



*Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.*

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
EN UN PREDIO DONDE SE PROYECTA CONSTRUIR
UNA PLAZA COMERCIAL DENOMINADA “SABINOS”
EN LA COLONIA GENARO ESTRADA
EN CULIACAN, SINALOA.**

PARA:

ARQ. IVAN LAIJA GARCIA

DICIEMBRE DEL 2023



Consultoria en Ingenieria Civil.

*Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.*

INGENIUM INGENIEROS CONSULTORES S.C. SERVICIOS EN INGENIERIA CIVIL



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.
Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.
**TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93** **CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25**
e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. RECONOCIMIENTO DEL SITIO.....	6
3. GEOLOGÍA REGIONAL.....	9
4. TRABAJOS DE CAMPO.....	12
5. TRABAJOS DE LABORATORIO.....	17
6. ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES.....	19
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN.....	23
7.1. ANÁLISIS DE ESTADO LÍMITE DE FALLA.....	23
7.2. ANÁLISIS DE ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.....	32
8. SISMICIDAD.....	36
9. PAVIMENTOS.....	43
10. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	50
10.1. PAVIMENTOS.....	50
10.2. PLATAFORMAS.....	58
11. CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES.....	61
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
ANEXO No. 1. FIGURAS	
ANEXO No. 2. FOTOGRAFÍAS	
ANEXO No. 3. REGISTROS DE LABORATORIO	
ANEXO No. 4. REFERENCIAS	



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

1. INTRODUCCIÓN.

A petición del **Arq. Ivan Laija Garcia**, se realizó este estudio de Mecánica de Suelos, en un predio donde se proyecta construir la Plaza Comercial Sabinos en la Colonia Genaro Estrada en Culiacán, Sinaloa.

En el Capítulo No. 2 de este informe, se proporcionan las características físicas que presenta el predio en estudio enfatizando en aquellos aspectos de mayor influencia en la definición de la solución de cimentación.

El Capítulo No. 3 contempla la conceptualización desde el punto de vista geológico de la conformación de la zona de **Culiacán** en sus diferentes zonas, y en particular de la zona donde se ubica el predio en estudio.

Dentro de los trabajos de exploración del subsuelo, presentados en el Capítulo No. 4, se incluye el procedimiento del muestreo seguido en el o los sondeos realizados.

En el Capítulo No. 5, se describen las pruebas y ensayos realizados en el laboratorio, tanto para las muestras alteradas, así como algunas observaciones a los valores obtenidos de los diferentes parámetros.

La estratigrafía resultante de la interpretación de los trabajos de exploración y laboratorio se describe en el Capítulo No. 6.

En el Capítulo No. 7, se incluyen los análisis geotécnicos efectuados, de acuerdo al Reglamento de Construcciones correspondiente.

El capítulo No. 8 se presentan las características de sismicidad del sitio en estudio de acuerdo a la carta de regionalización sísmica elaborada por la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) y el espectro de diseño.

En el Capítulo No. 9, se presenta la estructuración del pavimento recomendado en función de las características del proyecto.

El Capítulo No. 10, se presentan las recomendaciones para los procesos constructivos tanto para estacionamiento, como para las plataformas de las edificaciones.

En el Capítulo No. 11, se presenta un panorama general sobre la factibilidad de utilizar los materiales encontrados, principalmente en la construcción de plataformas.

Finalmente, en el Capítulo No. 12, se sintetizan las conclusiones y recomendaciones a los aspectos que deberán tomarse en cuenta en el diseño y construcción de la cimentación propuesta y del proyecto en general.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

1. Establecer el perfil estratigráfico de subsuelo en el sitio de estudio.
2. Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos.
3. Proponer el sistema de cimentación o cimentaciones más adecuadas para el tipo de construcción a realizar en función de las características geotécnicas del subsuelo, del sistema estructural de la edificación y de los factores del proyecto que influyan en el proceso de selección, a condición de que cumplan con los estados límite de falla y de servicio de acuerdo con un reglamento establecido.
4. Establecer la sismicidad del sitio en estudio de acuerdo con las condiciones estratigráficas del sitio tomando en cuenta los manuales de sismicidad aplicables en el país.
5. Proponer el sistema de plataformas requerido para el apoyo de la cimentación de las edificaciones.
6. Diseñar la estructura del pavimento para las vialidades del proyecto.
7. Determinar la posibilidad de que el material existente pueda ser utilizado en algún proceso constructivo en el desarrollo del proyecto.
8. Recomendar procedimientos constructivos para la construcción de plataformas y pavimentos

ALCANCE

En el alcance, este estudio abarca la inspección del sitio, la exploración del subsuelo, el muestreo y todos los ensayos de laboratorio de los materiales muestreados de acuerdo con la estratigrafía encontrada en los sondeos realizados, necesarios todos para cumplir con los objetivos que se contemplan en el informe.

UBICACIÓN Y COLINDANCIAS.

El predio se localiza en la zona oriente de la ciudad de Culiacán accesando mediante la Calzada de los Sabinos y la Calle Miguel Hidalgo las cuales se encuentran pavimentadas con concreto hidráulico, guarnición y banqueta pública.

En general, en las colindancias cercanas del predio se tiene el antecedente de construcciones de baja y mediana altura usadas como casa habitación en las cuales no se observan problemas estructurales de importancia que pudieran ser ocasionados por el subsuelo.

En la figura No. 1 del Anexo No. 1 se puede apreciar una imagen de satélite donde se muestra la ubicación del predio y sus colindancias más cercanas.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

De acuerdo con información proporcionada el proyecto consta de una serie de locales comerciales en uno y dos niveles sin sótano. El proyecto se pretende construir en un área de trescientos treinta y nueve metros cuadrados.

Dentro del proyecto en planta baja se contempla la construcción de tres locales comerciales con un área de construcción de siento setenta y seis metros aproximadamente, dos locales en planta alta con aproximadamente 88 metros cuadrados de construcción y un área de estacionamiento con ocho cajones con aproximadamente ciento cincuenta y ocho metros cuadrados.

Se estima que estos locales estarán estructurados a base sistemas combinados con marcos de estructura y marcos con muros de carga de mampostería en dos direcciones, combinados con un sistema de columnas de concreto, la losa será reticular con vigueta y bovedilla.

Los muros de mampostería se estima que estén compuestos por block hueco de concreto, confinados por dalas y castillos de concreto armado.

En la figura No. 2 del Anexo No. 1, se presentan vistas de la planta arquitectónica por niveles y un alzado del proyecto a desarrollarse.

2. RECONOCIMIENTO DEL SITIO.

El predio donde se construirá la plaza comercial tiene una superficie total aproximada de trescientos treinta y nueve metros cuadrados, con las siguientes características.

- El predio se encuentra con maleza superficial y escombro producto de la demolición de la edificación anterior dentro del predio.
- El predio se encuentra libre solamente delimitado por las bardas de los predios vecinos y las calles colindantes.
- El predio se encuentra al nivel de los predios colindantes y arriba de las vialidades de acceso.
- Las vialidades de acceso al predio se encuentran pavimentadas con concreto hidráulico, guarnición y banqueta pública.
- Las vialidades cuentan con pendientes ligeras pero suficientes para el desalojo de aguas pluviales.
- No se observan en las construcciones colindantes existentes, problemas de agrietamientos que puedan ser causados por el tipo de suelo.
- Cabe resaltar que cercano al predio (500 metros aproximadamente) por la parte oriente se encuentra el Rio Tamazula.
- Ya que no se cuenta con niveles de proyecto no se puede contemplar la posibilidad del uso de muros de contención.

En las fotografías que se muestran a continuación se presenta los aspectos más generales del sitio en estudio.



Consultoría en Ingeniería Civil.

*Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.*



Vista del predio en estudio.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

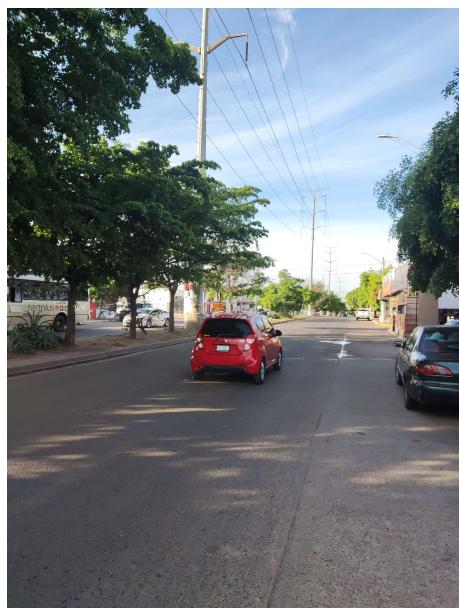
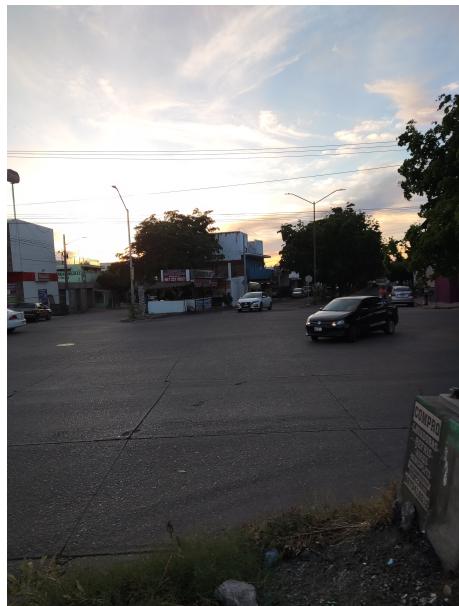
TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

Consultoría en Ingeniería Civil.

*Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.*



Vista de las vialidades.

En el Anexo No. 2 se presenta un reporte fotográfico completo donde se incluyen los aspectos importantes del sitio en estudio.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

3. GEOLOGÍA REGIONAL

El análisis de los materiales geológicos del municipio de Culiacán tanto de la zona fisiográfica de los altos, como de los valles indica que éstos se constituyen de rocas ígneas o sedimentarias del Cenozoico Medio y Superior que cubren gran parte de la serranía, y por formaciones del Mesozoico, a base de rocas metamórficas.

Dentro de las rocas ígneas se distinguen la piedra pómez, caliza y granito, de procedencia intrusiva. Las sedimentarias son las calizas, arcilla y el yeso, que deben su formación a la acumulación de partes duras de restos de animales marinos, a través del tiempo, a los residuos de vegetales sometidos a presiones y temperaturas elevadas y algunos como yeso han sido también integrados por procesos químicos.

Las rocas metamórficas se forman cuando en las capas sedimentarias de calizas se produce una intrusión de magmas y al acumularse la temperatura se transforman las sedimentarias en rocas marmóreas, entre las que sobresalen las pizarras.

Las características geológicas de Culiacán se pueden clasificar en tres grupos básicos:

1. La franja costera, que está formada por capas recientes de pleistoceno, formaciones geológicas del principio de la Era Cuaternaria.
2. La región central por la naturaleza volcánica rocosa del Cenozoico y;
3. Las partes elevadas de la sierra, principalmente por rocas metamórficas de la Era Mesozoica.

En la fig. No. 3 del Anexo No.1, se representa un esquema de la geología regional del municipio y la simbología del tipo de suelo.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

Vientos.

El viento dominante en la entidad es de dirección suroeste a noroeste, la ocurrencia de vientos huracanados es de 1.25 veces por año y un 80 % de ellos penetra al continente para desvanecer en las proximidades con la sierra madre occidental.

