.

Se retira los diales y se saca el agua luego del tiempo requerido sumergido, se debe permitir al suelo moldeado que drene el agua hacia abajo inclinándolo por un tiempo de 15 min y anotar el peso correspondiente con el cuidado de no perturbar la superficie de suelo moldeado. Se retira todo puesta en la parte superior del molde como las pesas y vástago.

Seguidamente, se procederá a hacer el ensayo de penetración, donde se coloca sobre el suelo compactado en el molde una sobrecarga de pesas la cual debe provocar una intensidad de carga igual al peso de material de base y pavimento dentro de la aproximación de 2.27 kg y no menor a 4.54 kg. Y así evitar que el suelo se eleve por el orificio de la pesa de sobrecarga. Preferentemente antes de asentar el pistón para el ensayo de penetración, se debería colocar la sobrecarga mencionada.

Finalmente, se lleva el suelo moldeado a la maquina compresora en forma tal que la velocidad de penetración sea calibrada aproximadamente a 1.27 mm/min. Se colocará la prensa en el orificio de la sobrecarga puesta al molde. Se registrará las lecturas de cargas correspondientes a la penetración correspondiente según la norma ASTM. Asi culminando el ensayo desmontando el suelo moldeado y se toma parte de la muestra compactada, para determinar la humedad con la que se trabajó.

Se calcula la humedad de compactación que es el porcentaje de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural y así alcance el contenido humedad prefijado.

“El valor de la relación de soporte es el tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón” (MTC, Manual de Ensayo de Materiales, 2016).

Cuadro 14. Valores de Carga Unitaria - CBR

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Fuente. Manual de Ensayo de Materiales - MTC

Para luego proseguir a calcular el índice CBR dibujando la curva que relacione las presiones y las penetraciones como se presenta en la Ilustración 1.

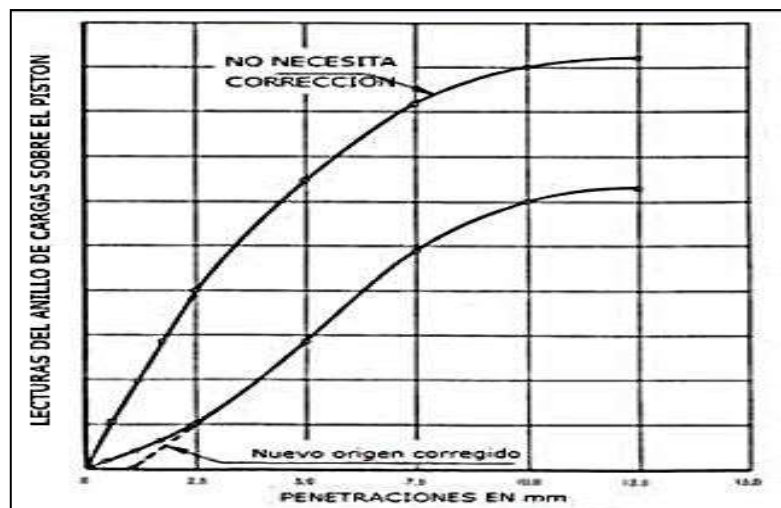


Ilustración 1. Curva para cálculo de índice de CBR Fuente. Manual de Ensayo de Materiales – MTC

Estabilización de suelos

Definido como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo mediante el uso de procedimientos mecánicos y/o la incorporación de productos químicos. Consiste además en dotar a los mismos de resistencia mecánica y su permanencia en el tiempo, aplicando técnicas que varían desde la incorporación de otro suelo hasta la adición de agentes estabilizantes, para finalmente realizar el proceso de compactación una vez hecha y verificada la estabilización del suelo (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013).

La estabilización de los suelos, particularmente en las vías terrestres, ha sido una técnica utilizada para mejorar el comportamiento del esfuerzo de deformación de los suelos. Por otro lado, el mejoramiento de los suelos ha atendido a diversos requerimientos como la resistencia al esfuerzo cortante, la compresibilidad o deformabilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros; siempre buscando en todos los casos, un buen comportamiento esfuerzo - deformación de los suelos y de la estructura colocada sobre ellos, a lo largo de su vida útil (MTC, CE.020 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y TALUDES, 2009).

