

Los cambios del documento anterior se indican en el documento "Control de Cambios".

Este documento, así como la información o datos contenidos en el mismo son propiedad exclusiva de Grupo **González&Beas** y/o sus compañías afiliada (Supervisión Construcción Ingeniería G&B, S.A. de C.V.), y como tal debe considerarse confidencial. Este documento o cualquier otra información y/o datos contenidos en el mismo no deben ser copiados, reproducidos, revelados ni distribuidos o ser usados de otro modo para y/o por terceros para ningún fin sin el previo consentimiento expreso y por escrito de Supervisión Construcción Ingeniería G&B, S.A. de C.V., Ante dichas acciones prohibidas se iniciarán acciones penales en la medida de lo legalmente posible. **TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS**



# **Estudio de Mecánica de Suelos**

## **Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco.**

# **González & Beas**

Reviso: José Florencio Gonzalez Beas, Gerente Técnico  
Aprobó: Florencio Gonzalez Dávila, Director General

Fecha: **Tlajomulco de Zuñiga, Jal., a 13 de enero del 2020.**  
Referencia: **EMS/CEA/ATLANTEC/AMP.PTAR EL AHOGADO/1100**  
Ubicación: Al final del camino Viejo a los Laureles en Tlajomulco de Zuñiga, Jal.

Me dirijo a usted **Ing. Hilario Reyes, en adelante "Cliente"** para presentarle los resultados del **Estudio de Mecánica de Suelos**, para diseñar la cimentación y los rellenos, de las estructuras del Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco.

## INTRODUCCIÓN

**El Cliente** encomendó a **Supervisión Construcción Ingeniería G&B, S.A. de C.V.** la realización del **Estudio de Mecánica de Suelos**, para diseñar la cimentación y los rellenos, de las estructuras del Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco. En este informe se presentan los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio, así como el análisis realizado para tal fin.

### Objetivo:

El objetivo del estudio de mecánica de suelos es para obtener la información suficiente para el diseño de las cimentaciones de las Estructuras de este proyecto.

### Obra Civil:

La ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales de este proyecto tiene las siguientes estructuras de obra civil:

#### a) Edificios:

- 1.- Edificio de Subestación y cuarto de Sopladores
- 2.- Edificio de Subestación derivada
- 3.- Edificio de Cloro
- 4.- Edificio de Lodos

#### b) Tanques de las unidades de Proceso

- 1.- Obra de desvió en Pretratamiento
- 2.- Clarificador primario
- 3.- Reactor Biológico
- 4.- Clarificador secundario
- 5.- Tanque de contacto de cloro
- 6.- Tanques de lodos

**c) Vialidades internas y patio de maniobras**

**d) Área del Monorrelleno**

**e) Predio de la Lengüeta**

#### **Marco Normativo:**

Al realizar el estudio mencionado en la presente especificación, se debe verificar que dentro del proyecto se cumpla cabalmente con las buenas prácticas de ingeniería y las siguientes normas:

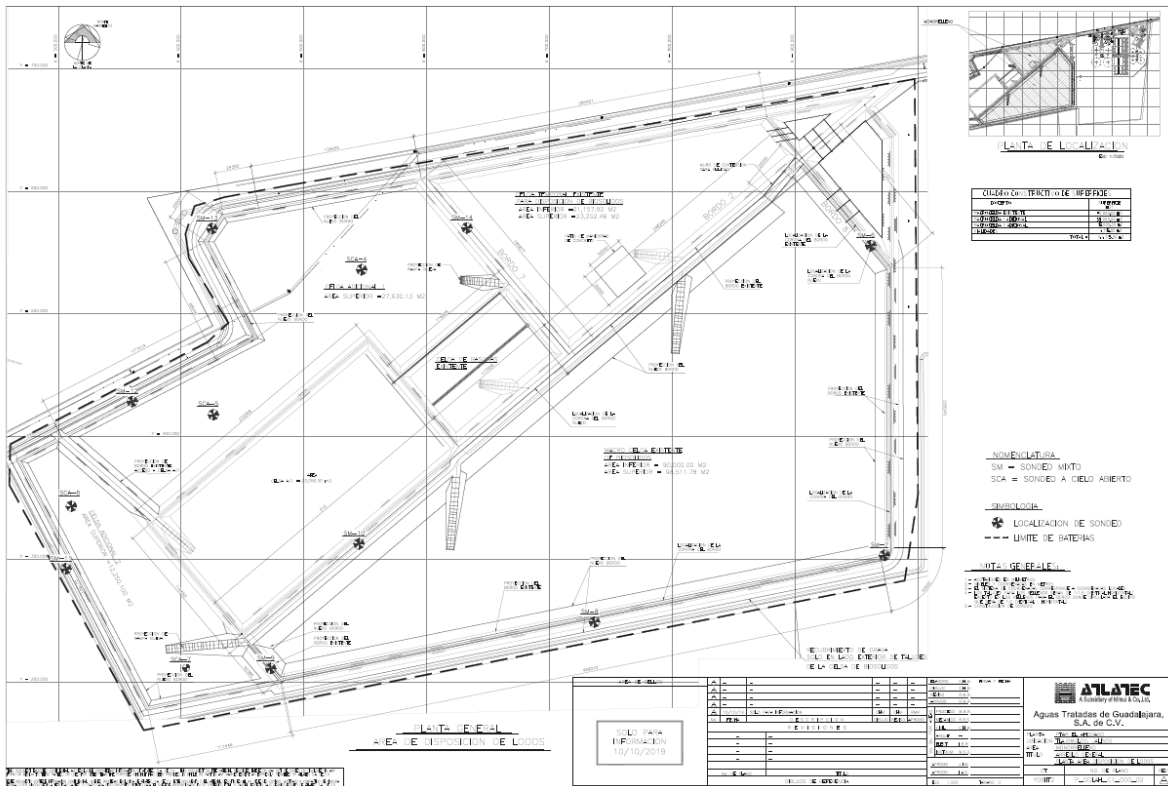
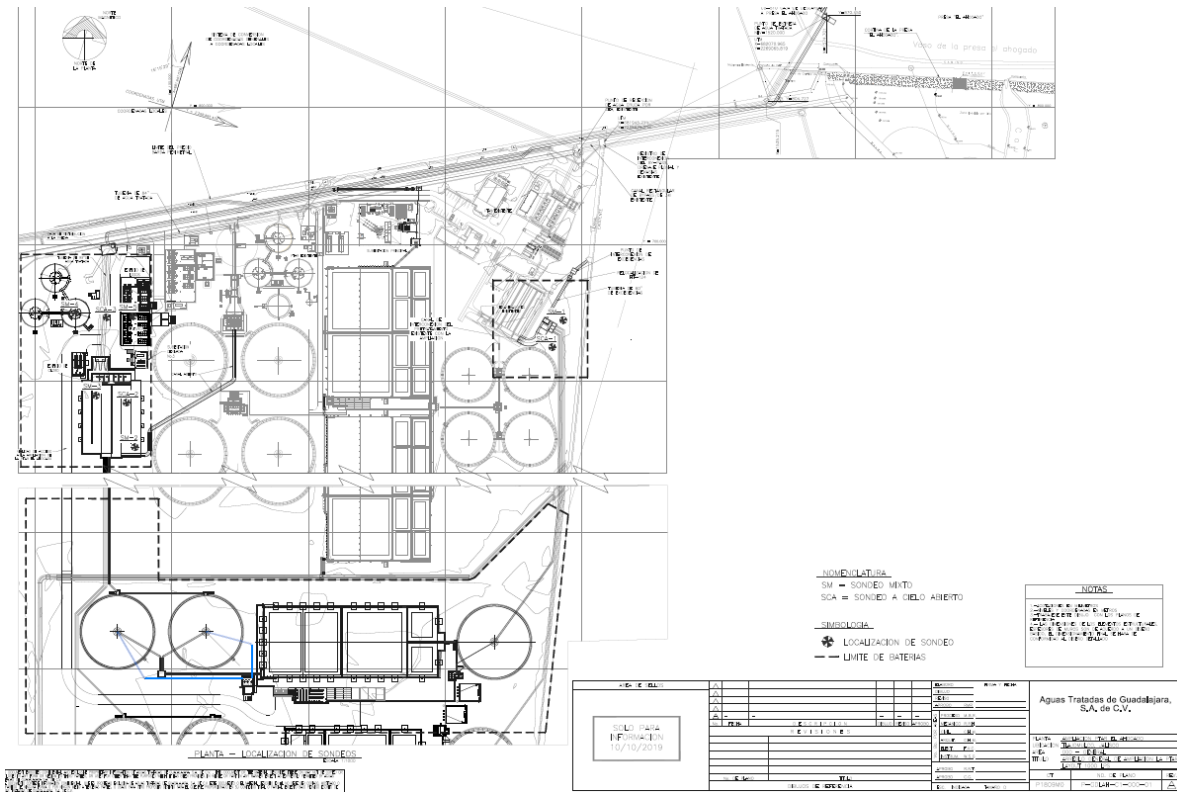
- 1.- Lineamientos Técnicos para la Elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de la Comisión Nacional del Agua (CNA).
- 2.- Reglamento de construcciones para el Estado de Jalisco.
- 3.- Reglamento de Construcciones para el Departamento del Distrito Federal, y sus Normas Técnicas Complementarias correspondientes.
- 4.- NOM-083-SEMARNAT-2017.
- 5.- Manual de diseño de obras civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

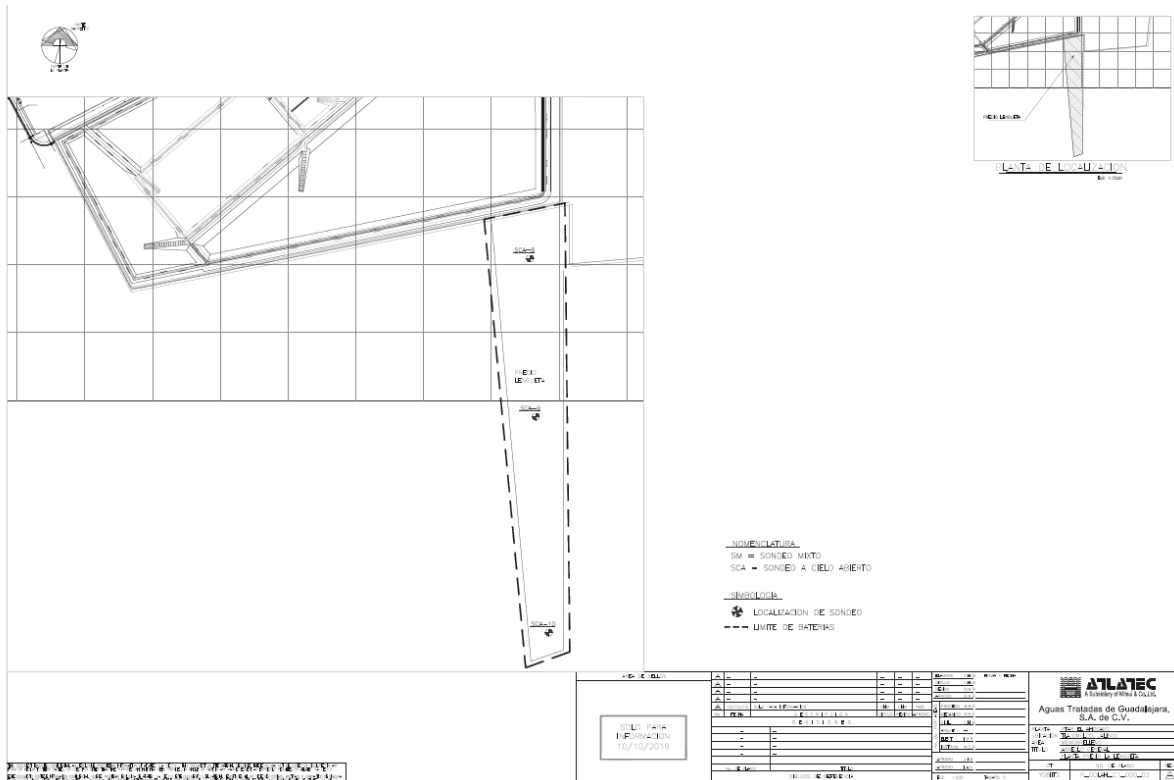
#### **Alcance de los Servicios:**

En el área donde se ubica la Ampliación de la PTAR El Ahogado, se propone realizar 5 sondeos mixtos a 15 metros de profundidad o hasta que se alcance el estrato de roca o resistente y 3 sondeos a cielo abierto.

En el área donde se ubica el Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, se propone realizar en las celdas adicionales 1 y 2 al menos 4 sondeos a cielo abierto, para conocer la calidad de los materiales y verificar si estos materiales se pueden usar para formar bordos en el Monorrelleno. Además, en los bordos existentes de la macrocelda se propone realizar al menos 9 sondeos mixtos a 15 metros de profundidad o hasta que se alcance el estrato de roca o resistente.

En el predio de la Lengüeta se propone realizar al menos 3 sondeos a cielo abierto. Para conocer los materiales y verificar si estos materiales se pueden usar para formar bordos en el monorrellenos.





## ■ Geología del Estado de Jalisco.

El estado de Jalisco se encuentra en el occidente de México por lo que puede considerarse como la puerta del Pacífico con respecto a las comunicaciones del centro de la República Mexicana con el oeste y noroeste del país y con los países de la Cuenca del Pacífico. Limita al N con los estados de Aguas Calientes, Zacatecas, Durango y Nayarit; al S con los estados de Colima y Michoacán; al E con San Luis Potosí, Guanajuato y Michoacán y al W con el océano Pacífico.

Jalisco se extiende desde los 18° 55'06" hasta los 22°46'24" de latitud N y desde los 101°30'54" hasta los 105°41'20" de longitud W; es decir que su eje longitudinal tiene una distancia de 428 km. y su eje transversal de 464 km. aproximadamente. De acuerdo con su posición geográfica astronómica el Estado se encuentra inmerso en la zona tropical del hemisferio N del planeta, sobre el margen oriental del océano Pacífico y a una distancia del Golfo de México de 780 km. y de las influencias del Atlántico.

Uno de los principales atributos naturales del Estado lo constituye el hecho de ser una zona de traslapamiento de tres grandes provincias fisiográficas del territorio mexicano; Jalisco es la zona de contacto entre la Sierra Madre Occidental y el Sistema Neovolcánico o Eje Neovolcánico, entre la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur y entre esta última y el Sistema Neovolcánico. De allí la gran variedad de aspectos litológicos, geológicos y

morfológicos que presenta el territorio jalisciense, así como gran variedad de paisajes naturales.