Los ciclones tienen su origen en la primera zona matriz localizada en el golfo de Tehuantepec, esta zona generadora comienza su actividad la última semana de mayo, no obstante, los meteoros que llegan a afectar la zona costera en la entidad son los producidos en el mes de julio en adelante. Estos fenómenos describen una trayectoria parabólica en virtud de la forma del litoral del Pacífico, por lo general el movimiento es paralelo a la costa y según estadísticas tienen su máxima intensidad en el mes de septiembre y octubre. Cuando se presentan estos fenómenos causan trastornos a la navegación marítima hasta el grado de interrumpirla temporalmente ocasionando a la vez fuerte oleaje, inundaciones y derribar algunas estructuras metálicas.

En base a las isotacas (curvas de igual intensidad de viento), se infieren velocidades de 107 km/hr, para un periodo de retorno de 50 años, para alturas sobre el terreno de 10 m.

Geomorfología

El relieve del municipio se encuentra bien definido por una parte montañosa y la planicie costera; la región fisiográfica de los altos es una porción relativamente alta que forma parte de la vertiente del Pacífico de la sierra Madre Occidental, que presenta alturas de 300 a 2 mil 100 metros sobre el nivel del mar.

Por la parte colindante, penetra al municipio de la sierra de San Lorenzo o de Los Caballos. Al norte se localiza la Sierra del Potrero que se desprende de la sierra de San Cayetano, la cual en su parte sur toma el nombre de Mojolo o de La Chiva, conocida también como sierra de Miraflores, formando los cerros aislados de Los Molinos, Aguapepe y El Colorado.

La porción costera está formada por planicies no mayores a los 40 metros sobre el nivel del mar, y por costas de emersión principalmente, resultado de la aparición de parte de la plataforma continental que ha salido a luz por el descenso del nivel del mar; las más comunes son las que aparecen vecinas a las llanuras costeras y por ello es frecuente que la línea de contacto del océano con la tierra sea regular.

En la figura No. 4 del Anexo No. 1, se presenta un mapa esquemático donde se muestra la ubicación de las principales fallas existentes de la región. De acuerdo con las cartas del Servicio Geológico Mexicano, no existen fallas geológicas en el predio.

Geología del Sitio.

La zona en estudio donde se encuentra el sitio, es característica de depósitos arcillosos de consistencia relativa media a firme que son producto del intemperismo químico avanzado de la roca basal existente en el sitio y que suelen tener características expansivas. Estos materiales están subyacidos por capas de roca intemperizada de menor grado y la roca basal.



4. TRABAJOS DE CAMPO.

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de 3 sondeos a cielo abierto (PCA-1 hasta el PCA-3), realizados con máquina retroexcavadora.

Los sondeos a cielo abierto se efectuaron específicamente en las áreas donde se tiene contemplada la construcción de la plaza comercial, la farmacia y el estacionamiento, de acuerdo con el **croquis de ubicación que se muestra en la figura No. 5 del Anexo No. 1**.

En los PCA se alcanzó una profundidad máxima de 3.00 metros (tres metros) recuperando muestras alteradas a diferentes profundidades de los diferentes estratos con el fin de identificar las propiedades índice y mecánicas de cada uno de los estratos que componen el subsuelo. Con el fin de determinar las características de compacidad de los materiales existente en el sitio, se realizaron calas volumétricas en el pozo PCA-2 a 1.60 metros y en el PCA-3 a 1.50 metros sobre la segunda unidad estratigráfica establecida, además se logró la obtención de una muestra inalterada en el PCA-2 a 0.50 metros de profundidad sobre la primera unidad estratigráfica encontrada.

Todas las muestras obtenidas se empacaron debidamente y se trasladaron al laboratorio para su análisis posterior.

Consultoría en Ingeniería Civil.

*Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.*



Aspectos de la exploración con PCA.



Vista del material encontrado.



Vista de los perfiles estratigráficos encontrados.



**Vista de la toma de muestras alteradas, inalteradas y medición
del peso volumétrico natural.**

En el Anexo No. 2 se presenta un reporte fotográfico donde se muestran los aspectos más importantes de los trabajos de exploración y muestreo.

5. TRABAJOS DE LABORATORIO.

De acuerdo al muestreo obtenido y con base a los requerimientos de proyecto, se programaron los ensayos de laboratorio a las muestras, que sirvieron para obtener las propiedades índice y mecánicas del subsuelo.

En primera instancia, a cada muestra se le practicó una clasificación macroscópica visual y al tacto, para lo cual se tomaron características como el olor, resistencia y movilidad de agua, además con el fin de conocer las propiedades índices del subsuelo se efectuaron los siguientes ensayos sobre las muestras alteradas de cada uno de los estratos encontrados.

El contenido de humedad se determinó con el porcentaje de agua y de partículas sólidas en una muestra, el cual se graficó en el perfil estratigráfico de cada uno de los sondeos correspondientes (**Figuras No. 6 a la 8 del Anexo No. 1**).

Para poder identificar el contenido de partículas finas y gruesas se realizó una prueba de separación por lavado (análisis granulométrico), determinándose los porcentajes de partículas finas, arenas y gravas.

La plasticidad del suelo en estado remoldeado se realizó a través de la práctica de límites de consistencia, determinados con el método estandarizado por A. Casagrande (Referencia No. 3).

Los parámetros de resistencia y deformación de los suelos encontrados, necesarios para evaluar el análisis de estado límite de falla (capacidad de carga) y el estado límite de servicio (asentamientos), se obtuvieron a partir de la compacidad y consistencia relativas obtenidas mediante las pruebas de campo y laboratorio de las muestras recuperadas. **Los registros de laboratorio de las pruebas realizadas se presentan en el Anexo No. 3.**

Adicionalmente y con el fin de conocer la factibilidad de utilizar los materiales existentes en la conformación de plataformas y pavimentos se realizaron ensayos de peso volumétrico seco máximo, humedad óptima y la determinación de los valores relativos de soporte de los suelos encontrados.

Todas las pruebas de laboratorios se realizaron de acuerdo con los procedimientos establecidos en mecánica de suelos.

6. ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES.

Sobre la base de la exploración, muestreo de suelos y ensayos de laboratorio se pueden describir las siguientes unidades estratigráficas del subsuelo.

UNIDAD	DESCRIPCION	PROPIEDADES
PRIMERA	ARCILLA ARENOSA CAFÉ OSCURO	
SEGUNDA	GRAVA ARENA ARCILLOSA CAFÉ ROJIZO (ROCA INTEMPERIZADA)	VER TABLA No. 2

Tabla No. 1 Unidades estratigráficas encontradas en el sitio.

Cabe mencionar que, de los sitios de observación, no se encontró el nivel de aguas freáticas a la máxima profundidad explorada.

En las figuras No. 9 y 10 del Anexo No. 1, se presentan un par de perfiles estratigráficos del subsuelo encontrado en el sitio de acuerdo con los sondeos realizados.

De acuerdo con las pruebas realizadas la primera unidad cuenta con una consistencia rígida mientras que la segunda unidad cuenta con una compacidad relativa compacta.

Los resultados de los diferentes ensayos de laboratorio para las unidades estratigráficas encontradas se resumen en las tablas siguientes.

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	PRIMERA		
	ARCILLA ARENOSA CAFÉ OSCURO		
SONDEO	PCA-1	PCA-2	PCA-3
ESPESOR	1.10	1.20	1.30
COMPACIDAD RELATIVA			
CONSISTENCIA RELATIVA		RIGIDA	RIGIDA
GRAVAS%		1.13	1.45
ARENAS%		15.30	14.81
FINOS %		83.57	83.73
CONTENIDO DE AGUA, %		33.54	32.92
LÍMITE LÍQUIDO, %		64.26	62.38
LÍMITE PLASTICO %		25.76	24.77
DENSIDAD DE SOLIDOS		2.50	
PESO VOL. NATURAL, t/m ³		1.73	
PESO VOL. MINIMO, t/m ³			
PESO VOL. MAXIMO, t/m ³			
RELACION DE VACIOS (e)		0.93	
POROSIDAD (n)		0.48	
GRADO DE SATURACION (Gw)		90.40	
CLASIFICACION S.U.C.S.	(CH)	(CH)	

Tabla No. 2 Propiedades índice y mecánicas de la primera unidad estratigráfica.

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	SEGUNDA		
	GRAVA ARENA ARCILLOSA CAFÉ ROJIZO (ROCA INTEMPORIZADA)		
SONDEO	PCA-1	PCA-2	PCA-3
ESPESOR	1.90	1.80	1.70
COMPACIDAD RELATIVA	POZO DE OBSERVACIÓN	COMPACTA	COMPACTA
CONSISTENCIA RELATIVA			
GRAVAS%		23.78	33.00
ARENAS%		20.59	27.70
FINOS %		55.63	39.30
CONTENIDO DE AGUA, %		18.36	33.54
LÍMITE LÍQUIDO, %		43.22	42.20
LÍMITE PLASTICO %		22.41	23.16
DENSIDAD DE SOLIDOS		2.65	2.65
PESO VOL. NATURAL, t/m ³		1.71	1.68
PESO VOL. MINIMO, t/m ³		1.02	
PESO VOL. MAXIMO, t/m ³		1.79	
RELACION DE VACIOS (e)		0.84	1.11
POROSIDAD (n)		0.46	0.53
GRADO DE SATURACION (Gw)		58.10	80.33
CLASIFICACION S.U.C.S.		VARIA DE (GC) A (CL)	(GC)

Tabla No. 2 Propiedades índice y mecánicas de la segunda unidad estratigráfica (continuación).

Nota: los valores contenidos en esta tabla son valores promedio.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.
 Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
 01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

Los resultados de algunos de los ensayos como los parámetros mecánicos de la primera unidad y valores de peso volumétrico seco máximo, humedad óptima y valor relativo de soporte con medición de la expansión se resumen en las tablas que se presentan a continuación.

**PRIMER UNIDAD ESTRATIGRAFICA
(ARCILLA ARENOSA CAFÉ OSCURO)**

NUMERO DE POZO	PESO VOLUMETRICO NATURAL (kg/m ³)	EXPANSION (%)	FRICTION ϕ (°)	COHESION c (kg/cm ²)
2	1732	0.83	12.83	0.107

**SEGUNDA UNIDAD ESTRATIGRAFICA
(GRAVA ARENA ARCILLOSA CAFÉ ROJIZO (ROCA INTEMPORIZADA))**

NUMERO DE POZO	PESO VOLUMETRICO NATURAL (kg/m ³)	PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO (kg/m ³)	HUMEDAD OPTIMA (%)	VRS (%)	EXP (%)
2	1707	1778	13.50	20.59	1.95

Tabla No. 3 Valores obtenidos de diferentes pruebas en las unidades estratigráficas encontradas.

7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN.

7.1 ANÁLISIS DE ESTADO LÍMITE DE FALLA.

Selección del tipo de cimentación.

Como se comentó anteriormente, los edificios estarán estructurados mediante muros de carga de mampostería en dos direcciones, con losas de entrepiso de que podrán ser de vigueta y bovedilla o losa maciza de concreto armado.

Debido a los procedimientos constructivos que se manejan en la localidad, comúnmente se cimenta mediante el uso de una losa de cimentación reforzada con contra tráves, que a su vez está apoyada sobre una plataforma de material de buena calidad para uniformizar el apoyo de la misma cimentación. **Para este proyecto se considerarán las siguientes opciones de cimentación:**

- **Losa de cimentación de concreto armado desplantada a partir de 0.25 metros a partir de nivel de piso terminado apoyada sobre una plataforma minina de 0.60 metros de material calidad mínima subrasante.**
- **Zapata corrida desplantada a 1.70 metros a partir de nivel de terreno natural actual**

Determinación de parámetros mecánicos de resistencia.