De acuerdo a la norma CE.020 la estabilización de suelos se puede efectuar mediante el método químico y el método físico.

a. Método Químico

Se aplicará este método en la estabilización de suelos en caso ocurra ciertas circunstancias como: el suelo no pueda ser empleado en condiciones naturales, el suelo no pueda ser eliminado o reemplazado por otro suelo e incumplen los requerimientos mínimos de resistencia o deformación.

Para el uso del método químico se deberá presentar un estudio técnico que permita sustentar el uso del estabilizador seleccionado. Deberán demostrar que la estabilidad alcanzará una resistencia, permeabilidad y durabilidad adecuada según lo mínimo requerido por la norma peruana. Además, dentro del estudio deberán sustentar que no hay riesgo alguno para el hombre ni el medio ambiente. Los diferentes tipos

de estabilización por el método químico son estabilización con cal, estabilización con cemento, estabilización con asfalto y estabilización iónica

b. Método Físico

Este método se realiza cuando el suelo natural se tiene como materia prima. Se requiere un adecuado equipo mecánico para obtener una mejora en cuanto a estabilidad del suelo, eso se obtiene aumentando la resistencia de corte, disminuyendo la relación de vacíos para reducir la permeabilidad. En cuanto a la estabilización de suelo mediante el método físico esta la estabilización por compactación.

3.5 Estabilización de suelos con ISS 2500

3.5.1 Ionic soil stabilizer ISS 2500

Es un estabilizador Iónico de Suelos totalmente orgánico, que genera un efecto electro- químico en el suelo tratado y mejora los parámetros estructurales del terreno en obras viales. Su función es disociar las moléculas del agua, activando los iones H^+ y OH^- , liberando las partículas del suelo, activando los iones metálicos que se transfieren al agua libre.

Produce un efecto electro-químico de aglomeración de las partículas del suelo y mediante la compactación mecánica, aumentar el CBR impidiendo la formación de baches, barro, polvo y calamina. (Road Material Stabilizers Perú, 2004)

3.5.2 Especificaciones técnicas del producto

El estabilizador químico tipo iónico ISS 2500 para suelos, consigue a través de su uso mejorar la capacidad portante de las carpetas de rodado de las pistas o afirmados y la calidad de las vías, asegurar su transitabilidad y disminuir los procesos de conservación. El estabilizador deberá tener forma y consistencia líquida. El Estabilizador Químico podrá ser usado en diferentes tipos de suelo del sistema de clasificación AASHTO (A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-

5, A-2-6, A-2-7, A4, A6, A-7-5, A- 7-6)

El estabilizador cumplirá con los requisitos de no contaminante, no tóxico, 100% biodegradable, no inflamable, soluble en agua y con un pH a 20 °C < 1. Tiene la capacidad de mejorar la subrasante, sub-base y base de rodado pudiendo ser utilizado también para las pistas de aterrizaje con y sin un tratamiento superficial sobre el suelo mejorado. El uso de este estabilizador iónico deberá evitar el reemplazo de suelos, con Índices de plasticidad (hasta un 30% de I.P.) y altos niveles de finos (10% que pase la malla 200).

La capa estabilizada debe constituir una barrera que impida la filtración de aguas lluvia en la superficie. La dosificación solicitada del estabilizador iónico será: el porcentaje que pasa el Tamiz No. 200 < 10% se debe dosificar con 0,03 Lt/M2 y para suelos de alta plasticidad se utilizará 0,04 Lt/M2. El producto previa inspección deberá cumplir con la normativa USEPA 1991 en relación a que el producto es 100% orgánico, no inflamable, no tóxico y no peligroso para la seguridad del medio ambiente.

3.5.3 Procedimiento constructivo

Esta aplicación se realiza en cuatro fases:

- a. Escarificado, quebrar el terreno con una motoniveladora unos 20cms de profundidad para preparar el área a estabilizar.
- b. Adición, aplicar el producto en líquido junto con agua (la necesaria) con la ayuda de un camión cisterna para llevar el material a su óptimo contenido de humedad.
- c. Mezcla, una vez aplicado se juntan los materiales con una motoniveladora para que el contenido de humedad sea uniforme y al finalizar se procede a conformar el camino, dejando el bombeo adecuado para que permitir que el agua se escurra por los costados.

- d. Compactación, finalmente con el uso de un rodillo compactador se realizar la compactación de la ruta a la densidad de proyecto obtenida del ensayo Proctor modificado.