El relieve de Jalisco se caracteriza por el predominio de las montañas y la ausencia total de extensas llanuras. Desde el punto de vista de las estructuras del relieve en Jalisco predomina el estilo tectónico de “relieve de bloques”, en contraposición al estado de Michoacán donde sobresale el relieve volcánico joven sin grandes alteraciones tectónicas.

La distribución de las aguas en el territorio mexicano se encuentra en relación inversa a la de la población y a las zonas agropecuarias económicamente más importantes. En efecto, mientras que la mitad S del país posee más del 70% de los recursos hídricos, alberga menos del 30% de la población y de las actividades agropecuarias. En la mitad N, en cambio, se encuentra menos del 30% de los recursos hídricos y alberga a más del 70% de la población y de las actividades agropecuarias y económicas en general. El estado de Jalisco por su situación y posición en el territorio nacional y en la zona tropical, presenta afortunadamente una distribución más equitativa de sus recursos hídricos con relación a la distribución de la población y de las zonas agropecuarias económicamente importantes.

En efecto cuatro cuencas hidrográficas relativamente extensas abarcan gran parte de la superficie estatal:

La cuenca del sistema Lerma-Santiago ocupa en el sector E y N del Estado una extensión de 84,559 km<sup>2</sup> incluyendo a los Estados vecinos. El río Verde cuya superficie pluvial se encuentra en el NE del estado de Jalisco se une al río Grande de Santiago frente a la ciudad de Guadalajara tiene una extensión de 20,502 km<sup>2</sup>. Otro de los tributarios importantes del Santiago en territorio jalisciense es el río Bolaños cuya superficie pluvial es de 14,755 km<sup>2</sup>.

El río Ameca tiene una cuenca de 12,220 km<sup>2</sup> aproximadamente, nace en la Sierra de La Primavera, al SW de Guadalajara para desembocar en el extremo NW de Jalisco (Bahía Banderas) Una parte de su cuenca se desarrolla en territorio de Nayarit (3,259 km<sup>2</sup>).

La tercera cuenca importante en extensión corresponde al río Armería que nace de la confluencia de los ríos Ayuquila y Tuscacueco. A pocos kilómetros de su nacimiento penetra en territorio del Estado de Colima en tramo comprendido entre el cerro Grande y el Nevado de Colima.

La cuarta cuenca corresponde al río Tepalcatepec, tributario del río Balsas, la cual se extiende en el sector SE del Estado en los municipios de Quitupán, Valle de Juárez, Manuel M Diéguez y Jilotlán de los Dolores.

Entre las cuencas de los ríos Ameca y el Armería, sobre la vertiente occidental del sistema de la Sierra de Cacoma y entre ésta y la costa se encuentran varias cuencas fluviales paralelas que desembocan directamente en el océano Pacífico. Se trata de los ríos Cuale, Bocas del Tomatlán, María García, Tomatlán, San Nicolás, Cuitzmala, Purificación y Cihuatlán.

Finalmente, en el S de Jalisco, partir de la Sierra del Tigre, se desarrolla la cuenca del río Naranja, que después de recorrer de N a S la fosa de Colima se une al río Coahuayana que sirve de límite entre Jalisco y Michoacán y entre Colima y Michoacán.

Se considera representativa de esta unidad a la Sierra de la Primavera ubicada al NW de la ciudad de Guadalajara, se trata de un complejo volcánico que representa el relieve montañoso más joven de Jalisco. Abarca una superficie aproximada de 300 km<sup>2</sup> en el sector S del municipio de Zapopan.

Esta montaña volcánica moderna está formada por lavas y tobas ácidas correspondientes a las efusiones más recientes que dieron comienzo hace 120,000 años (Pleistoceno Superior) y finalizaron en los años 30,000 a 20,000 A. C. (Holoceno). Las sucesivas etapas desarrolladas durante este lapso dieron lugar a la formación de alineamientos de domos volcánicos constituidos por materiales piroclásticos con predominio de tobas, brechas vítreas y obsidianas, de aparatos volcánicos que afloran en una extensa caldera (cerros Alto y Nejahuete) y arcos volcánicos que rodean el complejo extrusivo como el del cerro del Pinar, La Venta, La Lobera y otros. Esta estructura montañosa representa un elemento ecológico de alto valor como regulador del medio ambiente de la Zona Metropolitana de Guadalajara debido principalmente a su topografía y extensión y la cubierta vegetal formada por bosque de pino - encino.

La composición predominante de estas estructuras está dada por los basaltos correspondientes al Plioceno Superior y Pleistoceno; es decir que se trata de erupciones modernas que han formado espesos mantos de lava y aparatos volcánicos.

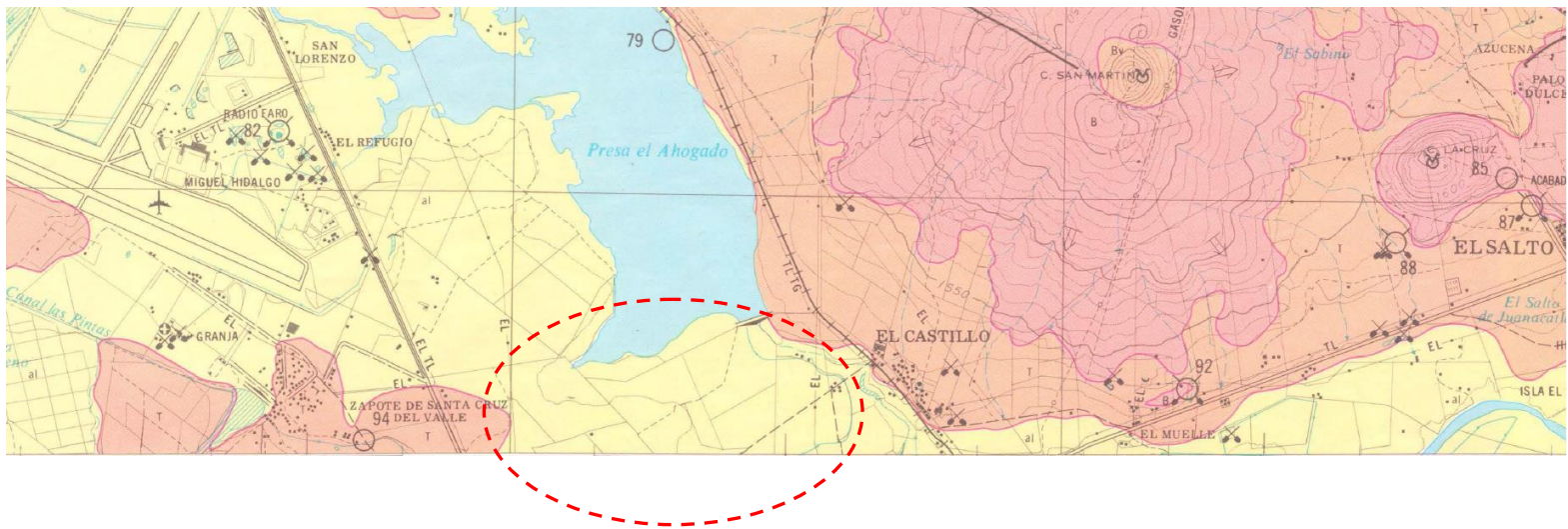
La tectónica de finales del Plioceno y del Pleistoceno Medio se encargó de fracturar a estos espesos mantos de lava que se han comportado, frente a los movimientos corticales, como bloques rígidos elevándose diferencialmente. De allí que generalmente estos bloques presentan vertientes asimétricas. Es el caso de la sierra de Nochiztlán que está limitada hacia el SE por un abrupto de falla pronunciado en tanto que, hacia el NW, la vertiente desciende en forma escalonada hacia el valle del río Calvillo.

El bloque de la sierra de Los Guajolotes al NE de la ciudad de Guadalajara y al N de Ixtlahuaca de los Membrillos cuyo abrupto mira hacia el W, e frente al desfiladero del río Grande de Santiago en tanto que, hacia el E, sus vertientes descienden a través de una superficie pedemontana, a la planicie del arroyo Achichilco, Este tipo de relieve volcánico predomina en el centro del Estado, al N y S del Lago de Chápala: es el caso de los bloques de San Sebastián y Cajititlán, la sierra de Madroño, sierra de la Difunta, sierra de Atoyac y las montañas y serranías que se disponen entre la sierra de Tapalpa y la de Cacoma.

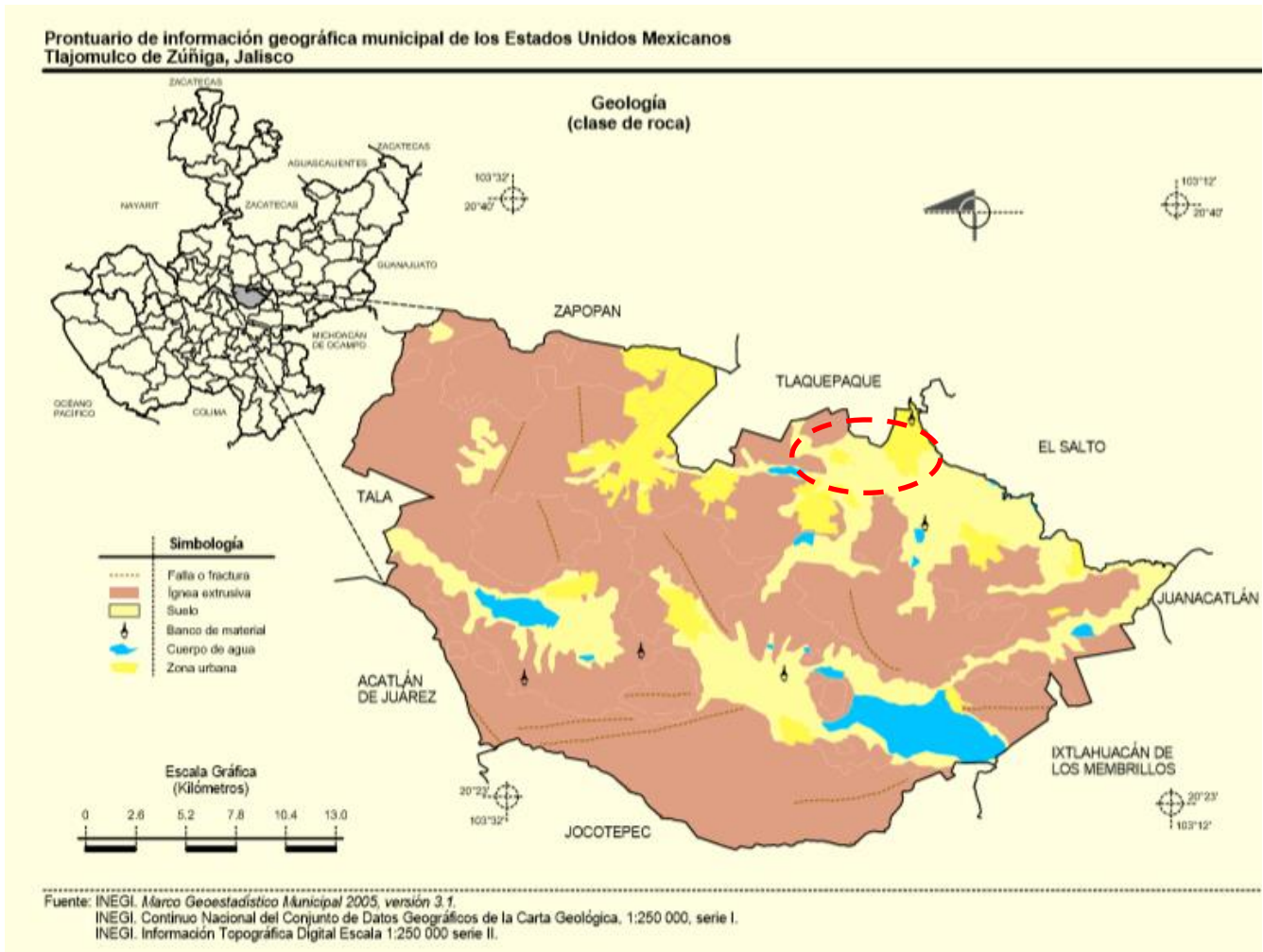
Es evidente que estos bloques basculados merced a los movimientos que han sufrido, han adoptado una estructura distinta a la volcánica original para dar lugar a un nuevo estilo estructural que hemos definido como “bloques volcánicos” o “montañas volcánicas de bloque”.

Los principales afloramientos rocosos están constituidos por rocas ígneas, originadas por derrames piroclásticos desde el Cretácico Superior (135 millones de años) hasta nuestros días, tanto en la Sierra Madre del Sur como en la Occidental y en el Eje Neovolcánico. En cuestiones ígneas existen también domos riolíticos, como los de la zona llamada Caldera de la Primavera, al suroeste de Guadalajara. En la Mesa del Centro existen además rocas sedimentarias de origen marino. En el fondo de muchos valles se encuentran suelos aluviales (arcillas de media y alta plasticidad) del Cuaternario, que son los más recientes.

**En la zona de la planta de tratamiento de las agua residuales El Ahojado, se tendrá una ampliación, en la Estación de Bombeo y Monorrelleno, el suelo en la zona de estudio, está formado superficialmente y en las capas superiores por un arcilla limo arena con, de media a alta plasticidad de color oscuro de consistencia blanda a semi compacto y en ciertas zonas rellenos contaminados, subyaciendo en la zona de los SPT 1 (de 3.00 a 4.00 m de profundidad) fragmentos de roca o boleos empacados en una matriz de arcilla de media a alta plasticidad y en los SPT 2, 3, 4, 5 y 6 (de 7.00 a 12.00 m de profundidad) fragmentos de roca o boleos empacados en una matriz de arcilla de media a alta plasticidad y finalmente el resto de los SPT 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se encontró el manto arcilloso arenoso de media a alta plasticidad hasta la profundidad estudiada. Comprobando esta información en la Carta Geológica del INEGI y en la exploración in situ por medio de los sondeos exploratorios por el método mixto, penetración estándar y pozos a cielo abierto.**







## REGIONALIZACIÓN SÍSMICA

El sitio donde se construirá la obra está localizado en la **zona C y D** de la Carta de regionalización Sísmica de la CFE de la República Mexicana. La estructura deberá de estar capacitada para soportar un intenso temblor, sin sufrir daños. Si por necesidad del proyecto o especificaciones se deberá de solicitar en el catálogo de conceptos la exploración para obtener parámetros dinámicos del suelo de acuerdo con el manual MDOC-Diseño por sismo (2015) y a la especificación CPTT-DIC-EGD-1.