De acuerdo con las pruebas de campo y laboratorio realizadas las cuales nos muestran que la segunda unidad estratigráfica (que será la capa que recibirá la influencia de las cargas), cuenta con una compacidad relativa compacta, para la cual se infirieron los siguientes parámetros mecánicos para el diseño de cimentación:

UNIDAD ESTRATIGRAFICA	PESO VOLUMETRICO NATURAL, γ Ton/m ³	COHESION c ton/m ²	ANGULO DE FRICTION INTERNA, ϕ °
SEGUNDA	1950	1.0	27

Tabla No. 4. Propiedades mecánicas de los suelos para el diseño de cimentaciones.

En el Anexo No. 3 se presentan los resultados de los ensayos de campo y laboratorio realizados y los resultados de los ensayos de penetración estándar.

Capacidad de carga.

Para el cálculo de la capacidad de carga se considerarán las expresiones contenidas en la Normas Técnicas Complementarias para el diseño de cimentaciones del Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México, la cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$q_{adm} = [c_u \cdot N_c + p'_v(N_q - 1) + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma] \cdot F_R + p_v$$

Donde:

Unidad

c_u	Cohesión aparente.	t/m ²
p_v	Presión vertical debida al peso del suelo a la profundidad de desplante.	t/m ²
p'_v	Presión vertical afectiva a la misma profundidad.	t/m ²
u	Presión de poro al nivel de desplante	t/m ²
γ	Peso específico del subsuelo.	t/m ³
B	Ancho de la cimentación.	m



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

	Unidad
Nc	Coeficiente de capacidad de carga dado por:
	$N_c = 5.14 \cdot [1 + 0.25 \frac{D_f}{B} + 0.25 \frac{B}{L}]$
Para:	$\frac{D_f}{B} \leq 2 \quad y \quad \frac{B}{L} < 1$ En caso de no cumplir las desigualdades los factores serán iguales a 2 y 1 respectivamente.
Df	Profundidad de desplante. m
Nq	Coeficiente de capacidad de carga dado por:
	$N_q = e^{\pi \tan\theta} \cdot \tan^2(45 + \frac{\Phi}{2})$
N_q se multiplicará por:	$1 + \frac{B}{L} \tan\Phi$ Para cimientos rectangulares. $1 + \tan\Phi$ Para zapatas circulares o cuadradas.
Nγ	Coeficiente de capacidad de carga dado por:
	$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan\Phi$
N_γ se multiplicará por:	$1 - 0.4 \frac{B}{L}$ Para cimientos rectangulares. 0.60 Para zapatas circulares o cuadradas.
Φ	Angulo de fricción aparente °
Φ= ang tan (α tan ϕ*)	
ϕ*	Ángulo de fricción interna °
α	Para suelos con compacidad relativa menor del 70% $\alpha = 0.67$. En cualquier otro caso $\alpha = 1$
Cr	Compacidad relativa. %
Fr	Factor de resistencia igual a 0.35

Losa de cimentación.

Considerando que los locales se cimentarán con una losa de cimentación de concreto, tomando en cuenta una profundidad de desplante de 0.25 metros y anchos variables, se tienen los siguientes valores de capacidad de carga:

EMS PLAZA SABINOS

TIPO DE CIMENTACIÓN: LOSA DE CIMENTACION

c_u	1.00	t/m ²	$Cr < 70\%$	α	0.67
ϕ^*	27.00	grados	$Cr \geq 70\%$	α	1.00
Cr	70.00	%			
α	1.00		p_v	0.49	t/m ²
Φ	27.00	grados	u	0.00	t/m ²
γ_1	1.95	t/m ³	p'_v	0.49	t/m ²
γ_2	1.95	t/m ³	F_r	0.35	
D_f	0.25	m			

CAPACIDAD DE CARGA PARA VARIOS ANCHOS DE CIMENTACIÓN RECTANGULAR

B	L m	D _f /B V.M. = 2	B/L V.M. = 1	N _c	N _q	N _y	q _{adm} t/m ²
0.80	10.00	0.3125	0.0800	5.644	13.737	14.537	8.61
1.00	10.00	0.2500	0.1000	5.590	13.872	14.549	9.60
1.20	10.00	0.2083	0.1200	5.562	14.006	14.558	10.61
1.50	10.00	0.1667	0.1500	5.547	14.208	14.568	12.14
2.00	10.00	0.1250	0.2000	5.558	14.544	14.573	14.69
2.50	10.00	0.1000	0.2500	5.590	14.880	14.565	17.24

Tabla No. 5. Capacidad de carga para el diseño de la cimentación.

La selección del ancho de cimentación para establecer la capacidad de carga tomará en cuenta la rigidez de la losa. Si la losa es de una rigidez muy elevada de tal forma que la presión que aplique al suelo sea constante en toda su superficie el ancho de la cimentación para determinar q_{adm} será igual al ancho del edificio.

Se recomienda que una vez efectuado el análisis estructural, sean facilitadas al que suscribe las cargas que recibirán la cimentación, para verificar que se cumpla con el estado límite de falla.

Zapas corridas.

Considerando que el edificio se cimentara con una zapata corrida y tomando en cuenta una profundidad de desplante de 1.70 metros y anchos variables, se tienen los siguientes valores de capacidad de carga:

EMS PLAZA SABINOS

TIPO DE CIMENTACIÓN: ZAPATA CORRIDA

c_u	1.00	t/m ²	$Cr < 70\%$	α	0.67
ϕ^*	27.00	grados	$Cr \geq 70\%$	α	1.00
Cr	70.00	%			
α	1.00			p_v	t/m ²
Φ	27.00	grados		u	t/m ²
γ_1	1.95	t/m ³		p'_v	t/m ²
γ_2	1.95	t/m ³		Fr	0.35
D_f	1.70	m			

CAPACIDAD DE CARGA PARA VARIOS ANCHOS DE CIMENTACIÓN RECTANGULAR

B m	L m	D _f /B V.M. = 2	B/L V.M. = 1	N _c	N _q	N _γ	q _{adm} t/m ²
0.80	10.00	2.1250	0.0800	7.973	13.737	14.537	24.85
1.00	10.00	1.7000	0.1000	7.453	13.872	14.549	25.82
1.20	10.00	1.4167	0.1200	7.115	14.006	14.558	26.86
1.50	10.00	1.1333	0.1500	6.789	14.208	14.568	28.47
2.00	10.00	0.8500	0.2000	6.489	14.544	14.573	31.25
2.50	10.00	0.6800	0.2500	6.335	14.880	14.565	34.06

Tabla No. 6. Capacidad de carga para zapatas corridas.

Zapatas aisladas

Considerando que el edificio se cimentara con zapatas aisladas y tomando en cuenta una profundidad de desplante de 1.70 metros y anchos variables, se tienen los siguientes valores de capacidad de carga:

EMS PLAZA SABINOS

TIPO DE CIMENTACIÓN: ZAPATA AISLADA

c_u	1.00	t/m^2	$Cr < 70\%$	α	0.67
ϕ^*	27.00	grados	$Cr \geq 70\%$	α	1.00
Cr	70.00	%			
α	1.00			p_v	t/m^2
Φ	27.00	grados		u	t/m^2
γ_1	1.95	t/m^3		p'_v	t/m^2
γ_2	1.95	t/m^3		Fr	0.35
D_f	1.70	m			

CAPACIDAD DE CARGA PARA VARIOS ANCHOS DE CIMENTACIÓN CUADRADA

B m	L m	D_f/B V.M. = 2	B/L V.M. = 1	Nc	Nq	N_y	q_{adm} t/m^2
0.80	0.80	2.1250	1.0000	9.156	19.924	12.794	31.97
1.00	1.00	1.7000	1.0000	8.610	19.924	12.794	32.65
1.20	1.20	1.4167	1.0000	8.245	19.924	12.794	33.40
1.50	1.50	1.1333	1.0000	7.881	19.924	12.794	34.58
2.00	2.00	0.8500	1.0000	7.517	19.924	12.794	36.63
2.50	2.50	0.6800	1.0000	7.299	19.924	12.794	38.74
2.80	2.80	0.6071	1.0000	7.205	19.924	12.794	40.02
3.00	3.00	0.5667	1.0000	7.153	19.924	12.794	40.87

Tabla No. 7. Capacidad de carga para zapatas aisladas.

Estado límite de falla por flujo plástico (capacidad de carga).

Para cumplir con estado límite de falla se deberá verificar que se cumpla la siguiente desigualdad:

$$\frac{\Sigma Q F_c}{A} < q_{adm}$$

Donde:

$\Sigma Q F_c$ Es la suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en el nivel de desplante, afectada por su respectivo factor de carga.

A Es el área del cimiento;

q_{adm} Capacidad de carga admisible.

Una vez realizado el análisis de las cargas que la construcción transmitirá al suelo a través de la cimentación, se verificará que la presión de contacto cimentación – suelo no sobrepase la capacidad de carga admisible (q_{adm}). Con esta condición se estará cumpliendo con este estado límite de falla.

Flotación.

Debido a que durante los trabajos de exploración y muestreo no se estableció el nivel de aguas freáticas u alguna otra acumulación de agua, no se tendrán problemas de flotación en las cimentaciones.

Falla estructural.

Quedará bajo la responsabilidad de la empresa calculista la revisión por falla estructural de la cimentación considerada.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

7.2 ANÁLISIS DE ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.

En este análisis se estiman los asentamientos que pudieran presentarse por la deformación del subsuelo de apoyo de la cimentación ocasionado por el incremento de esfuerzos que aplicará el peso de las estructuras y demás cargas.

Es necesario mencionar que para calcular los asentamientos se debe conocer la presión de contacto que aplicará la cimentación al subsuelo. Esta presión será resultado del análisis estructural.

Los asentamientos que podrá sufrir la cimentación se obtendrán de la suma de los asentamientos elásticos y los producidos por consolidación primaria.

Los asentamientos por consolidación primaria se calcularán con base en la siguiente expresión (ver referencia 2).

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1 + e_o} H \quad (\text{A})$$

Donde

- ΔH Asentamiento por consolidación.
- $\Delta \sigma$ Incremento de esfuerzos, kg/cm².
- Δe Cambio de la relación de vacíos para un incremento de esfuerzo.
- e_o Relación de vacíos de campo.
- H Espesor del estrato, cm.

O bien con la expresión.

$$\Delta H = m_v \Delta \sigma H \quad (B)$$

Donde:

- ΔH Asentamiento por consolidación
- m_v Módulo de variación volumétrica, en cm^2/kg .
- $\Delta \sigma$ Incremento de esfuerzos, kg/cm^2 .
- H Espesor del estrato, cm.

Los asentamientos elásticos en la esquina de un área rectangular cargada se pueden calcular con la expresión propuesta por Schleicher (Referencia No. 1).

$$\delta_e = q \cdot B \frac{1 - \nu^2}{E} \cdot N \quad (C)$$

Donde:

- δ_e asentamiento elástico en cm.
- q Presión de contacto; en kg/cm^2 .
- B Ancho del área cargada; en cm.
- ν Relación de Poisson.
- E Módulo de elasticidad; en kg/cm^2 .
- N Valor de influencia que depende de (L/B) ;

L/B	N
1.0	0.56
2.0	0.76
3.0	0.88
4.0	0.95
5.0	1.00



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

Puesto que no se conoce la presión de servicio que la cimentación aplicará al suelo, se hará el cálculo de asentamientos tomando en cuenta una presión similar a la de la capacidad de carga última para cada caso de anchos de cimentación. **Se recomienda que una vez hecho el cálculo estructural se proporcionen las presiones de servicio para realizar el análisis de asentamiento.**

ANCHO DE CIMENTACION (m)	PRESION PARA LA REVISIÓN DE ASENTAMIENTOS (CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE) (ton/m ²)	
	ZAPATA CORRIDA	LOSA DE CIMENTACION
1.00	25.82	9.60
1.50	28.47	12.14
2.00	31.25	14.69

Tabla No. 8. Resumen de capacidad de carga admisible calculada.