3.5.4 Trabajos realizados en carreteras peruanas

Carretera de Iquitos – Nauta (km 41) ubicada en el departamento de Loreto



Ilustración 2. Carretera de Iquitos antes de
adición de ISS2500 Fuente. DSG
Servicios Generales SAC



Ilustración 3. Escarificación de
Carretera de Iquitos Fuente. DSG
Servicios Generales SAC



Ilustración 4. Mezcla de ISS2500 en
Carretera Iquitos Fuente. DSG
Servicios Generales SAC



Ilustración 5. Carretera de Iquitos después de adición
de ISS2500 Fuente. DSG Servicios Generales SAC

Carretera en Palma Aceitera del Shanusi ubicada en el departamento de Loreto



Ilustración 6. Carretera en Palma Aceitera antes de
adición de ISS2500 Fuente. DSG Servicios
Generales SAC



Ilustración 7. Adición de ISS2500 en Carretera en
Palma Aceitera Fuente. DSG Servicios
Generales SAC



Ilustración 8. Mezcla de ISS2500 en Carretera
en Palma Aceitera Fuente. DSG
Servicios Generales SAC



Ilustración 9. Compactación de Carretera en Palma Aceitera
con adición de ISS2500 Fuente. DSG Servicios Generales
SAC



Ilustración 10. Carretera en Palma Aceitera luego de adición ISS2500 Fuente. DSG
Servicios Generales SAC

Carretera de Shilcayo ubicada en el departamento de San Martín



Ilustración 11. Escarificación de
Carretera de Shilcayo Fuente. DSG
Servicios Generales SAC



Ilustración 12. Adición de ISS2500 en Carretera de Shilcayo Fuente. DSG Servicios
Generales SAC



Ilustración 13. Mezcla de ISS2500 en
Carretera de Shilcayo Fuente. DSG Servicios
Generales SAC

Carretera en la ciudad de tumbes ubicadas en el departamento de Tumbes



Ilustración 14. Carretera ubicada en ciudad de Tumbes antes
de adición de ISS2500 Fuente. DSG Servicios Generales SAC



Ilustración 15. Escarificación de carretera en la
ciudad de Tumbes Fuente. DSG Servicios Generales
SAC



Ilustración 16. Adición del ISS2500 en Carretera En La Ciudad De Tumbes Fuente.
DSG Servicios Generales SAC



Ilustración 17. Compactación de Carretera en la ciudad de Tumbes
con adición de ISS2500 Fuente. DSG Servicios Generales SAC



Ilustración 18. Carretera en la ciudad de Tumbes luego de
adición de ISS2500 Fuente. DSG Servicios Generales SAC



3.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

- Subrasante del Camino: Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, es decir, corte y relleno, y sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, pág. 23).
- Afirmado: Capa de material natural selecto procesado o semi-procesado de acuerdo a diseño, colocado sobre la subrasante de un camino. Funciona como capa de rodadura y capa de soporte al tráfico en carreteras no pavimentadas. Estas capas pueden tener tratamiento para su estabilización. (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, pág. 13)
- Camino: Franja longitudinal del terreno preparada para su uso por vehículos. (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, pág. 13)
- Camino Vecinal: Elemento básico del sistema vecinal, constituido por la red alimentadora de los sistemas departamental y nacional. Sirve para unir las capitales distritales, pueblos o caseríos entre sí, o se vinculan a carreteras más importantes. (IVPB, 2015, pág. 4)
- Mantenimiento de caminos: Conjunto de actividades de carácter técnico de naturaleza rutinaria, periódica o de emergencia, que son realizados para conservar los caminos y mantenerlos en un estado óptimo de transitabilidad. Su propósito inmediato es brindar fluidez al tránsito vehicular en toda época del año, pero también en un sentido más general, busca preservar las inversiones e incentivar una “cultura de mantenimiento”. (IVPB, 2015, pág. 4)
- Superficie de Rodadura: Zona destinada al tránsito de los vehículos, cubierta por una capa de material de afirmado a fin de brindar una superficie uniforme cuya forma y textura apropiada sea resistente a la acción del tránsito. (IVPB, 2015, pág. 7)