## 1.1 Objetivos.

Son los siguientes:

- a) Determinar la estratigrafía del subsuelo, así como sus características índices más importantes.
- b) Proponer el tipo de cimentación más adecuada de acuerdo con los ensayos de campo y de laboratorio, estimación de asentamientos y recomendaciones.
- c) Determinar los rellenos con material del lugar con mejoramiento con cal viva o materiales de banco
- d) Proponer o recomendar, el procedimiento constructivo que de acuerdo con nuestros ensayos de campo y de laboratorio consideramos los óptimos.

## Alcances.

Se realizó catorce (14) sondeo exploratorio que llegaron a una profundidad máxima de 15.00 m, por el método de penetración estándar, con respecto a su nivel de su brocal y este coincide con el nivel del terreno actual. Además, diez (10) pozos a cielo abierto que llegaron a una profundidad máxima de 3.00 m, Los trabajos de campo se describen brevemente en el **Capítulo 2**. En el **Capítulo 3**, se presenta la descripción de los ensayos de laboratorio efectuados en las muestras obtenidas con los sondeos, y en el **Capítulo 4**, contiene la interpretación estratigráfica del subsuelo. En el **Capítulo 5**, se consigna la solución de cimentación más adecuada para las estructuras y rellenos que se pretenda construir, la capacidad de carga del suelo y una estimación de los asentamientos que ocurrirán. En el **Capítulo 6**, aparecen las conclusiones pertinentes.

## TRABAJOS DE CAMPO

A continuación, se describen los trabajos de campo realizados de acuerdo con las necesidades del proyecto.

### 2.1 Visita al predio

La visita al predio consistió básicamente en realizar un recorrido por la zona para observar y tratar de localizar puntos críticos que ayuden a dictaminar las conclusiones de este informe. Durante la visita se pudo observar lo siguiente:

- a) Se trata de un Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco.
- b) Existen estructuras aledañas en sus extremos por lo que se recomendamos tener mucho cuidado con ellas durante su construcción. Si es necesario resimentar las cimentaciones existentes.

## 2.2 Exploración geotécnica

Para conocer la estratigrafía del subsuelo y las propiedades de sus principales depósitos, se realizaron los siguientes trabajos de campo:

- ♣ Se realizó **cuatro (4) sondeo** por el método de penetración estándar (SPE-1 a 4) llevados hasta una profundidad de 10.00 m como máximo, respecto a su brocal. Estos sondeos fueron indispensables para determinar las características estratigráficas de los suelos. Utilizándose un Augers hueco y broca de tusteno. Obteniéndose muestras alteradas de los suelo. La perforación de los sondeos se realizará con una perforadora Acker AD II Augers/Soil/Core Drill, montada sobre una plataforma en un camión FORD 700, equipada con bomba hidráulica modelo 326 40 GPM, con Augers metálico hueco de 3 ¼" – 6 ¼" de diámetro, todo de acuerdo con norma **ASTM1586-84**. Y cono dinámico.

En la **figura 3** se presenta la localización de los sondeos, en las **figuras 4 al 17** se presenta el perfil estratigráfico del sondeo de penetración estándar indicando la estratigrafía y el número de golpes **N<sub>30</sub>**. Todas las muestras que se obtuvieron de los sondeos se empacaron y trasladaron cuidadosamente al laboratorio de mecánica de suelos de esta empresa para su clasificación y ensaye.

### TRABAJOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas de los sondeos se clasificaron en forma visual y manual en campo, con el fin de contar con una clasificación visual y descriptiva, posteriormente se realizan los ensayos en el laboratorio, con los resultados de estos ensayos, se procede a obtener una clasificación de acuerdo con el **criterio SUCS**. Realizándose los siguientes ensayos de laboratorio, solicitados por la norma para poder lograr la clasificación del material, y así clasificarlos y poder determinar sus propiedades índices y mecánicas de los materiales, los ensayos de laboratorio realizados para este informe son los siguientes:

- a) Contenido de agua
- b) Densidad de sólidos
- c) Granulometría por mallas en los suelos granulares
- d) Lavado por malla 200 en las mezclas de suelos finos con arena
- e) Límites de Atterberg
- f) Masas volumétricas del lugar y máximas, contenido de humedad y humedad óptima.
- g) Valor Relativo de Soporte VRS y Expansión.
- h) Calidad completa de los materiales.
- i) Consolidación.
- j) Prueba Triaxial.

Con base en los resultados de los ensayos mencionados se identificaron los principales depósitos que constituyen el subsuelo, clasificándolos **conforme al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)**. Los resultados de los ensayos granulométricos, se pueden observar el perfil estratigráfico de la **figura 4 al 17**, los resultados de las diferentes pruebas de los PCA 1 a 10, se presentan en las **figuras 32 a 41**, la gráfica granulométrica en las **figuras 18 al 31**. No fue posible hacer pruebas mecánicas para determinar sus parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, razón por la cual tanto el parámetro de cohesión como el ángulo de fricción interna se obtuvieron a partir de correlaciones de manera conservadora. Los parámetros de deformabilidad del subsuelo también se obtuvieron a partir de correlaciones empíricas utilizando conservadoramente

Los resultados de las calidades de los materiales se presentan en los informes de los ensayos de los materiales a continuación, así como las pruebas de compresión triaxial UU y consolidaciones.

**INFORME DE ENSAYES DE MATERIALES PCA 1 DE 0.00 m A 2.00 m  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL AHOGADO**



**INFORME DE ENSAYE DE MATERIALES**  
(CALIDAD PARA TERRAPLEN)  
(G&B-PT-5.10-001-FO-010)

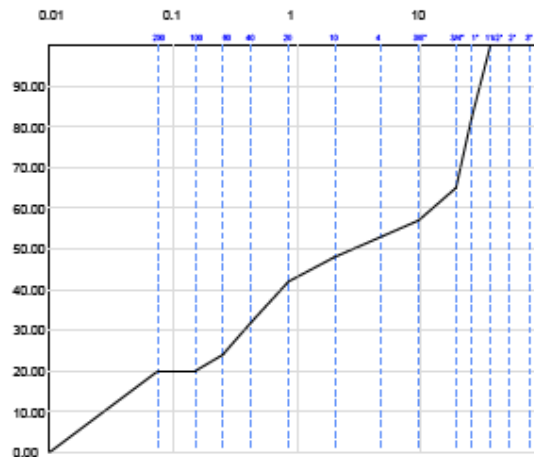
**DATOS DEL INFORME RELACIONADOS CON EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NMX-EC-17025-IMNC-2008**

<b>CLIENTE</b>		<b>FECHA DE MUESTRA</b>	12/12/2019
<b>DOMICILIO</b>		<b>INFORME NÚMERO</b>	1911
<b>NOMBRE DE LA OBRA</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Ahogado	<b>ETAPA DE LA OBRA</b>	Urbanización
<b>UBICACIÓN DE LA OBRA</b>	Jalisco	<b>SEMANA DEL AÑO</b>	50
<b>FRACCIÓN</b>	-	<b>BANCO</b>	PCA 1
<b>ETAPA</b>	-	<b>OTRO</b>	Prof. 0.00m a 2.00m
		<b>FECHA DE IMPRESIÓN</b>	09/01/2020

<b>Masa Vol. Seca Suelta Kg/m³</b>	1213
<b>Masa Vol. Seca Compacta Kg/m³</b>	1381
<b>Humedad %</b>	18.5

MALLA	% PASA
3"	100
2"	100
1 1/2"	100
1"	82
3/4"	65
3/8"	57
4	53
10	48
20	42
40	32
80	24
100	20
200	20

La norma solo nos solicita que el tamaño máximo del agregado no sea mayor de 75mm (3")



Ensaye V.R.S.	Criterio	Limites de Consistencia	Criterio	Ensaye en Agregados	Criterio
V.R.S. (Estandar) %	15.5	6% mín.	Limite liquido %	25.84	60% max.
Expansión %	0.38	6% max.	Limite plastico %	-	-
Contracción lineal %	0.98	-	Indice plastico %	-	-
<b>Clasificación</b>					
Limo con jai con triturado color café					

OBSERVACIONES

NORMA DE REFERENCIA:

N-CMT-1-01/16

Notas: De acuerdo a la norma de referencia, se solicita que cada 300 m3 o fracción, extraído de corte o del banco, se realice un ensayo granulométrico y equivalente de arena, para verificar que cumpla con lo solicitado y cada 3000 m3 o fracción, deberá de realizar todos los ensayos de nuevo para verificar la calidad.



Ing. Florencio Gonzalez Davila  
Director General

ESTE INFORME SOLO RESPALDA LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A PRUEBA  
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO POR CUALQUIER MEDIO  
GANADEROS #6816 COL. ARCO DE GUADALUPE ZAPOPAN, JAL. TELIFAX: 01(33) 31261862

**INFORME DE ENSAYES DE MATERIALES PCA 2 DE 0.00 m A 2.00 m  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL AHOGADO**



**INFORME DE ENSAYE DE MATERIALES**

(CALIDAD PARA TERRAPLEN)

(G&B-PT-5.10-001-FO-010)

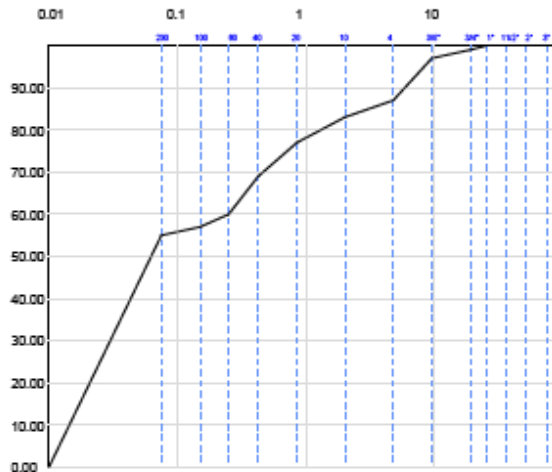
**DATOS DEL INFORME RELACIONADOS CON EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NMX-EC-17025-IMNC-2008**

<b>CLIENTE</b>	-	<b>FECHA DE MUESTRA</b>	12/12/2019
<b>DOMICILIO</b>	-	<b>INFORME NÚMERO</b>	1914
<b>NOMBRE DE LA OBRA</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Ahogado	<b>ETAPA DE LA OBRA</b>	Urbanización
<b>UBICACIÓN DE LA OBRA</b>	Jalisco	<b>SEMANA DEL AÑO</b>	50
<b>FRACCIÓN</b>	-	<b>BANCO</b>	PCA-2
<b>ETAPA</b>	-	<b>OTRO</b>	Prof. 0.00m a 2.00m
		<b>FECHA DE IMPRESIÓN</b>	09/01/2020

<b>Masa Vol. Seca Suelta Kg/m<sup>3</sup></b>	549
<b>Masa Vol. Seca Compacta Kg/m<sup>3</sup></b>	1292
<b>Humedad %</b>	18.1

MALLA	% PASA
3"	100
2"	100
1 1/2"	100
1"	100
3/4"	99
3/8"	97
4	87
10	83
20	77
40	69
60	60
100	57
200	55

La norma solo nos solicita que el tamaño máximo del agregado no sea mayor de 75mm (3")



Ensayo V.R.S.	Criterio	Limites de Consistencia	Criterio	Ensayo en Agregados	Criterio
V.R.S. (Estandar) %	1.16	6% mín.	Límite líquido %	34.37	60% max.
Expansión %	3.91	6% max.	Límite plástico %	19.35	-
Contracción lineal %	6	-	Índice plástico %	15.02	-
<b>Clasificación</b>					
Arcilla limosa con escombros y conglomerado gris claro					

OBSERVACIONES

NORMA DE REFERENCIA:

N-CMT-1-01/16

Notas: De acuerdo a la norma de referencia, se solicita que cada 300 m<sup>3</sup> o fracción, extraído de corte o del banco, se realice un ensayo granulométrico y equivalente de arena, para verificar que cumpla con lo solicitado y cada 3000 m<sup>3</sup> o fracción, deberá de realizar todos los ensayos de nuevo para verificar la calidad.



Ing. Florencio González Davila  
Director General

ESTE INFORME SOLO RESPALDA LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A PRUEBA  
SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO POR CUALQUIER MEDIO  
GANADEROS #6616 COL. ARCO DE GUADALUPE ZAPOPAN, JAL. TEL/FAX: 01(33) 31261862

**INFORME DE ENSAYES DE MATERIALES PCA 3 DE 0.00 m A 2.00 m  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL AHOGADO**



**INFORME DE ENSAYE DE MATERIALES**

(CALIDAD PARA TERRAPLEN)

(G&B-PT-5.10-001-FO-010)

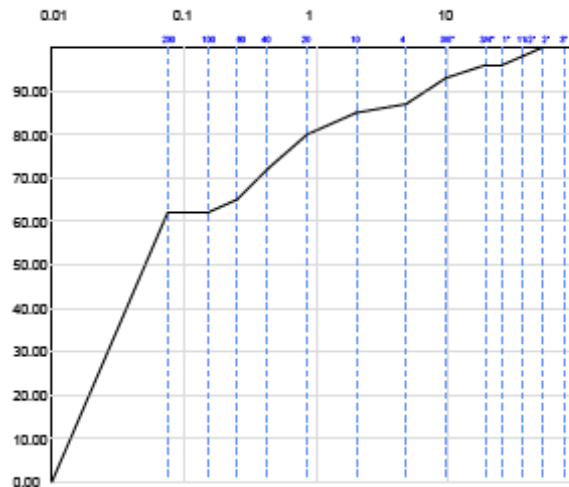
**DATOS DEL INFORME RELACIONADOS CON EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NMX-EC-17025-IMNC-2008**

<b>CLIENTE</b>	-	<b>FECHA DE MUESTRA</b>	12/12/2019
<b>DOMICILIO</b>	-	<b>INFORME NÚMERO</b>	1912
<b>NOMBRE DE LA OBRA</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Ahogado	<b>ETAPA DE LA OBRA</b>	Urbanización
<b>UBICACIÓN DE LA OBRA</b>	Jalisco	<b>SEMANA DEL AÑO</b>	50
<b>FRACCIÓN</b>	-	<b>BANCO</b>	PCA-3
<b>ETAPA</b>	-	<b>OTRO</b>	Prof. 0.00m a 2.00m
		<b>FECHA DE IMPRESION</b>	09/01/2020

Masa Vol. Seca Suelta Kg/m <sup>3</sup>	1060
Masa Vol. Seca Compacta Kg/m <sup>3</sup>	1213
Humedad %	28.2

MALLA	% PASA
3"	100
2"	100
1 1/2"	98
1"	96
3/4"	96
3/8"	93
4	87
10	85
20	80
40	72
80	65
100	62
200	62

La norma solo nos solicita que el tamaño máximo del agregado no sea mayor de 76mm (3")



Ensaye V.R.S.	Criterio	Limites de Consistencia	Criterio	Ensaye en Agregados	Criterio
V.R.S. (Estandar) %	1.12	6% min.	35.76	60% max.	
Expansión %	3.5	6% max.	19.1	-	
Contracción lineal %	6.6	-	16.66	-	
<b>Clasificación:</b>					
Arcilla limosa conglomerada con escombros y gravilla, gris oscuro					

OBSERVACIONES

NORMA DE REFERENCIA:

N-CMT-1-01/16

Notas: De acuerdo a la norma de referencia, se solicita que cada 300 m<sup>3</sup> o fracción, extraído de corte o del banco, se realice un ensayo granulométrico y equivalente de arena, para verificar que cumpla con lo solicitado y cada 3000 m<sup>3</sup> o fracción, deberá de realizar todos los ensayos de nuevo para verificar la calidad.