Puesto que en el sitio de estudio los suelos no están saturados y no existe nivel de aguas freáticas que promueva el desarrollo de asentamientos diferidos con el tiempo, se determinaran solo los asentamientos elásticos.



ASENTAMIENTOS ELASTICOS

Los estratos susceptibles de sufrir asentamientos serán los que están influenciados por las cargas en la segunda unidad estratigráfica encontrada.

Aplicando la ecuación (C) anterior y los valores de cada una de las propiedades de los suelos, se tienen los siguientes valores de asentamientos elásticos para una presión de contacto obtenida:

ANCHO DE LA CIMENTACION (m)	$\Delta\sigma$	u	E	N	ΔH_e
	kg/cm ²		kg/cm ²		cm
1.00	2.85	0.40	600	1.00	0.399
1.50	2.85	0.40	600	1.00	0.599
2.00	2.85	0.40	600	1.00	0.798

Tabla No. 9. Asentamientos elásticos por ancho de cimentación.

El asentamiento elástico máximo estimado para las cimentaciones será menor de 1 cm que es menor a el máximo permitido por el RCCDMX. El asentamiento se obtuvo para diferentes anchos de cimentación.

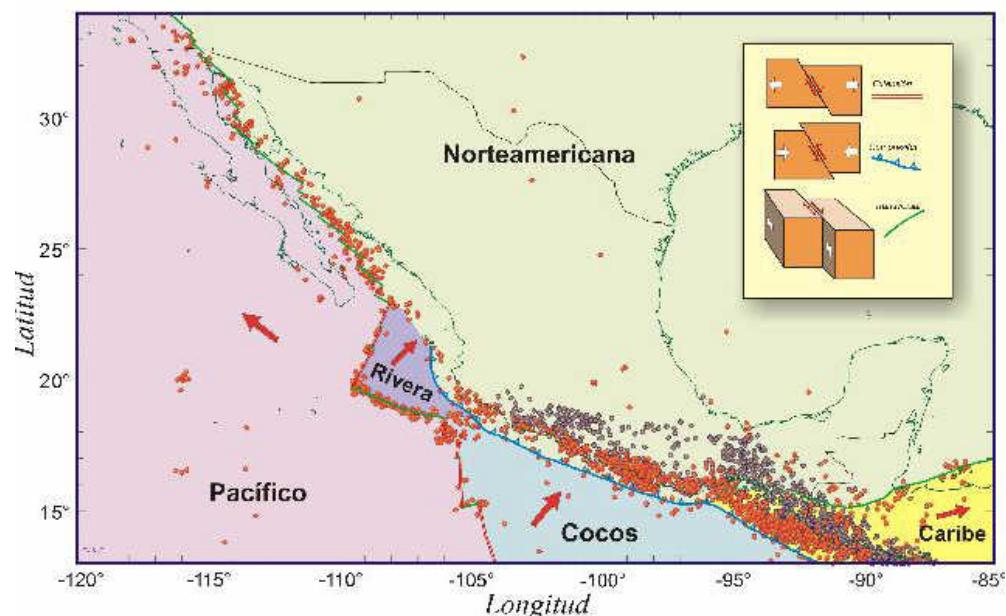
Hay que mencionar que los asentamientos elásticos se consideran instantáneos y se presentaran durante el desarrollo de la obra. El asentamiento obtenido es completamente admisible, de acuerdo con las condiciones de geometría y presión consideradas.



8. SISMICIDAD

De acuerdo con la carta de regionalización sísmica elaborada por la C.F.E., el sitio se encuentra en la zona B de la República Mexicana, correspondiéndole el tipo II (terreno intermedio), ya que el subsuelo de esta zona es bastante heterogéneo. De acuerdo con la escala de Mercalli, es posible clasificar el nivel de intensidad de actividad sísmica como de nivel II a III (muy débil a ligero).

Culiacán se encuentra a corta distancia del sitio donde la Placa Tectónica de la Rivera, tiene un movimiento de subducción respecto a la Placa de Norteamérica, lo que indica su cercanía a un gran número de epicentros de sismos ocurridos y potenciales.



Placas tectónicas en México.

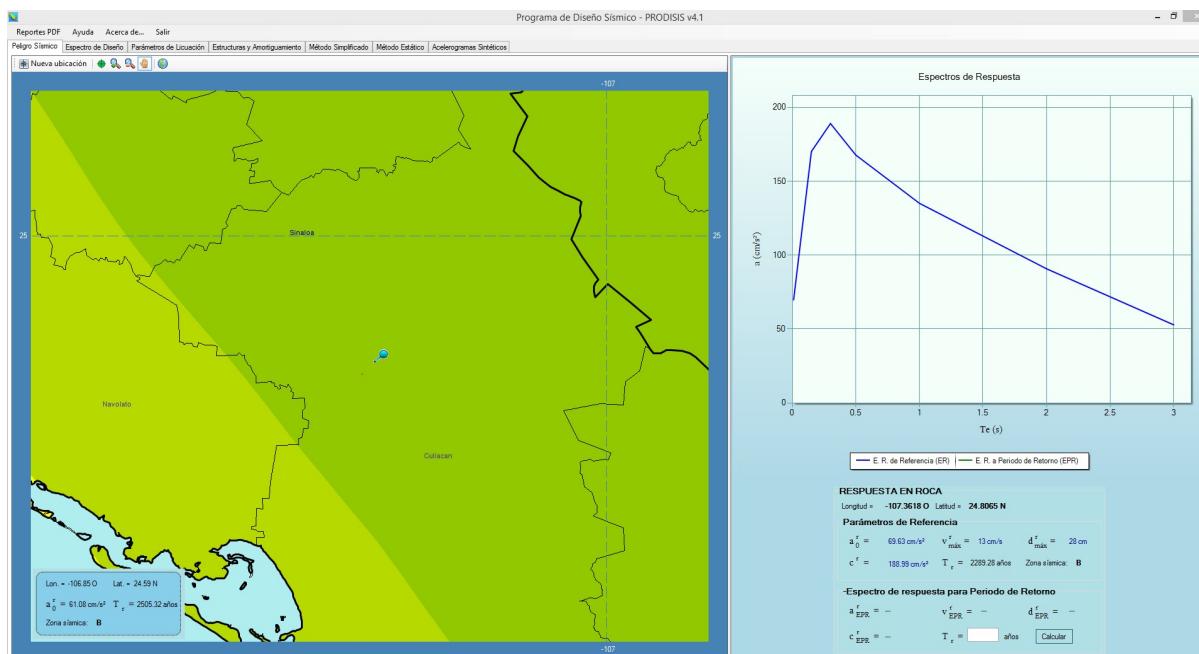
En la figura No. 11 del Anexo No. 1, se ilustra la Regionalización sísmica del País, de acuerdo con el Manual de Diseño de la Comisión Federal de Electricidad.

Las fronteras entre zonas coinciden con curvas de igual aceleración máxima del terreno; la zona A es la de menor intensidad sísmica, mientras que la de mayor intensidad es la zona D.

La zona B es intermedia, donde no se registran sismos frecuentemente y los que se registran son de intensidad ligera, mientras que la zona C es una zona donde la ocurrencia de los sismos y su magnitud es mayor.

Espectro de diseño sísmico.

De acuerdo al Programa de Diseño Sísmico de la Comisión Federal de Electricidad (Manual C.F.E. 2015) y tomando en cuenta la ubicación del predio se obtienen los siguientes datos para el espectro de diseño:



Espectro de respuesta en la roca para el sitio en estudio.

$a_0^r =$ Aceleración máxima en roca.

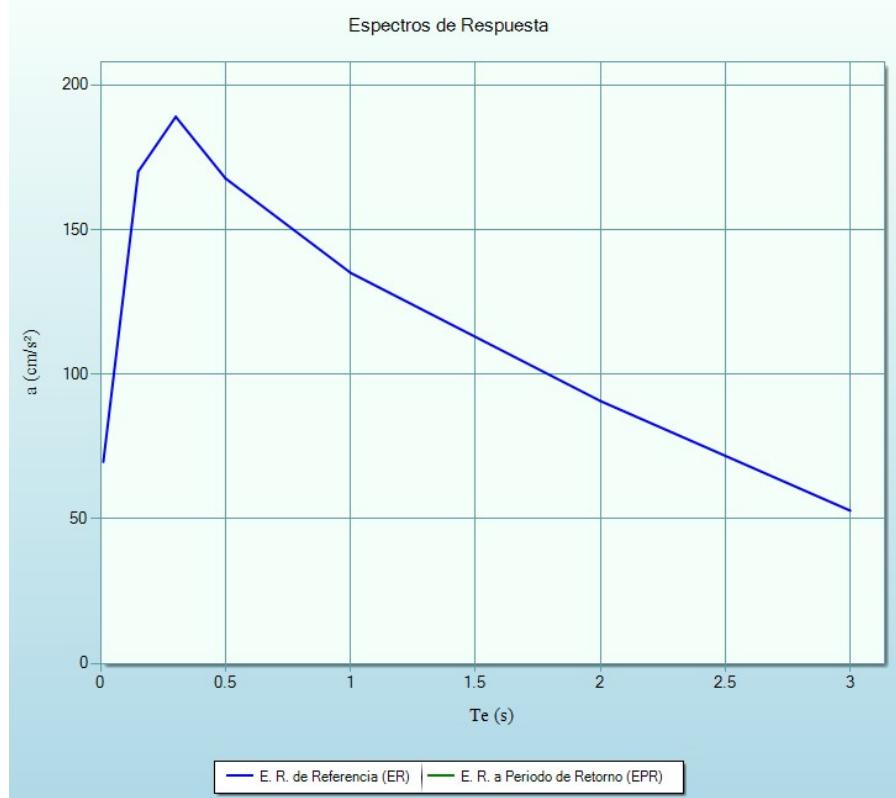
$v_{\max}^r =$ Velocidad

$d_{\max}^r =$ Desplazamiento.

$c^r =$ Amortiguamiento en rotación del suelo

$T_r =$ Período de la estructura supuesta infinitamente rígida y cuya base solo puede rotar.

Zona sísmica: depende LA ZONA A, B, C, D.



Espectro de respuesta transparente en la roca para el sitio en estudio.

RESPUESTA EN ROCA

Longitud = -107.3618 O Latitud = 24.8065 N

Parámetros de Referencia

$$\begin{aligned}
 a_0^r &= 69.63 \text{ cm/s}^2 & v_{\max}^r &= 13 \text{ cm/s} & d_{\max}^r &= 28 \text{ cm} \\
 c^r &= 188.99 \text{ cm/s}^2 & T_r &= 2289.28 \text{ años} & \text{Zona sísmica: } & \text{B}
 \end{aligned}$$

Parámetros de referencia del sitio.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

Tomando en cuenta la estratigrafía encontrada en el sitio compuesta por dos estratos de acuerdo con el capítulo anterior y la profundidad de desplante para este tipo de edificaciones, se presenta a continuación la caracterización del suelo de acuerdo con el programa PRODISIS, suponiendo la profundidad de la roca basal a 5 metros.

Estatigrafía del suelo			
Número de estratos	h (m)	ρ (kg/m^3)	v_s (m/s)
1	1.20	1,700.00	350.00
2	3.80	1,900.00	380.00

Estatigrafía utilizada

Donde:

h . Es el espesor del estrato, en m.

ρ . Es la masa volumétrica de cada estrato, en kg/m^3 .

V_s . Es la velocidad de onda de corte del estrato, en m/s.