- Tramo: Cualquier porción de un camino, comprendida entre dos puntos de referencia, localizados a lo largo del eje del camino. (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, pág. 19)
- Tránsito: Vehículos que circulan por el camino. (MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, pág. 19) Clasificador de Rutas: Documento oficial del Sistema Nacional de Carreteras - SINAC, emitido por el MTC y contiene las carreteras existentes y en proyecto, clasificadas como Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural (MTC, "Glosario de Términos" de uso frecuente en proyectos de Infraestructura Vial, 2018, pág. 7).
- Código de Ruta: Identificación simplificada de una vía del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) (MTC, "Glosario de Términos" de uso frecuente en proyectos de Infraestructura Vial, 2018, pág. 7).
- Estudio de Mecánica de Suelos: Es un conjunto de investigaciones de campo en el que se realizar exploraciones, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete con el objetivo de estudiar el comportamiento de los suelos. (RNE, 2018, pág. 47)
- Suelos Estabilizados: Son suelos que presentan baja plasticidad denominados también suelos pobres o inadecuados. Debido a esto requieren la adición de un estabilizador como cal, cemento o un aditivo químico o iónico (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, pág. 349).
- Cantera: Lugar donde existe la presencia de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de los caminos no pavimentados. (MTC, Manual de Carreteras : Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, pág. 12)
- Límites de Atterberg: Los límites de consistencia o límites de Atterberg se utilizan para la caracterización del comportamiento de los suelos finos. El nombre de estos se da debido al científico sueco Albert



Mauritz Atterberg (1846-1916). Los límites se basan en la teoría de que en un suelo de granos finos solo existen cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregarle agua poco a poco va pasando consecutivamente a los estados de semisólido, plástico, y por último al estado líquido. Los porcentajes del contenido de humedad en los puntos de transición entre un estado y otro son los denominados límites de Atterberg. (Das, 2013)

- Normas Técnicas: Conjunto de normas elaboradas para facilitar la planificación del mantenimiento, la medición de la productividad y los rendimientos que deben alcanzar las microempresas para brindar un servicio eficiente de mantenimiento. Están compuestas por las normas de evaluación, normas de cantidad y normas de ejecución. (IVPB, 2015, pág. 6)
- Medio Ambiente: Es el conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con la persona y población en donde reside, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia (MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013, pág. 346).
- Tierra de Cultivo: Suelo sometido a labores de labranza para propósitos agrícolas. (RNE, 2018, pág. 49)

4. METODOLOGIA O MARCO METODOLOGICO

4.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

4.1.1. TIPO DE INVESTIGACION

- La presente investigación tiene como tipo de investigación experimental por que se centrara alterar las propiedades del suelo con el aditivo ISS 2500 y mediante los porcentajes y dosificación que se adicionará se podrá tener el resultado para verificar la hipótesis.
-



4.1.2. NIVEL DE INVESTIGACION

- NIVEL EXPERIMENTAL

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION – ESQUEMA DE LA INVESTIGACION

El grupo experimental fue conformado por los suelos arcillosos predominantes en la región Ucayali y se realizara una (01) calicatas de hasta 1.50m de profundidad correspondientes por km

Tramo 0+000 a km 20+000.

La representación gráfica es la siguiente

G1: O1XO2

DONDE:

G1: Grupo Experimental

X: Estabilización Iónica del Suelo con ISS 2500

O1: Test Antes del Experimento

O2: Test Después del Experimento.

4.3. DETERMINACION DEL UNIVERSO/POBLACION

La población fue conformada por suelos arcillosos de camino vecinal UC599 “Caserío 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali los cuales fueron sujetos a evaluación y análisis de sus propiedades físicas y mecánicas.

4.4. MUESTRA

Para la muestra de la prueba de la hipótesis se determinó a criterio no probabilístico, considerando que Se realizara 01 calicata por cada km del camino vecinal UC599 “Caserío 8 de Mayo Distrito de Campo Verde Región Ucayali con el cual se elaboraremos ensayos adicionando porcentajes de ISS2500.



4.5. TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTOS DE DATOS

4.5.1. FUENTES, TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

4.5.2. PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS

5. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES.

5.1. POTENCIAL HUMANO

5.2. RECURSOS MATERIALES

5.3. RECURSOS FINANCIEROS

5.4. CRONOGRAMA DE GANTT

5.5. PRESUPUESTO

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.1. BIBLIOGRAFIA FISICA.

6.2. BIBLIOGRAFIA ELECTRONICA.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI.

**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.**