Ing. Florencio González Davila  
Director General

ESTE INFORME SOLO RESPALDA LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A PRUEBA  
SE PROHÍBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO POR CUALQUIER MEDIO  
GANADEROS #6816 COL. ARCOS DE GUADALUPE ZAPOPAN, JAL. TEL/FAX: 01(33) 31261862

Presentamos una tabla comparativa de los resultados obtenidos de las diferentes pruebas de laboratorio de las calidades de los materiales en estado natural y mejorados con un 4% de cal viva (óxido de calcio), donde observamos la mejoría de los resultados con relación a su calidad.

**TABLA COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE ALGUNOS MATERIALES EN ESTADO NATURAL Y ESTABILIZADOS CON CAL VIVA (OXIDO DE CALCIO) DONDE OBSERVAMOS QUE SU CALIDAD MEJORA EN SUS PROPIEDADES**

INFORME	PCA Y PROF.	PVSM	% HUMEDAD	VRS	%EXPANSION	L.L	I.P	CONTRACCIÓN LINEAL
1899	PCA 4 0.00-2.50m	1209	24.4	0.96	4.96	73.14	40.33	15.9
1899 Cal Viva	PCA 4 0.00-2.50m	1304	28.2	22.3	1.94	48.46	10.78	4.3
1898	PCA 5 1.50-1.70m	1276	22.9	1.44	3.36	36.98	11.98	4.8
1898 Cal Viva	PCA 5 1.50-1.70m	1323	21.4	35.8	1.08	33.85	-	1.4
1895	PCA 6 0.00-1.30m	1248	27.6	0.77	5.91	59.85	29.19	11.8
1895 Cal Viva	PCA 6 0.00-1.30m	1346	23.4	21.3	2.17	48.93	9.5	4
1897	PCA 7 0.00-2.00m	1061	27.1	2.7	1.88	73.23	17.35	6.8
1897 Cal Viva	PCA 7 0.00-2.00m	1189	23.9	24.2	0.93	49.2	8.63	3.3
1897 Cal Viva	PCA 7 0.00-2.00m	1305	25.5	37.5	0.62	32.07	-	1.47
1909	PCA 8 0.00-2.00m	1432	16.7	2.6	2.1	35.84	14.25	5.7
1909 Cal Viva	PCA 8 0.00-2.00m	1610	21.4	33.3	0.39	29.73	-	1.39
1913	PCA 9 0.00-2.00m	1332	23.9	5.81	2.18	67.84	20.15	8
1913 Cal Viva	PCA 9 0.00-2.00m	1378	21.4	35.9	0.31	40.23	-	1.39

Nota: Cal viva (óxido de calcio)

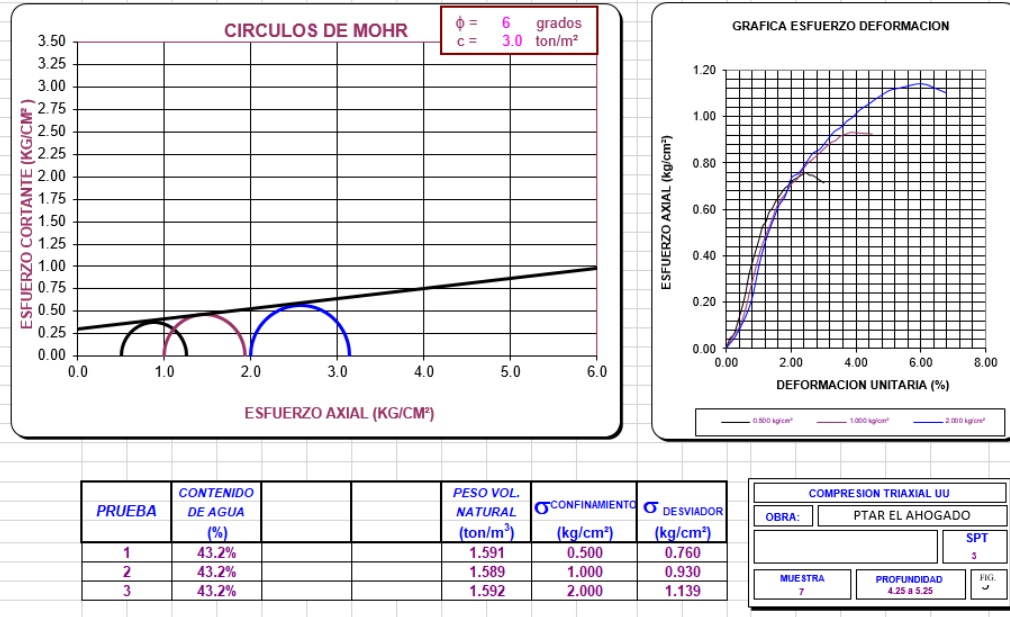
Los resultados obtenidos de los materiales encontrados en los pozos a cielo abierto se analizó su calidad obteniéndose valores del Valor Reactivo de Soporte (V.R.S) de 0.96, 1.44, 0.77, 2.70, 2.60 y 5.81 Al mejorar los materiales encontrados con el 4% de cal viva (óxido de calcio) nos resultaron valores superiores del Valor Reactivo de Soporte (V.R.S) de 22.3, 35.8, 21.3, 24.2, 37.5, 33.3 y 35.9. La expansión tuvo una disminución en el porcentaje de 4.95 a 1.94, de 3.36 a 1.08, de 5.91 a 2.17, de 1.88 a 0.93 y 0.62, de 2.1 a 0.39 y de 2.18 a 0.31. Así como la disminución del límite líquido, índice plástico y la contracción lineal.

Con estos resultados obtenidos de la estabilización del material con cal viva (óxido de calcio) podremos recomendar su utilización en los rellenos de las ampliaciones de las fosas de los monorrellenos y disminuir los ángulos de los taludes con sus respectivas recomendaciones y una estricta supervisión por el laboratorio de aseguramiento de la calidad acreditado por la entidad mexicana de acreditación ema.

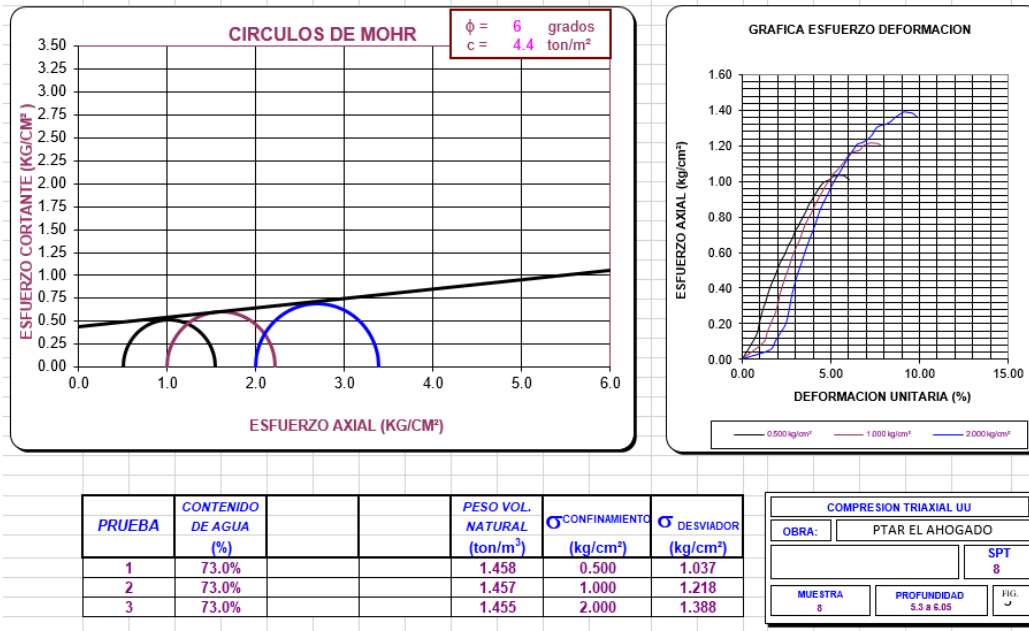
Durante la construcción se deberá de llevar un estricto control de las mezclas del suelo cal material del lugar arcilla arena mezclada con cal viva (óxido de calcio) que los materiales estén limpios de cualquier contaminación, que se realicen con su contenido de agua optima, verificar los incrementos del valor relativo de soporte V.R.S., disminución de la expansión, sus límites de consistencia. Los grados de compactación, así como los taludes que siempre sean compactados como se indicara en el proceso constructivo.



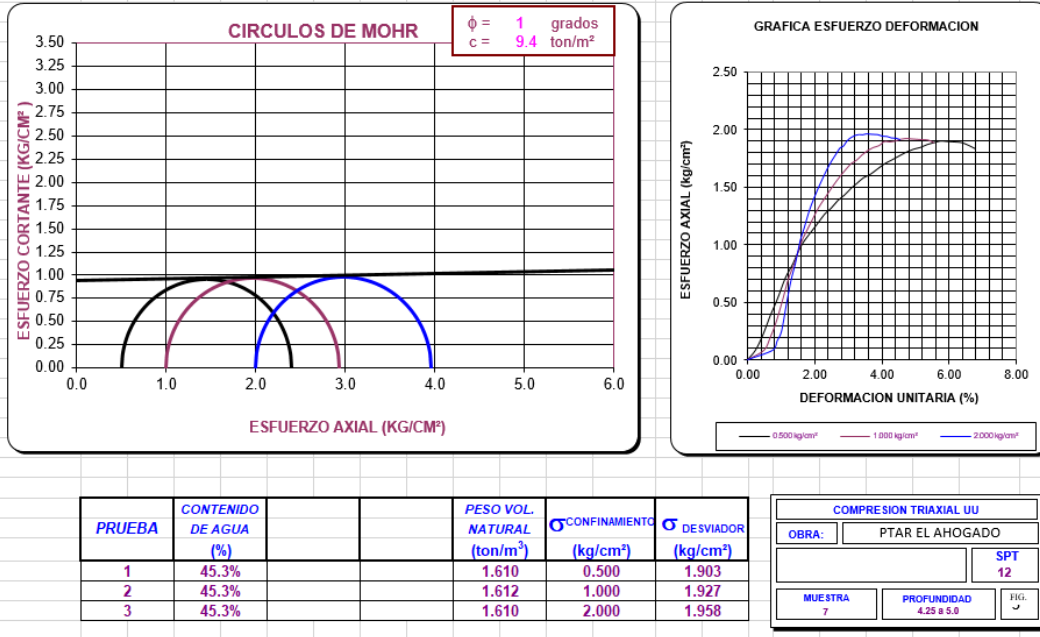
### PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL UU



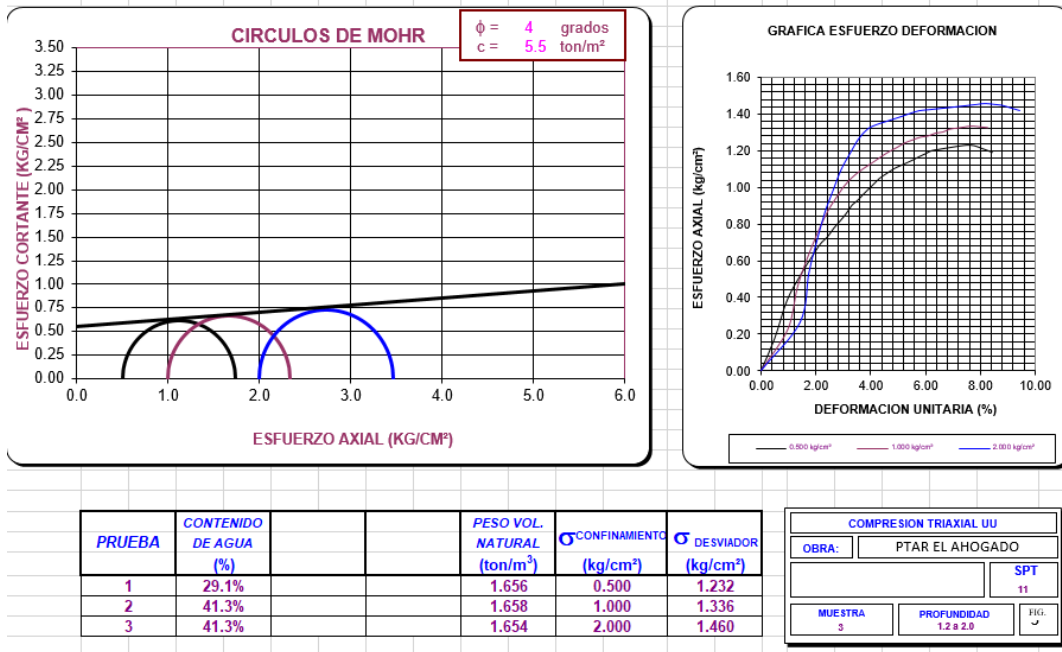
### PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL UU



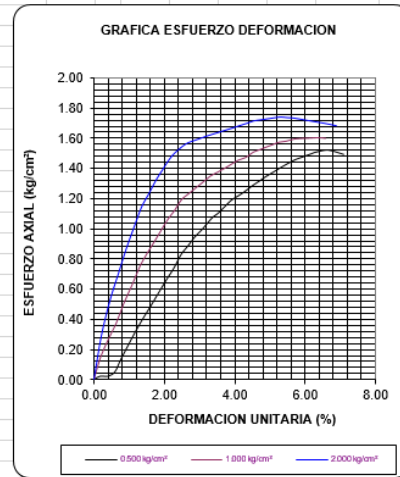
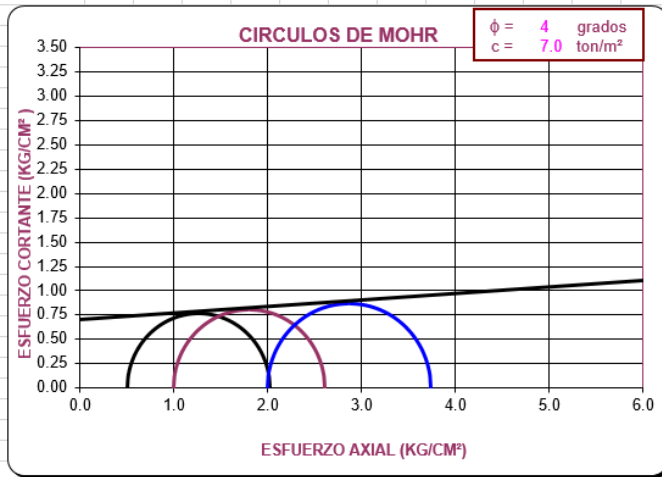
### PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL UU



### PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL UU



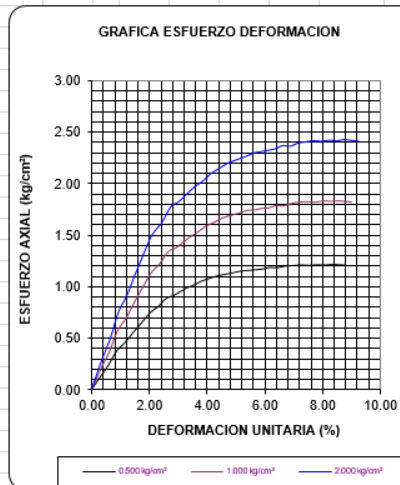
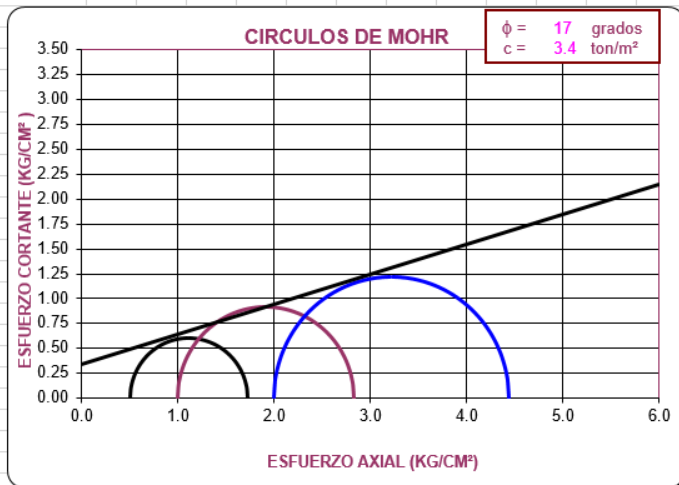
### PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL UU



PRUEBA	CONTENIDO DE AGUA (%)	PESO VOL. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	σ <sub>c</sub> CONFINAMIENTO (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>d</sub> DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )
1	61.3%	1.475	0.500	1.523
2	61.3%	1.476	1.000	1.603
3	61.3%	1.475	2.000	1.738

COMPRESION TRIAXIAL UU		
OBRA:	PTAR EL AHOGADO	
		SPT 5
MUESTRA 6	PROFUNDIDAD 3.7 a 4.45	FIG. ✓

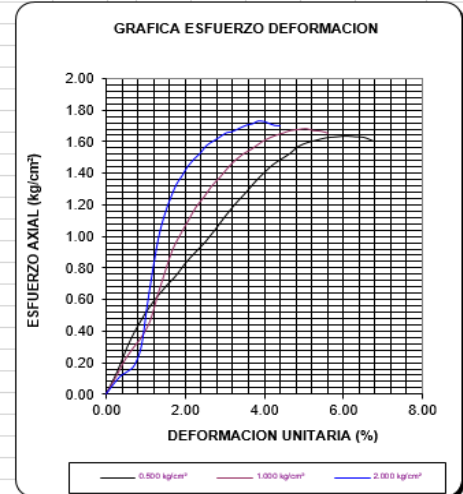
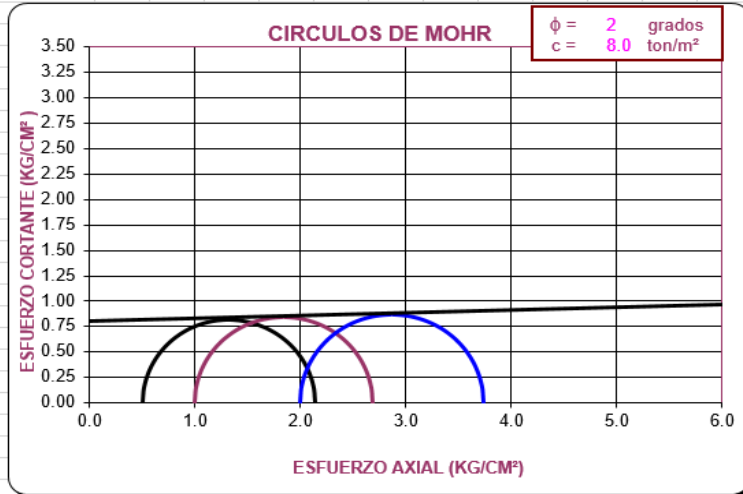
### PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL UU



PRUEBA	CONTENIDO DE AGUA (%)	PESO VOL. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	σ <sub>c</sub> CONFINAMIENTO (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>d</sub> DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )
1	41.8%	1.746	0.500	1.222
2	41.8%	1.748	1.000	1.831
3	41.8%	1.748	2.000	2.433

COMPRESION TRIAXIAL UU		
OBRA:	PTAR EL AHOGADO	
		SPT 7
MUESTRA 4	PROFUNDIDAD 1.95 a 2.95	FIG. ✓

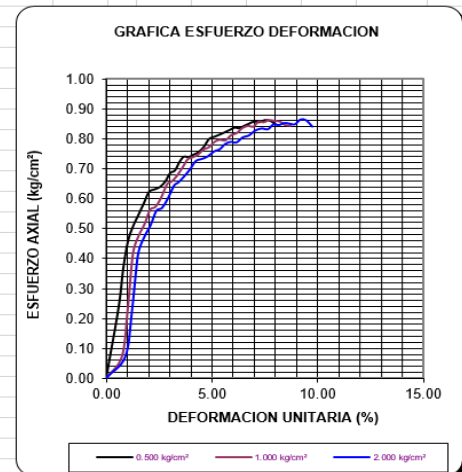
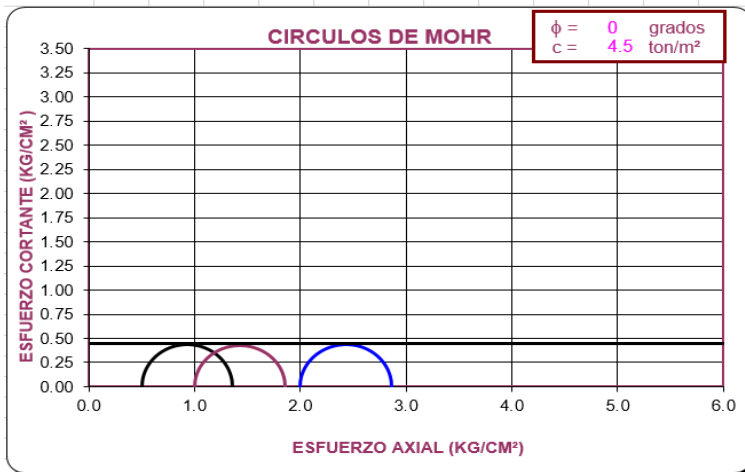
### PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL UU



PRUEBA	CONTENIDO DE AGUA (%)	PESO VOL. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	σ <sup>c</sup> CONFINAMIENTO (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sup>d</sup> DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )
1	52.4%	1.535	0.500	1.638
2	52.4%	1.534	1.000	1.682
3	52.4%	1.535	2.000	1.734

COMPRESION TRIAXIAL UU		
OBRA:	PTAR EL AHOGADO	
	SPT	2
MUESTRA	PROFUNDIDAD	FIG.
7	4.25 a 5.25	3

### PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL UU



PRUEBA	CONTENIDO DE AGUA (%)	PESO VOL. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	σ <sup>c</sup> CONFINAMIENTO (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sup>d</sup> DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )
1	68.6%	1.691	0.500	0.863
2	68.6%	1.693	1.000	0.861
3	68.6%	1.692	2.000	0.866

COMPRESION TRIAXIAL UU		
OBRA:	PTAR EL AHOGADO	
	SPT	13
MUESTRA	PROFUNDIDAD	FIG.
1	1.2 a 2.0	3

## CONSOLIDACION SPT 4 DE 2.75m a 3.75m

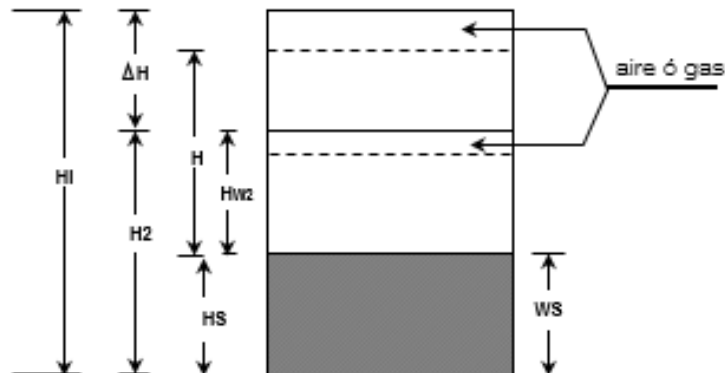
### CONSOLIDACIÓN PTAR EL AHOGADO

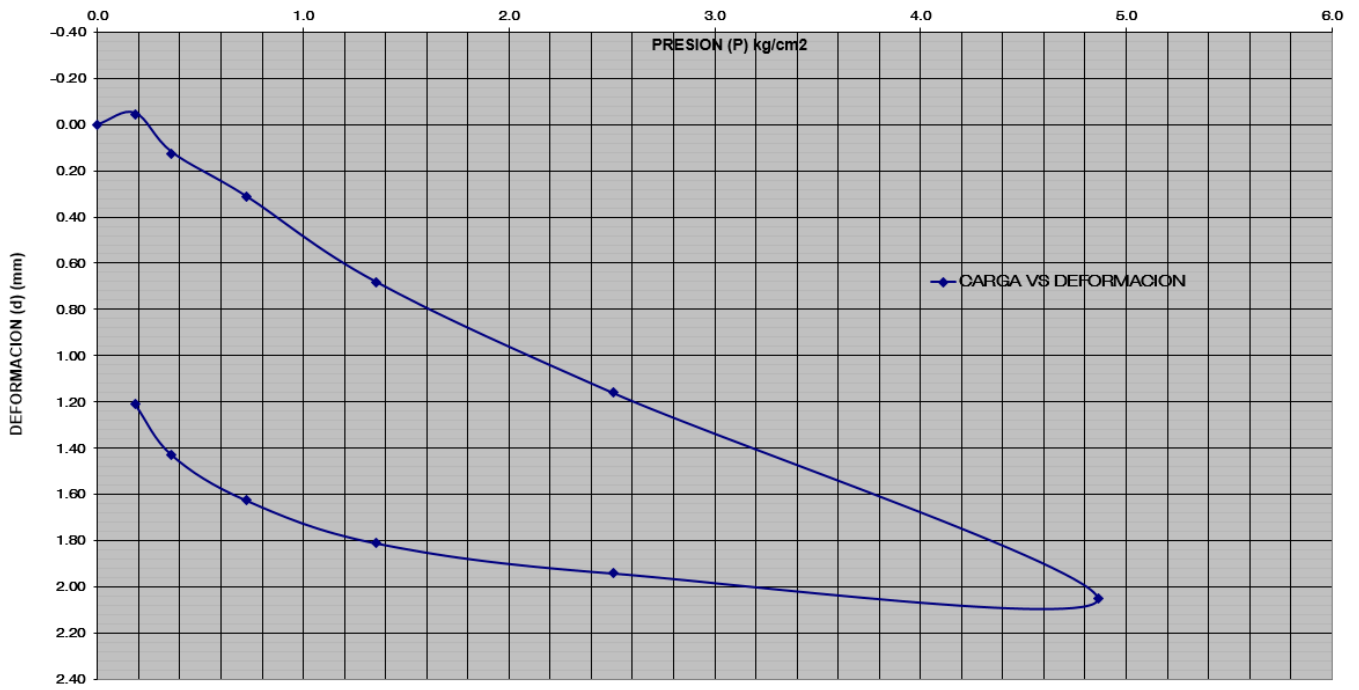
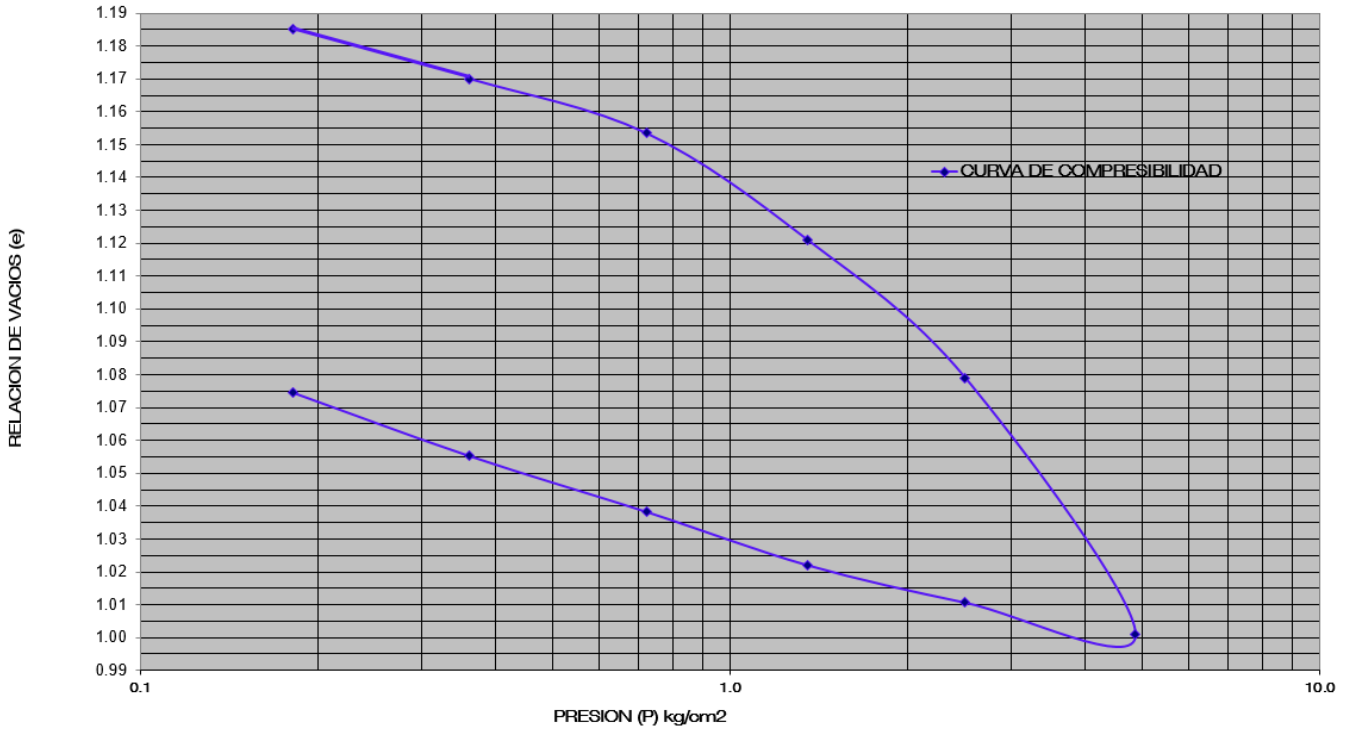
Muestra Standard Penetration Test SPT-4 Profundidad 2.75m a 3.75m