Las velocidades de onda de corte de los estratos se obtuvieron con el apoyo de la siguiente tabla incluida por el programa PRODISIS.

Tipo de suelo	Número de golpes (SPT)	v _s (m/s)	γ _s (t/m ³)
Roca	–	> 720	2.0
Suelo firme y denso	> 50	360	1.8
Suelo medio	15 – 50	180	1.5
Suelo blando	< 15	90	1.3

Correlación entre la compacidad o consistencia de los suelos y Vs, CFE 2008.

Tomando en cuenta que la importancia de la estructura se clasifica como el grupo B1, se tiene la siguiente caracterización del terreno de cimentación:

Espectros Regionales

$a_0^r = 69.63 \text{ cm/s}^2$ $c^r = 188.99 \text{ cm/s}^2$

Zona sísmica : B Importancia estructural

Caracterización del terreno de cimentación

$v_s = 396.73 \text{ m/s}$ $H_s = 5 \text{ m}$ $T_s = 0.05 \text{ s}$

Estratigrafía Tipo de suelo II

Parámetros espectrales para estructuras A2 y B1

$F_{S\acute{a}t} = 2.52$ $F_{R\acute{e}s} = 3.72$

$a_0 = 175.57 \text{ cm/s}^2$ $c = 653.38 \text{ cm/s}^2$

Considerar interacción suelo-estructura

Caracterización del terreno de cimentación.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

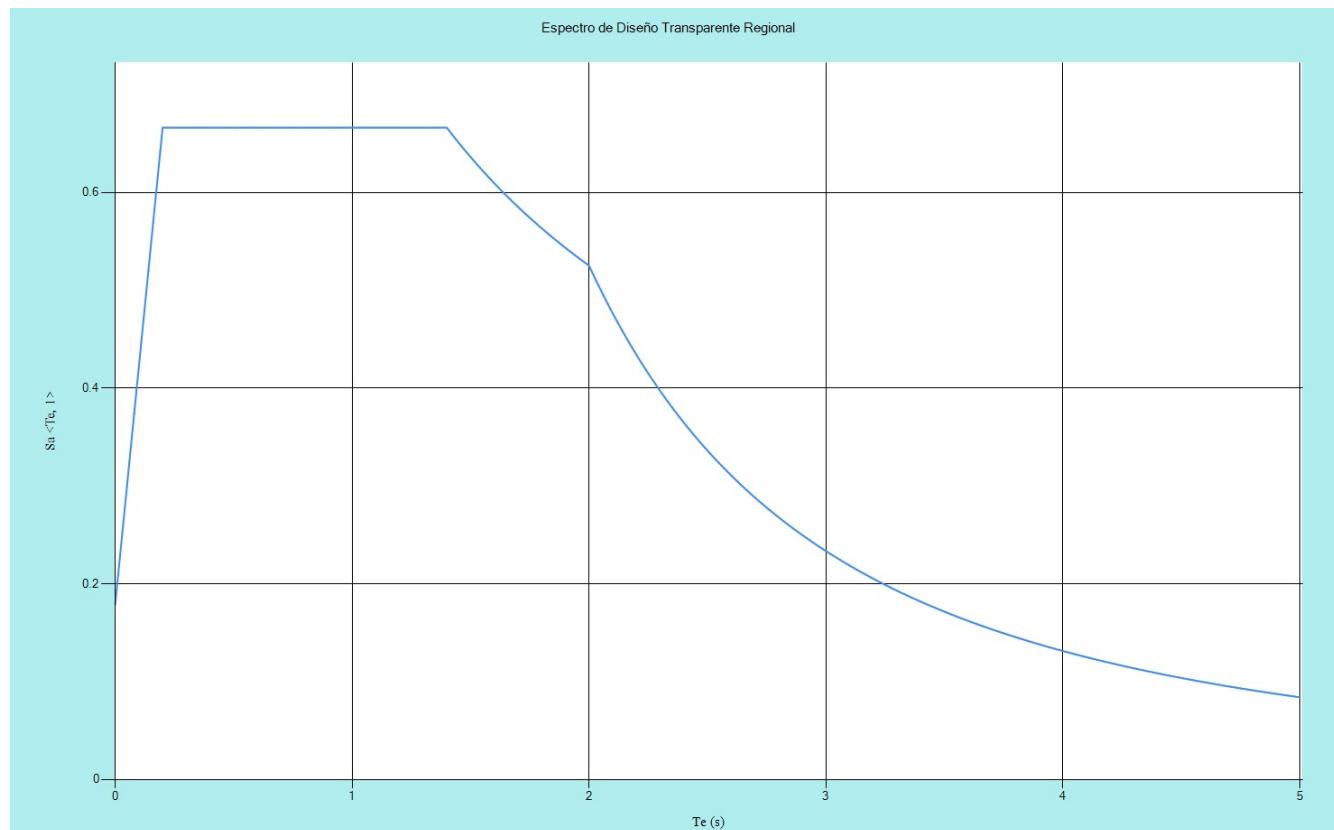
Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

Finalmente, el espectro de diseño transparente regional de acuerdo con el programa es el siguiente:



Espectro transparente regional modificado según la estratigrafía.

Este espectro deberá ser afectado por factores como la ductilidad y la sobre resistencia (entre otros), de acuerdo con análisis estructural del edificio.

9. PAVIMENTOS.

Para el diseño de los espesores del pavimento se aplicarán los criterios de diseño considerados por la American Concrete Pavement Association (ACPA).

La ACPA desarrolló una nueva herramienta para el diseño estructural de pavimentos de concreto hidráulico en arterias de bajo volumen de camiones. Esta metodología de verificación es una versión actualizada y revisada del Método de la Portland Cement Association (PCA) [1], la cuál ha sido orientada esencialmente al dimensionamiento de pavimentos rígidos en vías urbanas y rurales de bajo tránsito pesado.

El método de la Portland Cement Association, basa su análisis en la verificación de los dos principales modos de falla de los pavimentos rígidos. El criterio de Fatiga es el que permite mantener los esfuerzos del pavimento, producidos por la acción repetitiva de cargas, dentro de los límites de seguridad y con ello prevenir el agrietamiento por fatiga. En tanto que el criterio de erosión, se ocupa de limitar los efectos de la deflexión del pavimento en bordes, juntas y esquinas de las losas, controlando así la erosión de los materiales de las capas inferiores.

Para bajos volúmenes de tránsito pesado, el criterio de fatiga suele ser el determinante en el diseño, en tanto que, por el contrario, para elevado tránsito pesado, el criterio de erosión es el que gobierna el espesor mínimo requerido.

El modelo de fatiga de la PCA, se encuentra basado en información originada en ensayos de fatiga en vigas, desarrollados durante la década del 50 y 60. La curva de verificación derivada y adoptada por el modelo, corresponde a la curva envolvente del límite inferior de las repeticiones admisibles para cada relación de tensiones, incorporando mediante esta práctica un nivel alto de confiabilidad en la verificación de este parámetro.

A raíz de esto es que la ACPA encomendó un trabajo de investigación para expandir, mejorar y ampliar el modelo de Fatiga de la PCA, incluyendo la confiabilidad como parámetro para la predicción de la fisuración en pavimentos de concreto hidráulico. De esta manera, a diferencia del método de la PCA, en el cual existía una única curva de fatiga, en la nueva metodología, la misma se encuentra determinada por el diseñador, al momento de seleccionar el valor de Confidencialidad acorde con el tipo de vía que dimensionará.

Este método de diseño ha sido lanzado mediante un nuevo software de diseño conocido como StreetPave12 que, además de determinar el espesor de la losa de concreto hidráulico necesario, incorpora recomendaciones para el dimensionamiento de las juntas del pavimento, permite efectuar análisis de sensibilidad de distintas variables y cuenta con la posibilidad de calcular una estructura flexible equivalente; para luego efectuar un análisis del ciclo de vida de ambas alternativas.

A continuación, se presentan las consideraciones tomadas los resultados del diseño para la sección del pavimento.

Estacionamiento

StreetPave 12

File Units About Check for Updates

Project Traffic Design Details New Pavement Design

Project Information

Project Name: PLAZA SABINOS Project Description: DISEÑO DE PAVIMENTO PARA ESTACIONAMIENTO DE PLAZA COMERCIAL

Route: DISEÑO DE ESTACIONAMIENTO

Location: CULIACAN, SINALOA

Owner / Agency: INGENIUM

Design Engineer: ISMAEL RODRIGUEZ

Next

Software Use

Design a new jointed plain concrete pavement

Determine a comparable new asphalt pavement thickness?

Conduct a life cycle cost analysis (LCCA)?

Help

Datos generales.



Consultoria en Ingeniería Civil.

Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.

StreetPave 12

File Units About Check for Updates

Project Traffic Design Details New Pavement Design

Traffic Category / Load Spectrum

Typical Traffic Spectrums ACI 330 Traffic Spectrums Help

Residential Category A
 Collector Category B Custom Traffic Spectrum
 Minor Arterial Category C
 Major Arterial Category D

Truck Traffic over the Pavement Design Life

Trucks per Day (two-way, at time of construction) Calculate
Traffic Growth Rate % per year Help
Design Life years Help
Directional Distribution % Help
Design Lane Distribution % Help
Average Trucks per Day in Design Lane over the Design Life **3**
Total Trucks in Design Lane over the Design Life **37,044**

Traffic Category: Residential kN Axles / 1000 trucks

Traffic Category	Residential
Single Axles	
97.9	0.96
89	4.23
80.1	15.81
71.2	38.02
62.3	56.11
53.4	124
44.5	204.96
35.6	483.1
26.7	732.28
17.8	1693.31
Tandem Axles	
160.1	4.19
142.3	69.59
124.5	68.48
106.8	39.18
89	57.1
71.2	75.02
53.4	139.3
35.6	85.59
17.8	31.9
0	0
Tridem Axles (User Defined Only)	
231.3	0
204.6	0
177.9	0
151.2	0
124.5	0
97.9	0
71.2	0
44.5	0
17.8	0
0	0

Tránsito.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.
Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.
TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93
CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25
e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx



Consultoría en Ingeniería Civil.

*Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.*

StreetPave 12

File Units About Check for Updates

Project Traffic Design Details New Pavement Design

Global Concrete Asphalt

Percent of Slabs Cracked at End of Design Life

Slabs Cracked %

Composite Modulus of Subgrade Reaction (Static k-Value)

Use calculated composite static k-value Enter a known static k-value

MPa/m MPa/m

Concrete Material Properties

28-Day Flexural Strength (MR) MPa Modulus of Elasticity (E) MPa

Macrofibers in Concrete?

Edge Support

Edge support (e.g., tied concrete shoulder, curb and gutter, or widened lane) provided? yes no

Consideraciones de diseño.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.
Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.
TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93 CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25
e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web: www.ingeniumconsultores.com.mx



Consultoria en Ingeniería Civil.

*Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.*

The screenshot shows the StreetPave 12 software interface. The menu bar includes File, Units, About, Check for Updates, Project, Traffic, Design Details, and New Pavement Design. A toolbar has a 'Run Design' button. The main area displays 'CONCRETE PAVEMENT DESIGN' parameters: Rigid ESALs = 10,198, Composite Modulus of Subgrade Reaction (Static k-Value) = 27.2 MPa/m. Below these are tables for Doweled and Undoweled conditions. The Doweled table shows Min. Required Thickness (mm) as 137.41, Design Thickness (mm) as 140.00, Max Joint Spacing (m) as 3.36, and Failure Controlled By as Cracking. The Undoweled table shows the same values. To the right, there's a 'Save Project As' button, a 'View/Print Design Summary' dropdown, and a 'Sensitivity Analysis of Concrete Pavement Design' section with radio buttons for k-value (selected), Reliability, Concrete Strength, % Slabs Cracked, and Design Life, along with a 'Generate' button. Buttons for Load Transfer Rec., Jointing Rec., Cracking/Faulting Table, and Rounding Considerations are also present.

*Because the doweled thickness is less than 203.2 mm and cracking is the predicted cause of failure, dowel bars typically would not be recommended for the design details you provided.

Resultados del diseño.

De acuerdo con las consideraciones de diseño el espesor mínimo de concreto para el estacionamiento es de 14 cm, para efectos de proyecto se considerará un espesor de concreto del al menos 15 cm con un módulo de ruptura no menor a 38 kg/cm².



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

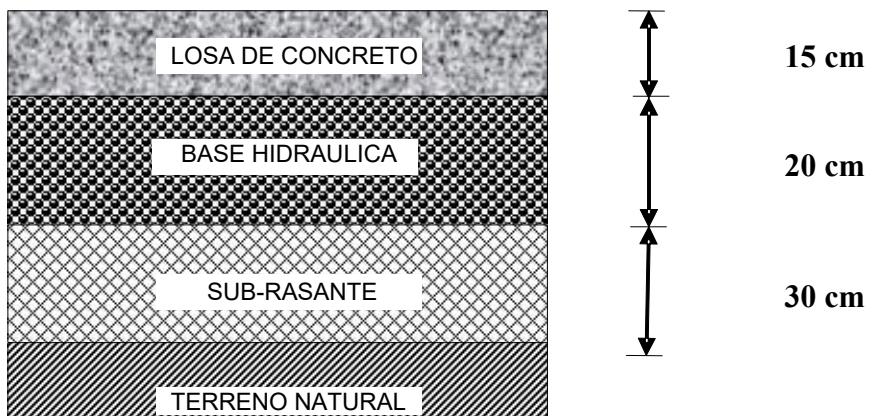
CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web: www.ingeniumconsultores.com.mx

De acuerdo con el análisis realizado y tomando en cuenta la estratigrafía encontrada de los sondeos, se tienen las siguientes propuestas de pavimento.

PAVIMENTO RIGIDO ESTACIONAMIENTO

El cuerpo del pavimento estará compuesto por una capa de sub - rasante de 30 cm de espesor, la capa base de 20 cm y la losa de concreto con un espesor mínimo de 15 cm con concreto MR 38 kg/cm², como el que se muestra a continuación.



ESPESORES MINIMOS PARA CAPAS DE PAVIMENTO RIGIDO

Es recomendable utilizar este tipo de pavimentos en general, dada su mayor vida útil y su mejor comportamiento estructural. Aunque el costo inicial del pavimento rígido es alto, los costos de mantenimiento son pequeños comparados con el pavimento asfáltico y con el tiempo puede resultar una mejor inversión utilizar un pavimento rígido sobre un asfáltico.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01(667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

10. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

10.1. PAVIMENTOS. (ESTACIONAMIENTO)

De acuerdo con las características del subsuelo encontrado y el proyecto a desarrollarse, para la construcción de los pavimentos se deberá seguir el procedimiento descrito a continuación:

1. Se deberán despamar en un espesor de 40 cm toda el área de estacionamiento. Este volumen de corte deberá retirarse del lugar. **Se deberá garantizar el retiro de toda la materia vegetal, basura y escombro superficial.**
2. Se realizarán las excavaciones necesarias para colocar los diferentes tipos de tuberías de servicios, hecho esto se procederá a llenar las zanjas con material de banco que tenga una calidad similar a la de una sub – rasante de pavimento, el cual deberá compactarse en capas no mayores de 20 cm hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 95 % del peso volumétrico seco máximo del material, con un contenido de humedad óptima.

TERRAPLEN

3. Si de acuerdo con los niveles es necesario realizar una elevación del nivel del terreno natural en las vialidades, se podrán utilizar los materiales de banco conocidos en la zona, verificando que el cuerpo del pavimento quede conformado por la capa sub rasante, la base y la losa de concreto, con los espesores mínimos requeridos. Los materiales en todos los casos deberán colocarse en capas no mayores de 20 cm y deberán compactarse hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 98% del peso volumétrico seco máximo con un contenido de agua óptimo.



CORTE

4. En caso de que no se requiera elevar el nivel de las vialidades, se deberá realizar un corte que garantice la colocación del espesor de las capas consideradas para el pavimento, es importante mencionar que los cortes se podrán realizar con equipo convencional hasta una profundidad de 3.00 metros. El espesor de este corte dependerá de los niveles de proyecto, pero no deberá ser menor de 40 cm. El material producto del corte podrá deberá ser retirado de la obra.
5. Una vez hecho el corte o antes de iniciar un terraplén, se deberá escarificar el suelo existente en una capa de 20 cm, para posteriormente homogenizarse e incorporar humedad hasta alcanzar un contenido de agua correspondiente a la humedad óptima y compactarse hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 90% del peso volumétrico seco máximo del material.
6. Definido el nivel de desplante de la capa sub rasante, se procederá a su colocación en dos capas de 15 cm o bien en una capa de 30 cm si el equipo de compactación lo permite. El material se compactará hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 98% del peso volumétrico seco máximo con un contenido de agua óptimo.
7. Terminados los trabajos la sub rasante, se procederá a colocar la capa de material de base de buena calidad con espesor de 20 cm. Esta capa deberá compactarse hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 100% del peso volumétrico seco máximo con un contenido de humedad óptimo.

8. Se recomienda sobre la base hidráulica afinada la colocación de un riego de impregnación con una emulsión asfáltica a razón de 1.5 lts/m², con el fin de evitar pérdidas de humedad y como consecuencia pérdida de compactación.
9. Por último, se colocará la superficie de rodamiento de 15 cm de losa de concreto hidráulico, que deberá tener un módulo de ruptura no menor de 38 kg/cm².
10. Se recomienda en todos los casos verificar el grado de compactación de las capas con el apoyo de un laboratorio de control de calidad.

Es importante mencionar que los espesores de la base y el concreto hidráulico no deberán modificarse por ningún motivo, mientras que el espesor de la sub - rasante podrá variar de acuerdo con los niveles de proyecto, pero no será menor de 30 cm.

ESPECIFICACIONES PARA LOS MATERIALES DE TERRACERIAS EN PAVIMENTOS

Los materiales empleados en los pavimentos deberán satisfacer los siguientes requisitos:

MATERIAL DE SUB RASANTE.

Para la colocación de material **sub-rasante** se cumplirán los requisitos que se establecen en la tabla No. 1 de la NORMA N-CTM-1-03/02; En la cual se establece que: El tamaño máximo del agregado es 76 mm; El porcentaje de límite líquido máximo aceptable es 40 %; El porcentaje de Índice Plástico aceptable es 12 %; El porcentaje de soporte de California (CBR) mínimo aceptable es de 20 % en especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación de dicha tabla, con un contenido de agua igual al de material en el banco a 1.50 m de profundidad; el porcentaje de Expansión máxima aceptable es de 2% ; el grado de compactación aceptable es de 100 % respecto a la masa volumétrica obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo.

MATERIAL DE SUB BASE.

Para la colocación de material **Sub-base** deberá cumplir las características granulométricas que se establecen en la tabla No. 1 y se muestran en la figura No. 1, y con los requisitos de calidad que se presentan en la tabla No. 2, todos ellos establecidos en la NORMA N-CTM-4-02-001/04. (**Ver requisitos granulométricos en la figura No. 12 del Anexo No.1**)

En esta norma se establece que: El porcentaje de Límite líquido máximo aceptable es de 25%; El porcentaje de Índice Plástico aceptable es de 6%; El porcentaje de soporte de California (CBR) mínimo aceptable es 60% en especímenes compactados dinámicamente

al porcentaje de compactación de dicha tabla; el porcentaje de Equivalente de arena mínimo aceptable es 40 %; Desgaste Los Ángeles máximo aceptable varía de 40 % determinado con los procedimientos de prueba que correspondan (Normas SCT); el grado de compactación aceptable es de 100 % respecto a la masa volumétrica obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo.

MATERIAL DE BASE.

Para la colocación de material **Base**, se deberán cumplir con los requisitos de calidad que se establecen en la NORMA N-CTM-4-02-002/04 que en resumen establece lo siguiente: los materiales deberán cumplir las características granulométricas que se establecen en la tabla No. 1 y se muestran en la figura No. 1 de dicha norma cuando la superficie de rodamiento sea de concreto hidráulico (**ver figura No. 13 en el Anexo No. 1**).

Los requisitos de calidad de los materiales para **Base**, cuando la superficie de rodamiento es de concreto hidráulico se resume en la tabla No. 2 de la norma, en la cual se tiene que; El porcentaje de Límite líquido máximo aceptable es de 25%; El porcentaje de Índice Plástico aceptable es de 6 %; El porcentaje de soporte de California (CBR) mínimo aceptable es de 80% en especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación de dicha tabla; el porcentaje de Equivalente de arena mínimo aceptable es de 40%; el porcentaje de desgaste en la máquina de Los Ángeles máximo aceptable es 35% determinado con los procedimientos de prueba que correspondan (Normas SCT); el porcentaje de partículas alargadas y lajeadas máximo es de 40%; el grado de compactación aceptable es de 100 % respecto a la masa volumétrica obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo.

ESPECIFICACIONES PARA LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO

Concreto Hidráulico.

Para la losa de concreto del pavimento, el concreto tendrá una resistencia mínima correspondiente a un módulo de ruptura no menor de 38 kg/cm². Además, se deberán cumplir las siguientes especificaciones:

A) Cimbras o moldes

- El concreto se vaciará en moldes metálicos rígidos e indeformables. Antes del vaciado se aplicará un desmoldante en su superficie de contacto no debiendo retirarse ni removese antes de que el concreto haya endurecido lo suficiente para evitar su deterioro en la maniobra respectiva.

B) Colocación y vibrado

- Antes de la colocación del concreto, en el caso de aplicarse éste directamente sobre la base, deberá regarse ésta perfectamente hasta saturarla de humedad, sin que se formen charcos.
- En el caso de colocarse sobre superficie protegidas con plástico o impregnadas, se cuidará que previamente hayan sido perfectamente limpiadas y niveladas con aparato topográfico conforme al proyecto.
- La mezcla se distribuirá uniformemente sobre la base preparada y se consolidará usando vibradores de inmersión portátiles o regla vibradora para el acabado superficial. Después del paso de la regla vibratoria se deberá correr un escantillón que permita observar las deficiencias superficiales que tendrán que corregirse de inmediato.
- Para el aplanado se usarán llanas grandes y con mango largo, que permitan su manejo desde fuera de los moldes. Cuando el pavimento presente inclinación, el colado deberá realizarse en forma inversa pendiente (de abajo hacia arriba).



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

- El acabado deberá realizarse antes de que el concreto pierda su estado plástico, sin agregar agua a la superficie ni espolvorear cemento. Tampoco deberá realizarse en presencia de sangrado.
- El afinado se debe ejecutar mediante bandeo y/o escobillado perpendiculares al eje de la losa. En pendientes mayores del 5 % (cinco por ciento) el acabado será rugoso.
- En ninguna circunstancia se permitirá el colado del concreto que haya comenzado a fraguar.

C) Curado

- Para aquellas superficies de concreto que no estén en contacto con la cimbra, debe aplicarse uno de los siguientes métodos inmediatamente después de la terminación de la colocación y acabado del mismo, preferentemente cuando la superficie del concreto haya perdido su brillo:
 - Rociado continuo.
 - Aplicación de telas absorbentes que se deben mantener humedecidas constantemente.
 - Aplicación de arena que se debe mantener humedecida constantemente.