DETERMINACIÓN HUMEDAD	INICIO PRUEBA		TERMINO PRUEBA		DATOS GENERALES		
PESO DE LA TARA	58.10	gr	58.10	gr	DENSIDAD $\{S_s\}$	2.80	
PESO HUMEDO + TARA	184.80	gr	182.40	gr	LIMITE LIQUIDO	64.48	%
PESO SECO + TARA	147.60	gr	147.60	gr	LIMITE PLASTICO	33.33	%
PESO HUMEDO	126.70	gr	124.30	gr	INDICE PLASTICO	31.15	%
PESO SECO	89.50	gr	89.50	gr	GRADO SATURACIÓN (1)	98.58	%
PESO DEL AGUA	37.20	gr	34.80	gr	GRADO SATURACIÓN (2)	92.22	%
% DE HUMEDAD	41.56	%	38.88	%	Arcilla arena de alta plasticidad oscura		

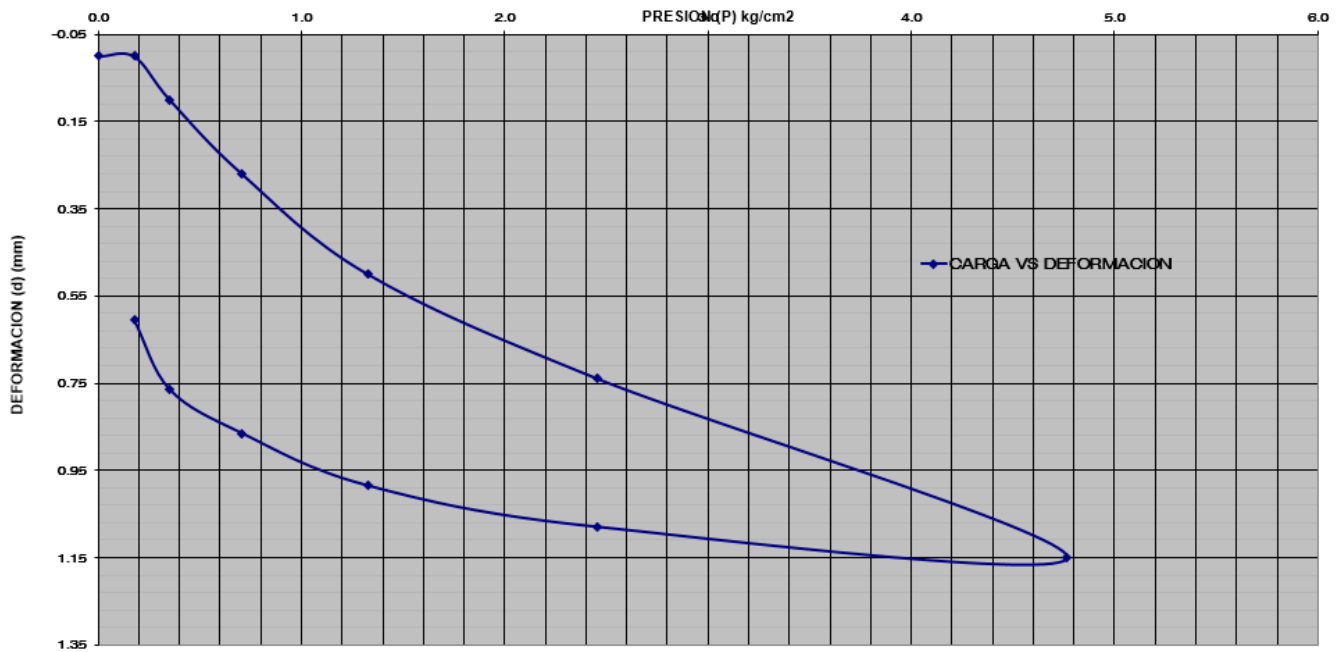
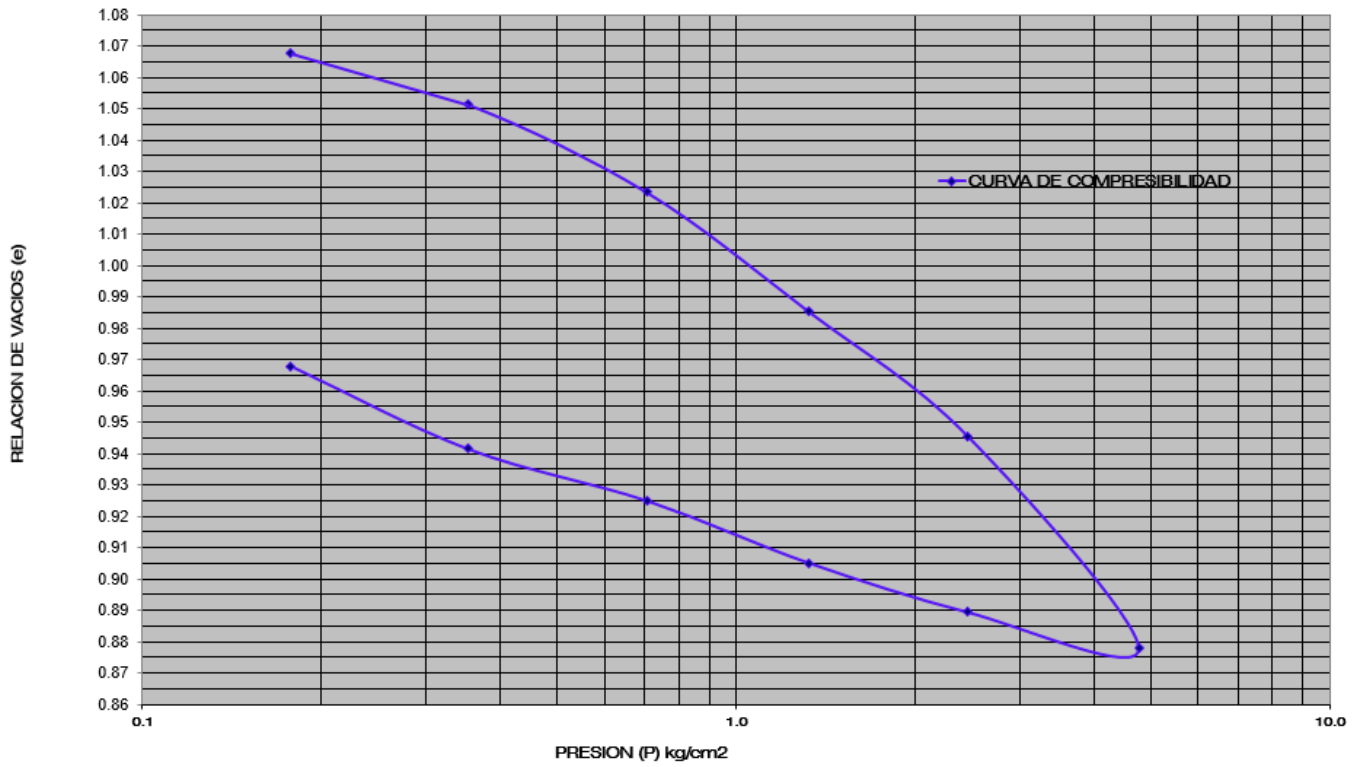
<b>Diametro del Anillo</b>	5.97	cm	<b>Altura del Anillo (HI)</b>	2.49	cm
<b>Peso Volumetrico Natural</b>	1818	kg/m <sup>3</sup>	<b>Area del Anillo</b>	27.99	cm <sup>2</sup>
	1783	kg/m <sup>3</sup>	<b>Volumen del Anillo</b>	69.70	cm <sup>3</sup>
<b>Peso Volumetrico Seco</b>	1284	kg/m <sup>3</sup>			

<b>Altura de Solidos (Hs)</b>	1.142	cm
<b>Deformación Final ( <math>\Delta H</math> )</b>	0.230	cm
<b>Altura Inicial de la Muestra</b>	2.490	cm
<b>Altura Final de la Muestra (H2)</b>	2.260	cm
<b>Altura Inicial del Agua (HW1)</b>	1.329	cm
<b>Altura Final del Agua (HW2)</b>	1.243	cm
<b>Relación de Vacios Inicial (e1)</b>	1.18	
<b>Relacion de Vacios Final (e2)</b>	1.07	











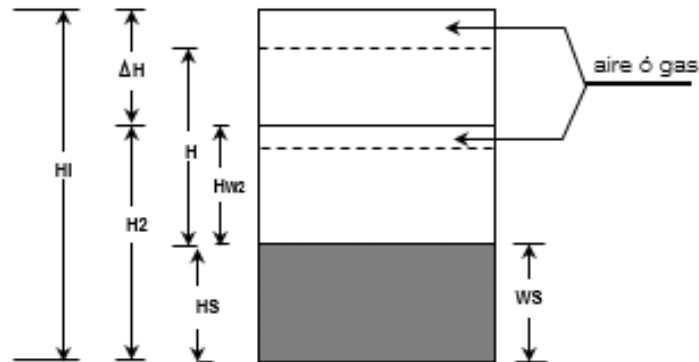
## CONSOLIDACION SPT 10 DE 1.20m a 2.00m

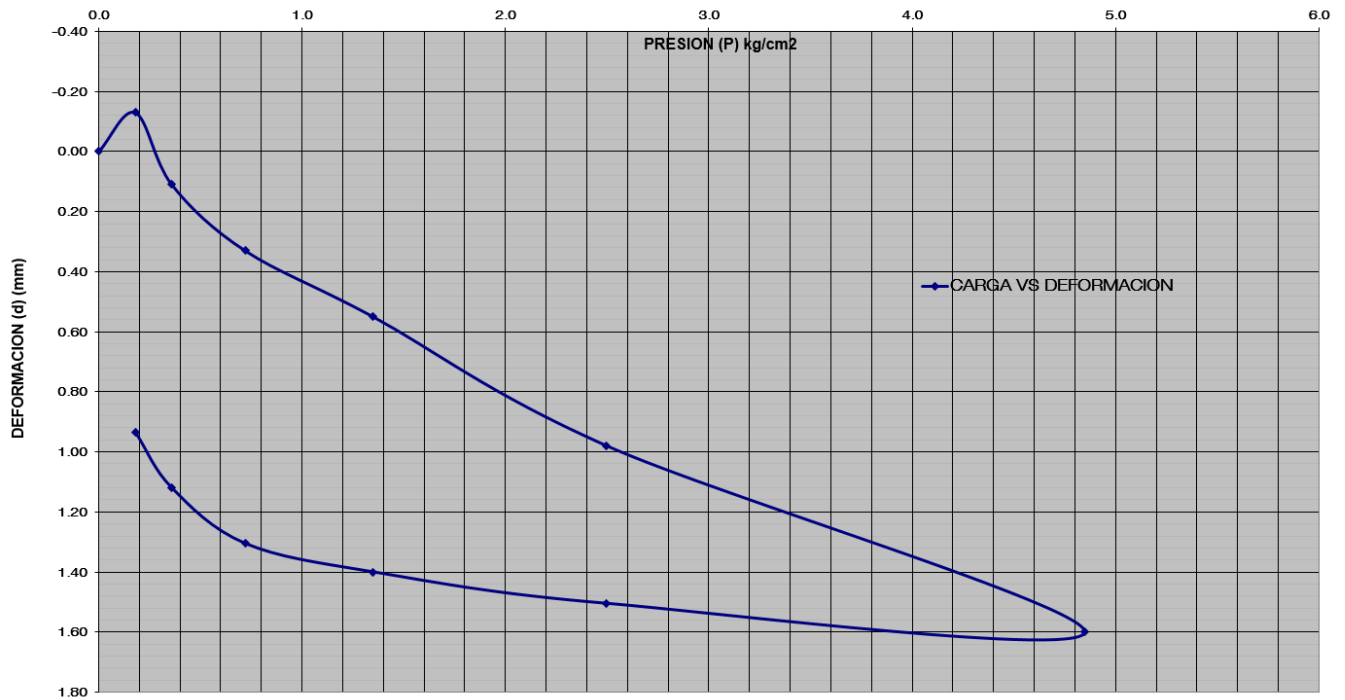
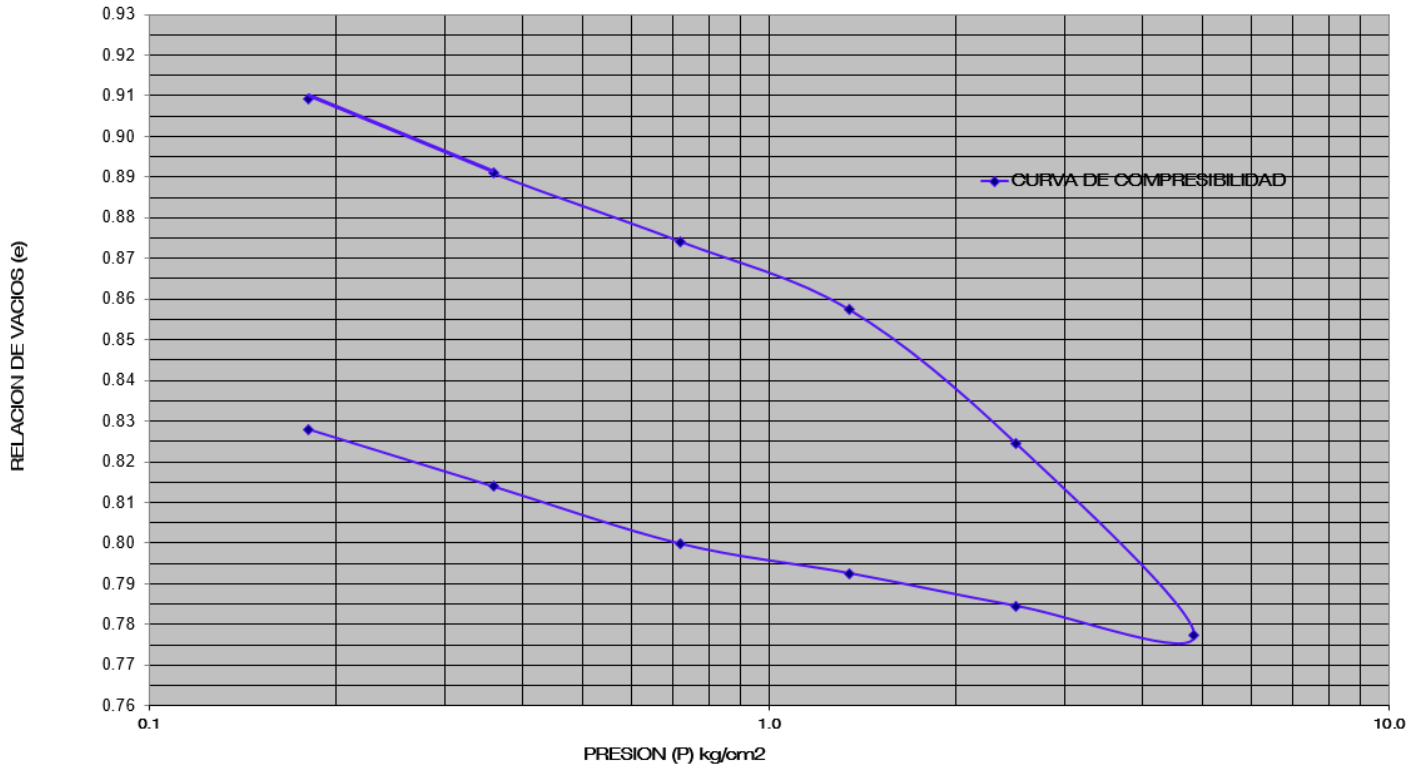
### CONSOLIDACIÓN PTAR EL AHOGADO