El curado de acuerdo con los incisos anteriores debe continuar durante al menos 7 (siete) días o el tiempo necesario para que el concreto alcance el 65% (sesenta y cinco por ciento) de la resistencia especificada.

D) Protección del concreto

- No se abrirán las calles hasta que el cemento adquiera la resistencia de proyecto, para lo cual se tomarán las precauciones correspondientes.



E) Juntas

- Las juntas en los pavimentos de concreto son las responsables del control del agrietamiento, así como de mantener la capacidad estructural del pavimento y su calidad de servicio en los más altos niveles al menor costo anual.
- La modulación de las losas de concreto va a estar regida por las juntas transversales de contracción que a su vez depende del espesor del pavimento. La separación máxima entre juntas transversales deberá ser de 24 veces el espesor de la losa o 5.0 m, la que sea menor. Se deben mantener losas tan cuadradas como sea posible, ya que las angostas tienden a agrietarse con mayor facilidad.
- La formulación de juntas transversales es mediante el corte con discos de diamante. Primero se realiza un corte cuando el concreto tiene un cierto grado de endurecimiento y las contracciones son inferiores a aquellas que causan el agrietamiento, el corte deberá ser de al menos un tercio del espesor de la losa ($D/3$) y tener un ancho mínimo de $1/8"$ (3 mm). El corte se iniciará tan pronto como el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para resistir los desmoronamientos en los bordes de la junta, que generalmente sucede entre las 6 y 8 horas después de colocado el concreto. Posteriormente se realiza un corte adicional para formar el depósito de la junta de contracción, el cual deberá efectuarse cuando menos 72 horas después del colado y deberá realizarse con un espesor del doble del inicialmente realizado y con una profundidad de la mitad de este último.
- Todas las juntas del pavimento se deberán sellar tan pronto como sea posible, la junta debe limpiarse perfectamente sin dejar polvo. Se podrá usar para el sellado cemento asfáltico del número 6 o algún producto comercial similar.

10.2. PLATAFORMAS

Para el apoyo de la losa de cimentación de los locales y el apoyo de los firmes, será necesario contemplar la construcción de plataformas compuestas de material relleno de buena calidad con un espesor no menor de 60 centímetros en caso de la losa y 40 cm en caso de los firmes.

Para la construcción de estas plataformas que servirán como apoyo para la losa de cimentación y de los firmes y que tiene como objetivo uniformizar el apoyo a la losa y transmitir de manera más uniforme los esfuerzos al subsuelo, se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Se deberá realizar un corte con un espesor de 40 cm toda el área del predio (en caso de usar losa de cimentación el espesor de corte será de 60 cm). Este volumen de corte deberá retirarse del lugar.
2. Se realizarán las excavaciones necesarias para colocar los diferentes tipos de tuberías de servicios, hecho esto se procederá a llenar las zanjas con material de banco que tenga una calidad similar a la de una sub – rasante de pavimento, el cual deberá compactarse en capas no mayores de 20 cm hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 98% del peso volumétrico seco máximo del material, con un contenido de humedad óptima

TERRAPLEN

3. Si de acuerdo con los niveles es necesario realizar una elevación del nivel del terreno natural en las plataformas, se podrán utilizar los materiales de banco conocidos en la zona, verificando que la plataforma tenga el espesor recomendado. Los materiales en todos los casos deberán colocarse en capas no mayores de 20 cm y deberán compactarse hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 98% del peso volumétrico seco máximo con un contenido de agua óptimo.

CORTE

4. Si de acuerdo con los niveles es necesario realizar cortes sobre el terreno natural, es importante mencionar que los cortes se podrán realizar con equipo convencional hasta una profundidad de 3.00 metros. El espesor de este corte dependerá de los niveles de proyecto, pero no deberá ser menor de 40 cm. El material producto del corte podrá deberá ser retirado de la obra.
5. Una vez hecho el corte o antes de iniciar un terraplén, se deberá escarificar el suelo existente en una capa de 20 cm, para posteriormente homogenizarse e incorporar humedad hasta alcanzar un contenido de agua correspondiente a la humedad óptima y compactarse hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 90% del peso volumétrico seco máximo del material.

6. La plataforma deberá conformarse con un material que deberá cumplir con los requisitos de una sub – rasante de pavimento, de acuerdo con lo mencionado anteriormente. La plataforma tendrá un espesor mínimo de 60 o 40 cm de espesor según sea el caso. Las capas deberán compactarse hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 98% del peso volumétrico seco máximo del material con un contenido de agua correspondiente a la humedad óptima.
7. La plataforma deberá afinarse para incrementar el contacto losa – plataforma, y que esta última cumpla con su objetivo.
8. Se recomienda extender la plataforma cuando menos un metro, tanto en el frente como el fondo de la plataforma.
9. Si el lapso de tiempo entre la terminación de la plataforma y la colocación de la losa de cimentación es mayor de un día, se recomienda la aplicación de riegos ligeros de agua para mantener las condiciones de humedad y con ello la compactación de la plataforma.

Se recomienda en todos los casos verificar el grado de compactación de las capas con el apoyo de un laboratorio de control de calidad.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

11. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Con el fin de establecer la factibilidad de que los materiales encontrados en el lugar puedan emplearse en la construcción de plataformas, se deberán atender las siguientes recomendaciones.

El material encontrado en la primera unidad corresponde a una arcilla arenosa café oscuro y cuenta con un espesor en promedio de 1.20 metros, este estrato se encontró en todos los sondeos realizados como estrato superficial. De acuerdo con las pruebas de laboratorio realizadas este material cuenta con una distribución granulométrica de 1.29% de gravas, 15.06% de arenas y 83.65% de finos plásticos de los cuales presenta límite líquido 63.32%, límite plástico de 25.27% e índice plástico 38.05% clasificándose de acuerdo al SUCS como una (CH) lo cual nos muestra que este material cuenta con características potencialmente expansivas. **Debido al alto contenido de finos y a sus características expansivas se recomienda que el producto de corte de este estrato sea retirado de la obra y no se utilice en el proceso constructivo.**

Referente a la segunda unidad estratigráfica se encontró una grava arena arcillosa café rojizo a partir de 1.20 metros y hasta el final de los sondeos realizados. De acuerdo con las pruebas de laboratorio realizadas este material cuenta con una distribución granulométrica de 28.39% de gravas, 24.15% de arenas y 47.47% de finos plásticos de los cuales presenta límite líquido 42.71%, límite plástico de 22.79% e índice plástico 19.93% clasificándose de acuerdo al SUCS como una variación entre (CL) y (GC). De acuerdo a las pruebas cuenta con 20.59% de valor relativo de soporte y expansión de 1.95%. **Dada la heterogeneidad de este estrato ya que cuenta con gran predominación de finos se recomienda ser utilizado solamente como relleno de cepas.**

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con base en las condiciones del subsuelo del predio en estudio y las características del proyecto, es posible concluir lo siguiente:

DEL SITIO EN ESTUDIO

1. El predio donde se construirá la plaza comercial tiene una superficie total aproximada de trescientos treinta y nueve metros cuadrados, con las siguientes características.
 - El predio se encuentra con maleza superficial y escombro producto de la demolición de la edificación anterior dentro del predio.
 - El predio se encuentra libre solamente delimitado por las bardas de los predios vecinos y las calles colindantes.
 - El predio se encuentra al nivel de los predios colindantes y arriba de las vialidades de acceso.
 - Las vialidades de acceso al predio se encuentran pavimentadas con concreto hidráulico, guarnición y banqueta pública.
 - Las vialidades cuentan con pendientes ligeras pero suficientes para el desalojo de aguas pluviales.
 - No se observan en las construcciones colindantes existentes, problemas de agrietamientos que puedan ser causados por el tipo de suelo.
 - Cabe resaltar que cercano al predio (500 metros aproximadamente) por la parte oriente se encuentra el Rio Tamazula.
 - Ya que no se cuenta con niveles de proyecto no se puede contemplar la posibilidad del uso de muros de contención.



EXPLORACIÓN Y MUESTREO.

2. De acuerdo con la exploración realizada es posible identificar que el subsuelo está compuesto por dos unidades estratigráficas:

UNIDAD	DESCRIPCION	PROPIEDADES
PRIMERA	ARCILLA ARENOSA CAFÉ OSCURO	
SEGUNDA	GRAVA ARENA ARCILLOSA CAFÉ ROJIZO (ROCA INTEMPORIZADA)	VER TABLA No. 2

3. Cabe mencionar que no se encontró el nivel de aguas freáticas a la máxima profundidad explorada en ninguno de los sondeos realizados.

CIMENTACIONES

4. Se recomienda emplear una cimentación a base de zapata corrida o bien una losa de cimentación desplantada sobre un mejoramiento de material de relleno de banco de acuerdo con las recomendaciones vertidas en el capítulo 8.1 de este informe. **La capacidad de carga para las diferentes condiciones se puede ver en las tablas No. 5 a la 7 de este informe.**
5. Se recomienda que, una vez hecho el análisis estructural, sean facilitadas al que suscribe las cargas que recibirá la cimentación para verificar que se cumpla con el estado límite de falla.



Calle Plan de Ayala No. 2344, Colonia Emiliano Zapata, Culiacán, Sinaloa.

Calle Mina de Tayoltita No. 2501, Colonia Miguel de la Madrid, Culiacán, Sinaloa.

TEL./FAX: 01(667)729-00-30
01 (667)749-64-93

CEL.: 667 154-08-97 Y 667 791-71-25

e-mail: ingenium2007@prodigy.net.mx web:www.ingeniumconsultores.com.mx

CASO: ZAPATAS AISLADAS O CORRIDAS

6. Las zapatas aisladas deberán estar ligadas con una contra trabe para disminuir los efectos de las distorsiones angulares en la cimentación.
7. Se deberá colocar un muro de enrase de block de al menos 40 cm para alcanzar el nivel de piso terminado. Es recomendable que este block este parcialmente rellenado de concreto especialmente en la periferia de la construcción. Este muro de enrase tiene el objetivo, además, de impedir que el agua pluvial pudiera filtrarse al interior de los suelos y promover la saturación del mismo.
8. No se deberá atravesar la trabe de liga de la zapata con tuberías para instalaciones, estas podrán pasar a través del muro de enrase.
9. Si se requieren modificar las dimensiones de las cimentaciones o las profundidades de desplante se deberá notificar para realizar los cálculos correspondientes.
10. Las excavaciones para las cimentaciones, se deberán efectuar con taludes de reposo y podrán llevarse a cabo con equipo mecánico, excepto los últimos 20 cm que se deberán atacar con herramienta manual. Deberán permanecer abierta el tiempo mínimo indispensable para la construcción a fin de evitar el intemperismo y/o desintegración del suelo.
11. Una vez alcanzado el nivel de desplante, se deberá verificar el material existente en el fondo de la excavación tenga un grado de compactación mínimo del 90%, en un espesor de cuando menos 20 cm.



12. Hecho lo anterior, se deberá afinar y compactar el fondo, para posteriormente colocar una plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto $f'c=100\text{ kg/cm}^2$.

13. Para llenar las excavaciones será necesario material de banco que tenga una calidad similar a la de una sub – rasante o sub base de pavimento (ver también aprovechamiento de materiales en el capítulo 11). Los rellenos deberán compactarse en capas no mayores de 20 cm hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 98% y 100% respectivamente del peso volumétrico seco máximo del material, con un contenido óptimo de humedad.

CASO: LOSA DE CIMENTACION

14. Independientemente de los niveles de proyecto las losas de cimentación deberán **de estar desplantadas sobre una plataforma de material sub rasante con un espesor de 60 centímetros.**

15. La plataforma deberá afinarse para incrementar el contacto losa – plataforma, y que esta última cumpla con su objetivo.