Muestra Standard Penetration Test SPT-10 Profundidad 1.20m a 2.00m

DETERMINACIÓN HUMEDAD	INICIO PRUEBA		TERMINO PRUEBA		DATOS GENERALES		
PEÑO DE LA TARA	57.00	gr	57.00	gr	DENSIDAD ( $S_s$ )	2.80	
PEÑO HUMEDO + TARA	192.40	gr	192.20	gr	LIMITE LIQUIDO	47.61	%
PEÑO SECO + TARA	160.10	gr	160.10	gr	LIMITE PLASTICO	24.70	%
PEÑO HUMEDO	135.40	gr	135.20	gr	INDICE PLASTICO	22.91	%
PEÑO SECO	103.10	gr	103.10	gr	GRADO SATURACIÓN (1)	97.54	%
PEÑO DEL AGUA	32.30	gr	32.10	gr	GRADO SATURACIÓN (2)	96.94	%
% DE HUMEDAD	31.33	%	31.13	%	Arcilla arena media plasticidad oscuro		

<b>Diametro del Anillo</b>		5.98	cm	<b>Altura del Anillo (H1)</b>	2.49	cm
<b>Peso Volumetrico Natural</b>	1936	kg/m <sup>3</sup>		<b>Area del Anillo</b>	28.09	cm <sup>2</sup>
	1933	kg/m <sup>3</sup>		<b>Volumen del Anillo</b>	69.93	cm <sup>3</sup>
<b>Peso Volumetrico Seco</b>	1474	kg/m <sup>3</sup>				
<b>Altura de Solidos (Hs)</b>		1.311	cm			
<b>Deformación Final ( <math>\Delta H</math> )</b>		0.940	cm			
<b>Altura Inicial de la Muestra</b>		2.490	cm			
<b>Altura Final de la Muestra (H2)</b>		1.550	cm			
<b>Altura Inicial del Agua (HW1)</b>		1.150	cm			
<b>Altura Final del Agua (HW2)</b>		1.143	cm			
<b>Relación de Vacios Inicial (e1)</b>		0.90				
<b>Relacion de Vacios Final (e2)</b>		0.83				





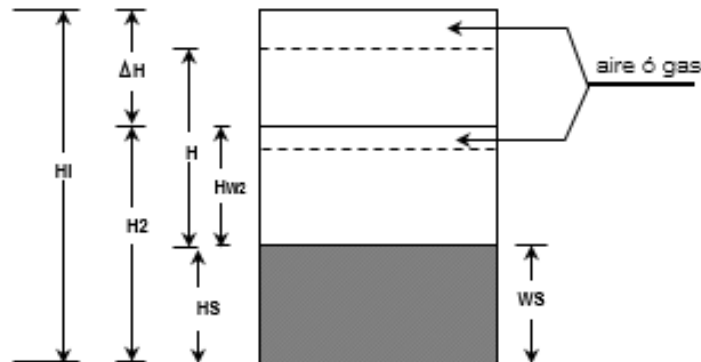
## CONSOLIDACION SPT 12 DE 1.20m a 2.00m

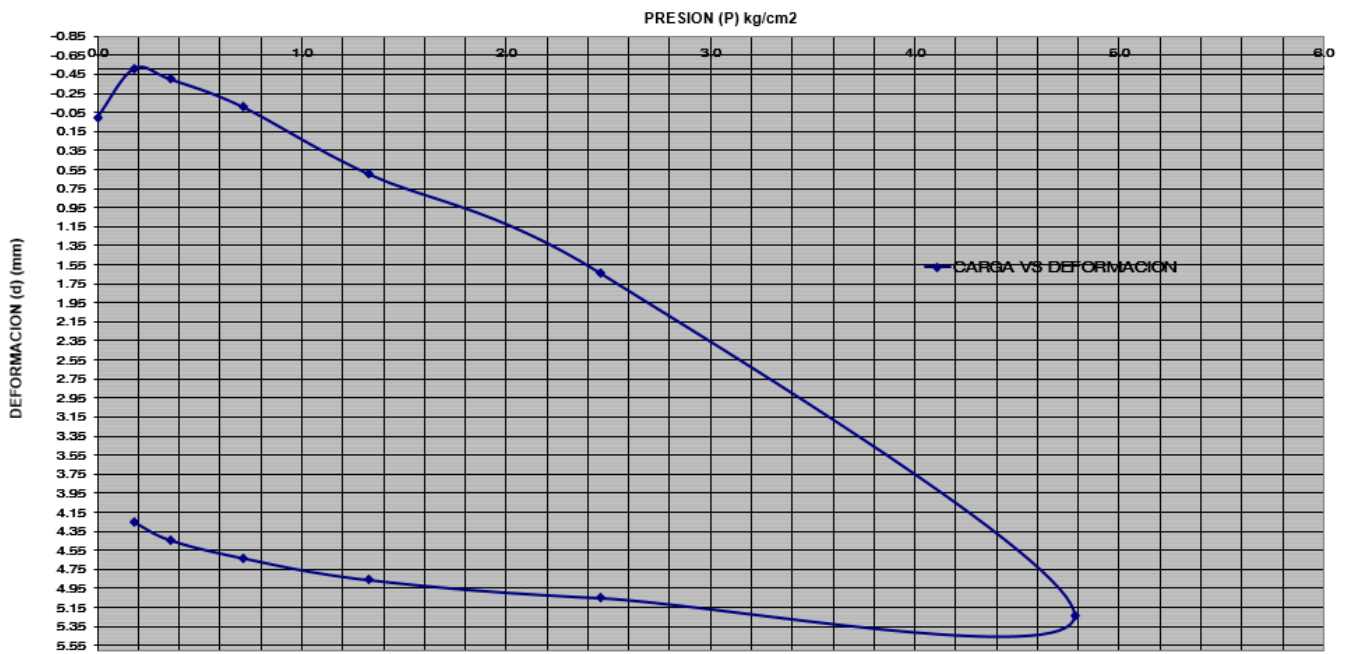
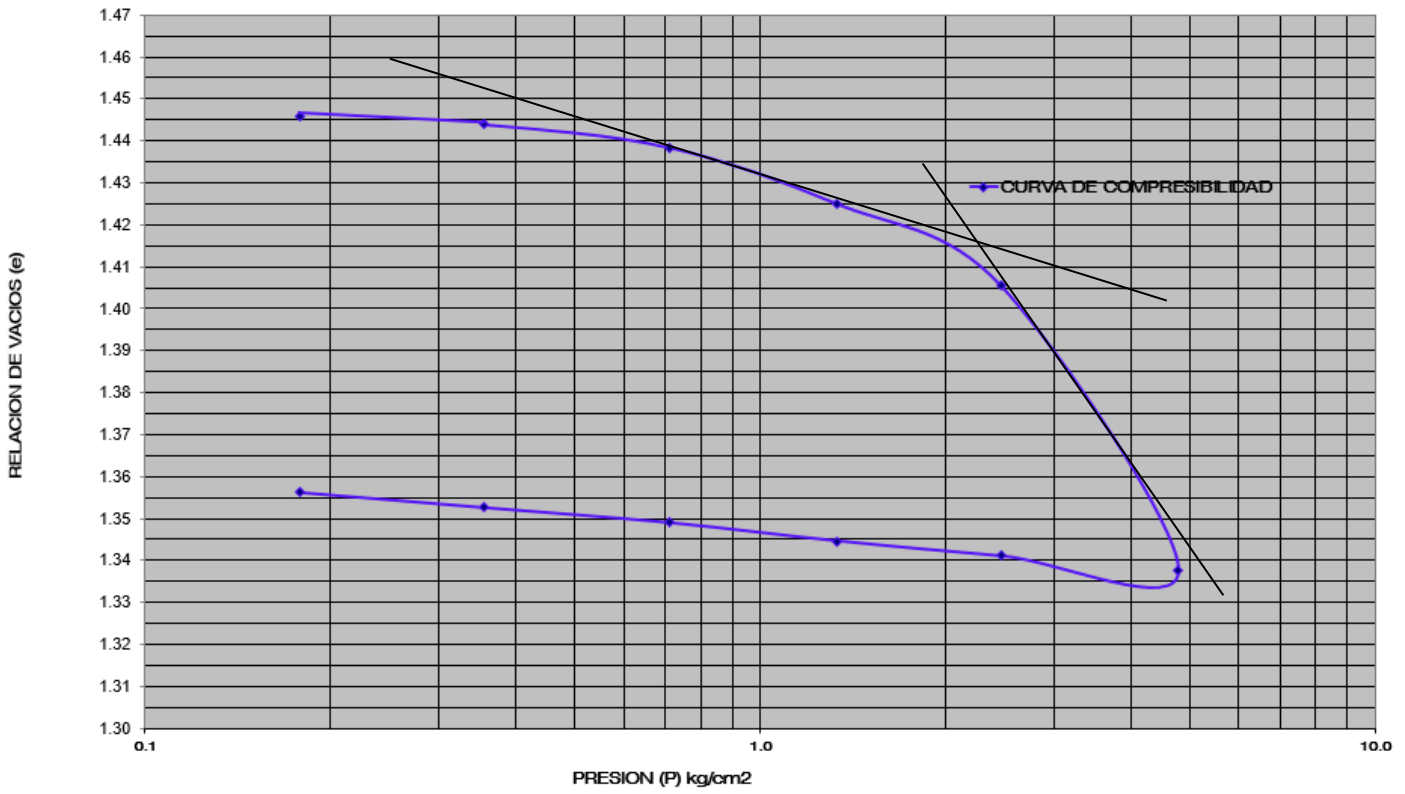
### CONSOLIDACIÓN PTAR EL AHOGADO

Muestra Standard Penetration Test SPT-12 Profundidad 1.20 m a 2.00m

DETERMINACIÓN HUMEDAD	INICIO PRUEBA		TERMINO PRUEBA		DATOS GENERALES		
PESO DE LA TARA	54.80	gr	54.80	gr	DENSIDAD ( $S_s$ )	2.80	
PESO HUMEDO + TARA	170.00	gr	164.40	gr	LIMITE LIQUIDO	131.60	%
PESO SECO + TARA	132.00	gr	132.00	gr	LIMITE PLASTICO	78.33	%
PESO HUMEDO	115.20	gr	109.60	gr	INDICE PLASTICO	53.27	%
PESO SECO	77.20	gr	77.20	gr	GRADO SATURACIÓN (1)	95.96	%
PESO DEL AGUA	38.00	gr	32.40	gr	GRADO SATURACIÓN (2)	81.81	%
% DE HUMEDAD	49.22	%	41.97	%	Arcilla arena alta plasticidad oscuro		

Anillo No.	3	Diametro del Anillo	6.02	cm	Altura del Anillo (HI)	2.36	cm
Peso Volumetrico Natural	1715	kg/m <sup>3</sup>			Area del Anillo	28.46	cm <sup>2</sup>
	1632	kg/m <sup>3</sup>			Volumen del Anillo	67.17	cm <sup>3</sup>
Peso Volumetrico Seco	1149	kg/m <sup>3</sup>					
Altura de Solidos (Hs)			0.969	cm			
Deformación Final ( $\Delta H$ )			5.300	cm			
Altura Inicial de la Muestra			2.360	cm			
Altura Final de la Muestra (H2)			-2.940	cm			
Altura Inicial del Agua (HW1)			1.335	cm			
Altura Final del Agua (HW2)			1.138	cm			
Relación de Vacios Inicial (e1)			1.44				
Relacion de Vacios Final (e2)			1.36				





## ESTRATIGRAFÍA

Utilizando los resultados de campo y laboratorio se elaboró la columna estratigráfica del suelo en cada sondeo según se presentan en las **figuras 3**. A continuación, en la **tabla 1**, se hace la descripción estratigráfica del subsuelo **utilizando los resultados del SPE-1**, este sondeo se tomará para realizar el posterior análisis, ver **Capítulo 5**, considerado con el más representativo.

**Tabla 1. ESTRATIGRAFÍA REPRESENTATIVA DE LA ZONA SPT-1**

Deposito	Profundidad en metros	Descripción
I	0.00 a 2.00	Limo arenoso con pocas gravas de baja plasticidad de consistencia compacta
II	2.00 a 3.5	Arcilla con algo de arena de alta plasticidad de consistencia compacta. Nivel freático superficial a los 3.50 m.
III	3.5 a 15.00	Se encontró fragmentos de roca y boleos empacados en una matriz de arcilla de media plasticidad.