16. Si el lapso de tiempo entre la terminación de la plataforma y la colocación de la losa de cimentación es mayor de un día, se recomienda la aplicación de riegos ligeros de agua para mantener las condiciones de humedad y con ello la compactación de la plataforma.

17. Se deberá verificar el correcto espesor de las zonas de concreto para evitar fallas de corte y/o flexión de los elementos.



18. Se deberá revisar la correcta posición del acero tanto en tensión positiva como negativa, así como los recubrimientos.
19. Las excavaciones para alojar las trabes deberán tener la dimensión suficiente para garantizar recubrimientos y el acero deberá estar debidamente calzado para evitar contacto con el suelo.
20. El colado de la losa deberá ser completamente monolítico por lo que su construcción deberá ser debidamente programada. No se recomienda dejar juntas frías en este tipo de cimentaciones.
21. La losa de cimentación deberá someterse a un proceso estricto de curado para garantizar la resistencia del concreto. El curado podrá ser con algún producto rebajado con agua de preferencia, y su colocación deberá ser completamente uniforme sobre la superficie.
22. La losa de cimentación se deberá cortar con disco a fin de obligar las grietas por contracción – dilatación del concreto en secciones cuadradas con longitudes máximas de 4.5 m, con una profundidad máxima de 1". Estos cortes no deberán coincidir con las trabes de la losa de cimentación.

23. Tomando en cuenta la colocación de una plataforma de material mejorado, las características geotécnicas del sitio y las mediciones realizadas con pruebas de placa en plataformas terminadas, se recomienda utilizar valores de módulo de reacción de 4762 ton/m³, considerando ya el efecto de escala con las dimensiones actuales de los locales. Es conveniente que una vez realizado el cálculo estructural se proporcionen las presiones a nivel de desplante para calcular el módulo de reacción correspondiente.

24. En cuanto a la evaluación de asentamientos, el asentamiento elástico máximo estimado para la cimentación será menor de 1 cm por lo que para las presiones consideradas se cumple con el estado límite de servicio. El asentamiento se obtuvo para diferentes anchos de zapatas de cimentación, mientras que el cálculo del incremento de esfuerzo se obtuvo con la ecuación de Boussinesq tomando en cuenta el espesor de estrato influenciado por la carga. Los asentamientos calculados se pueden ver en la tabla No. 9 de este informe. Es conveniente que una vez realizado el cálculo estructural se proporcionen las presiones a nivel de desplante para calcular los asentamientos correspondientes.

PAVIMENTOS.

25. En cuanto a la construcción de pavimentos, se deberán cumplir con los espesores marcados, los procedimientos constructivos y las especificaciones citadas en el Capítulo No. 9 y el inciso 10.1 de este informe.

PLATAFORMAS

26. Para la construcción de las plataformas, se deberán atender las recomendaciones y el procedimiento constructivo incluidos en el inciso 10.2 de este informe.

APROVECHAMIENTO DE MATERIALES

27. Para el aprovechamiento de los materiales se deberán atender las recomendaciones incluidas en el capítulo No. 11 de este informe.

INSTALACIONES.

28. Se recomienda que la construcción de las instalaciones de servicios se haga antes de construir las primeras capas de las plataformas y las capas del pavimento de acuerdo a los procedimientos citados en el capítulo No. 10.

29. Las excavaciones para las instalaciones se deberán efectuar con taludes de reposo, podrán llevarse a cabo con equipo mecánico, excepto los últimos 20 cm que se deberán atacar con herramienta manual. Deberán permanecer abiertas el tiempo mínimo indispensable para la construcción a fin de evitar el intemperismo y/o desintegración del suelo.

30. En estado natural, estos materiales pueden escavarse hasta profundidades de 3.0 metros sin requerir elementos de soporte, para profundidades mayores es recomendable contemplar contar en obra con elementos de soporte temporales para los trabajos de excavación. Durante época de lluvias este material se vuelve muy inestable en la realización de excavaciones por lo que es necesario contemplar elementos de soporte temporales para realizar excavaciones mayores a un metro de profundidad o bien contemplar taludes de reposo en las excavaciones.

31. Los materiales para relleno que se requieran podrán ser procedentes de bancos de materiales que cumplan con las especificaciones para material de sub - rasante o sub – base (ver especificaciones en este informe). Todos los materiales se homogenizarán y humedecerán hasta alcanzar su humedad óptima para después compactarse en capas no mayores de 20 cm hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 98% y 100% respectivamente del peso volumétrico seco máximo del material con un contenido óptimo de humedad.

BANQUETAS Y FIRMES

32. En cuanto a la construcción de banquetas y firmes, se deberán cumplir con los trabajos de corte, tratamiento, espesores, los procedimientos constructivos y las especificaciones citados en este informe.
33. Se iniciará el colado de concreto una vez que se hayan cumplido con los requisitos de compactación de las terracerías.
34. Las banquetas y firmes se construirán de concreto simple con una resistencia $f'c = 150$ Kg/cm² o lo indicado en el proyecto; su revestimiento será de 8-10 cm. con T.M.A. de 19 mm (3/4").
35. La operación inicial para la construcción de las banquetas y firmes, será la de limpiar y humedecer la base sobre la cual descansará la banqueta, debiéndose compactar y nivelar completamente la base antes de limpiarla y humedecerla. Así mismo se deben de considerar los trabajos referentes a la construcción de rampas para minusválidos, cuyas dimensiones serán indicadas en el proyecto o en su caso en el catálogo de conceptos.

36. Las banquetas y firmes podrán colarse continuas o por secciones alternadas a cada 2 metros. En caso de que se construyan continuas a cada 2 metros se hará un corte de 3 milímetros de ancho y 4 cm. de profundidad hasta 30 metros de longitud. Si se construyen alternadas, en cada junta se colocará celotex como junta de dilatación, en todo caso será obligatorio seleccionarlas cada seis metros.

37. Las juntas de contracción serán de tal manera que se obtengan cuadros de losa con relación largo/ancho no mayor de 1.5.

38. Para la compactación del concreto se deberá usar vibradores del tipo de inmersión (de chicote).

39. Para aquellas superficies de concreto que no estén en contacto con la cimbra, debe aplicarse uno de los siguientes métodos inmediatamente después de la terminación de la colocación y acabado del mismo, preferentemente cuando la superficie del concreto haya perdido su brillo:

- Rociado continuo.
- Aplicación de telas absorbentes que se deben mantener humedecidas constantemente.
- Aplicación de arena que se debe mantener humedecida constantemente.

El curado de acuerdo con los incisos anteriores debe continuar durante al menos 7 (siete) días o el tiempo necesario para que el concreto alcance el 65% (sesenta y cinco por ciento) de la resistencia especificada.

40. El acabado final de las banquetas y firmes se dará con un rayado por medio de un escobillado recto, que deje una superficie rugosa antiderrapante. No se dará agregando agua a la superficie, ni espolvoreando cemento. Las rampas de minusválidos deberán ir en cada vértice de manzana; el abanico del vértice se colará al último, para dejar en su caso a preparación para los postes eléctricos.

DEL PROYECTO EN GENERAL.

41. Se deberá realizar un corte total del predio en un espesor de al menos 40 cm (en caso de usar losa de cimentación en el edificio el corte será de 60 cm). Este material deberá ser retirado del sitio.

42. En cuanto a las excavaciones, los materiales pueden excavarse hasta profundidades de 3.00 metros sin requerir elementos de soporte, para profundidades mayores es recomendable contemplar contar en obra con elementos de soporte temporales para los trabajos de excavación. Durante época de lluvias este material se vuelve muy inestable en la realización de excavaciones por lo que es necesario contemplar elementos de soporte temporales para realizar excavaciones mayores a dos metros de profundidad o bien contemplar taludes de reposo en las excavaciones.

43. Debido a que los suelos son predominantemente gruesos se deberá tomar en cuenta durante las excavaciones que los taludes de reposo no deberán ser mayores de 60°, sobretodo en presencia de lluvias, por lo que se puede tener un volumen importante de sobre excavación.

44. De acuerdo con la dificultad para su excavación los materiales se clasifican como se muestra a continuación.

UNIDAD	DESCRIPCION	TIPO
PRIMERA	ARCILLA ARENOSA CAFÉ OSCURO	B
SEGUNDA	GRAVA ARENA ARCILLOSA CAFÉ ROJIZO (ROCA INTEMPORIZADA)	B

45. Los materiales para relleno que se requieran podrán ser producto de excavación o procedentes de bancos de materiales que cumplan con las especificaciones para material de sub - rasante o sub – base (ver especificaciones en este informe). Todos los materiales se homogenizarán y humedecerán hasta alcanzar su humedad óptima para después compactarse en capas no mayores de 20 cm hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del 98% y 100% respectivamente del peso volumétrico seco máximo del material con un contenido óptimo de humedad.

46. En las zonas donde no se tiene contemplado la colocación del firme, es recomendable que se coloque un sistema de drenaje pluvial a base de rejillas simples, que permitan drenar lo más rápidamente posible el agua pluvial hacia el drenaje pluvial o la calle de acceso al predio y evitar su filtración al subsuelo que pudiera generar problemas posteriores en la construcción. Deberá verificarse que dichas rejillas tengan un nivel por abajo del nivel de piso de las edificaciones colindantes para eficientar el drenaje del agua pluvial.

47. En las áreas que no lleven firmes, banquetas o en general losas de concreto, se podrán realizar rellenos con material producto del corte, excepto los últimos 20 cm que deberán ser con material de banco que tenga la calidad de una sub rasante de pavimento. Los materiales deberán colocarse en capas de 20 cm y compactarse hasta alcanzar un grado de compactación mayor o igual al 98% de su peso volumétrico seco máximo. La humedad de compactación del material producto del corte deberá ser del 5% por arriba de la humedad óptima y para la capa sub rasante será la humedad óptima. **Deberá tenerse presente que sobre esta capa de terracería no se podrá construir ningún tipo de losa de concreto por que esta será susceptible de presentar problemas de agrietamientos.**
48. Es posible que las zonas del predio que no estén cubiertas por firme, sufran con el tiempo pequeños asentamientos por reacomodo de los materiales a causa de la filtración de aguas pluviales al subsuelo.
- 49. Se deberá tener cuidado de no generar daños en las construcciones vecinas, especialmente durante los trabajos de construcción de la cimentación.**
50. Es importante que el proyecto incluya obras de drenaje que garanticen que los materiales existentes no sufran incrementos sustanciales de agua o bien problemas de erosión.
51. Se recomienda durante la construcción, el apoyo de un laboratorio de control de calidad para que se cumplan con los requerimientos citados en este informe.
52. Terminada la construcción, se recomienda que se realice una limpieza y nivelación de los predios o viviendas colindantes para garantizar que el agua pluvial sea conducida lo más rápido posible hacia la vialidad existente.



*Proyecto Arquitectónico y Ejecutivo.
Mecánica de Suelos.
Análisis y Diseño de Estructuras de Concreto, Acero y Madera.
Diseño de Pavimentos.
Control de Calidad de Materiales para Construcción.
Levantamientos Topográficos.
Supervisión de Obra.*

Observaciones finales.

Las conclusiones vertidas en este estudio, son resultado de las observaciones del o los sondeos realizados, pruebas de campo y laboratorio. En caso de encontrar cambios durante el procedimiento constructivo, se deberá notificar para emitir las recomendaciones pertinentes.

Se firma este documento, el día 27 de diciembre del 2023, en Culiacán, Sinaloa.

A t e n t a m e n t e.

INGENIUM Ingenieros Consultores S.C.
ING. ISMAEL RODRÍGUEZ VAZQUEZ
DIRECTOR GENERAL