**Tabla 2. ESTRATIGRAFÍA REPRESENTATIVA DE LA ZONA SPT-2**

Deposito	Profundidad en metros	Descripción
I	0.00 a 2.00	Arcilla arena con algo de gravas de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta
II	2.00 a 3.00	Arcilla arena de alta plasticidad de consistencia compacta
III	3.00 a 5.50	Arcilla de alta plasticidad de color oscuro de consistencia semi compacta-compacta.
IV	5.50 a 7.50	Arcilla con algo de arena y grava de alta plasticidad de color oscuro de consistencia compacta. Nivel freático superficial a los 7.00 m.

<b>V</b>	7.50 a 11.50	Arcilla con algo de arena de alta plasticidad de color oscuro de consistencia compacta.
<b>VI</b>	11.50 a 13.00	Arcilla de alta plasticidad de color oscuro de consistencia compacta.

**Tabla 3. ESTRATIGRAFÍA REPRESENTATIVA DE LA ZONA SPT-3**

<b>Deposito</b>	<b>Profundidad en metros</b>	<b>Descripción</b>
<b>I</b>	0.00 a 2.00	Arcilla con arena de alta plasticidad de color café de consistencia semi compacta-compacta.
<b>II</b>	2.00 a 3.5	Arcilla con arenas de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta
<b>III</b>	3.5 a 5.50	Arcilla con algo de arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia semi compacta
<b>IV</b>	5.50 a 13.00	Arcilla de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta. Nivel freático superficial a los 6.50 m.

**NOTA:** durante la exploración y prueba de laboratorio se detectó un mal olor en los materiales encontrados.

**Tabla 4. ESTRATIGRAFÍA REPRESENTATIVA DE LA ZONA SPT-4**

<b>Deposito</b>	<b>Profundidad en metros</b>	<b>Descripción</b>
<b>I</b>	0.00 a 4.00	Arcilla con algo de arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia semi compacta-compacta.
<b>II</b>	4.00 a 6.00	Arcilla con algo de arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta.
<b>III</b>	6.00 a 8.00	Arcilla arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta. Nivel freático superficial a los 7.50 m.

**Tabla 5. ESTRATIGRAFÍA REPRESENTATIVA DE LA ZONA SPT-5**

Deposito	Profundidad en metros	Descripción
I	0.00 a 2.00	Arcilla con arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta
II	2.00 a 5.50	Arcilla con arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia semi compacta-compacta.
III	5.50 a 9.00	Arcilla con algo de arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia semi compacta-compacta. Nivel freático superficial a los 6.50 m.
IV	9.00 a 12.50	Arcilla con algo de arena con algo de gravas de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta.

**Tabla 6. ESTRATIGRAFÍA REPRESENTATIVA DE LA ZONA SPT-6**

Deposito	Profundidad en metros	Descripción
I	0.00 a 2.50	Limo arenoso arcilloso con pocas gravas de alta plasticidad de color oscuro de consistencia semi compacta- compacta.
II	2.50 a 5.50	Arcilla arena de alta plasticidad de color oscuro de consistencia blanda a media.
III	5.50 a 8.50	Arcilla arena de alta plasticidad de color oscuro de consistencia semi compacta-compacta. Nivel freático superficial a los 7.00 m.
IV	8.50 a 11.50	Arcilla grava arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta

**NOTA:** durante la exploración y prueba de laboratorio se detectó un mal olor en los materiales encontrados.

**Tabla 14. ESTRATIGRAFÍA REPRESENTATIVA DE LA ZONA SPT-14**

<b>Deposito</b>	<b>Profundidad en metros</b>	<b>Descripción</b>
<b>I</b>	0.00 a 1.00	Relleno arcilla con arena y gravas de media plasticidad de consistencia compacta
<b>II</b>	1.00 a 4.50	Arcilla con arena con algo de gravas de color oscuro de alta plasticidad de consistencia compacta.
<b>III</b>	4.50 a 6.00	Arena Arcillosa de alta plasticidad de color oscuro de compacidad semi compacta. Nivel freático superficial a los 4.60 m.
<b>IV</b>	6.00 a 11.00	Arcilla con arena color oscuro de alta plasticidad de consistencia semi compacta-compacta
<b>V</b>	1.00 a 15.00	Arcilla con arena de color oscuro de alta plasticidad de consistencia semi compacta-compacta.

Localización del nivel del agua superficial encontrado en el subsuelo en los sondeos exploratorios SPT durante la exploración:

SPT 1 a 3.50 m de profundidad  
 SPT 2 a 7.00 m de profundidad  
 SPT 3 a 6.50 m de profundidad  
 SPT 4 a 7.50 m de profundidad  
 SPT 5 a 6.50 m de profundidad  
 SPT 6 a 7.00 m de profundidad  
 SPT 7 a 6.60 m de profundidad  
 SPT 8 a 7.35 m de profundidad  
 SPT 9 a 7.00 m de profundidad  
 SPT 10 a 6.00 m de profundidad  
 SPT 11 a 6.80 m de profundidad  
 SPT 12 a 6.60 m de profundidad  
 SPT 13 a 6.50 m de profundidad  
 SPT 14 a 4.60 m de profundidad

Se observa que el nivel del agua superficial en el subsuelo durante la exploración se encontró en una profundidad entre 4.60 m a 7.50 m probablemente debido al nivel del brocal del sondeo o que la recuperación del agua sea un poca tardía en algunos sondeos por el tipo de material, además se deberá de considerar que en el temporal de lluvia el nivel del agua sea menor.



Durante la exploración y recuperación de las muestras obtenidas y durante la realización de las diferentes pruebas se detectó un mal olor putrefacto probablemente contaminación de los lixiviados en las zonas de los SPT 3, 6 y 7, con un menor mal olor en los SPT 8, 9 y 10.

## ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Este análisis está basado en los resultados arrojados de los trabajos de campo y de laboratorio.

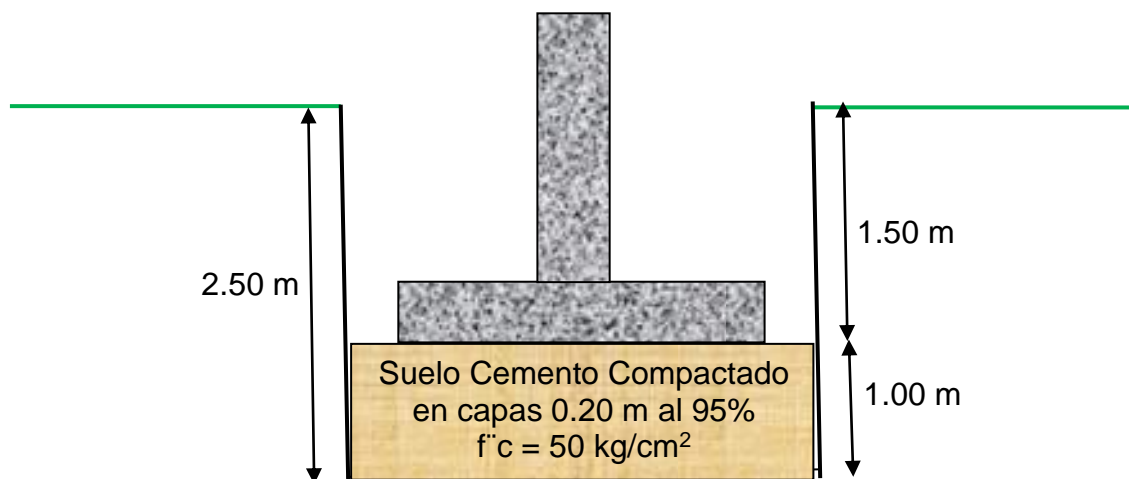
mediante zapatas cuadradas o corridas La estratigrafía del subsuelo del predio en estudio está formada por depósitos principalmente arcillosos con arenas y limos, de color oscuro, de consistencia blanda a muy compactos, en las pruebas de consolidación se presentó expansión de los materiales arcillosos con presiones mayores de  $3.61 \text{ ton/m}^2$ . El nivel del agua superficial se encontró en una profundidad entre 4.60 m a 7.50 m, así como la presencia de malos olores en zona que ya se indicaron. En las pruebas triaxiales arrojaron resultados del ángulo de fricción interna del orden de  $0^\circ$  a  $6^\circ$  y una cohesión  $C = 3$  a  $9.4 \text{ ton/m}^2$ . En la zona de los SPT 1, se encontró fragmentos de roca o boleto empacado en una matriz de arcilla de alta plasticidad a los 3.00 m de profundidad y más profundo entre 8.00 a 10.00 m de profundidad en los SPT 2, 3, 4, 5 y 6. En el resto se encontró la arcilla muy compacta a la profundidad de los 12.00 m.

Su consistencia aumenta con la profundidad a muy compacta por lo que se reduce su deformabilidad y aumenta sus parámetros de resistencia al esfuerzo cortante. Estos materiales son adecuados desde el punto de vista de asentamientos y capacidad de carga para las soluciones de cimentación.

## Solución de cimentación

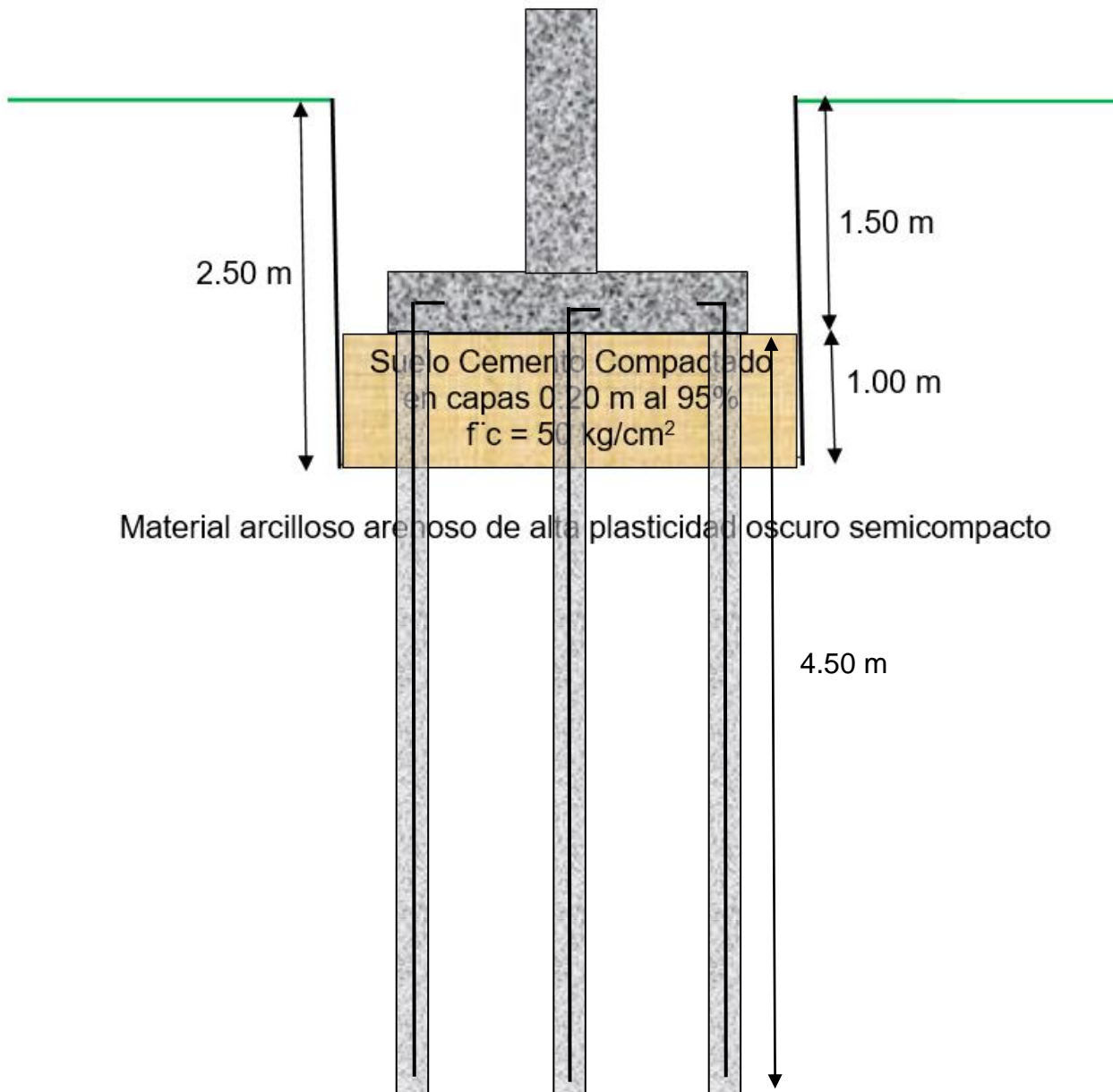
Considerando la estratigrafía del subsuelo, las propiedades de los materiales, su resistencia y las características de las estructuras, se presenta a continuación la recomendación de cimentación:

A.- Alternativa de cimentación con zapatas cuadradas o corridas, desplantadas de 2.50 m de profundidad, con relación al nivel de terreno actual (nivel del brocal del SPT) pero siempre deberá de estar enterrada la cimentación mínima 1.50 m. donde exista niveles menores o cuando se utilice una capa de suelo cemento.



Material arcilloso arenoso de alta plasticidad oscuro semicompacto

B.- Alternativa de cimentación con zapatas cuadradas o corridas, desplantadas de 2.50 m de profundidad, con relación al que nivel de terreno actual (nivel del brocal del SPT). Para aumentar la capacidad de carga y disminuir los asentamientos se recomienda la cimentación este desplantada sobre micropilas de concreto hidráulico de 0.20 m de diámetro a una profundidad de 4.50 m (6.00 m de profundidad).



C.- Alternativa de cimentación a base de pilas coladas en sitio a las profundidades de 8.00, 10.00 y 12.00 m sobre manto arcilloso compacto y cuando se requiera sobre fragmento de roca o boleo empacados en una matriz de arcilla solicitar esta condición de acuerdo con las condiciones y estructura que se pretenda construir.

### Capacidad de carga

#### a) Zapatas cuadradas alternativa A.

La capacidad de carga del suelo está determinada por los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de los depósitos que quedarán bajo ellas.

Para calcularla se usó la expresión (1) Ref. 3.

$$q_{ad} = 1/FS (cN_c + 1/2B\gamma N_\gamma + \gamma\sigma_{od} N_q) Dr \quad (1)$$

en donde

$q_{ad}$	capacidad de carga neta admisible del suelo, en $t/m^2$
FS	factor de seguridad, adimensional
c	parámetro de cohesión del material, en $t/m^2$
$N_c, N_q, N_\gamma$	factor de capacidad de carga, adimensional
$\sigma_{od}$	esfuerzo efectivo al nivel de apoyo, en $t/m^2$
$\gamma$	peso volumétrico del suelo por debajo del nivel de apoyo, en $t/m^3$
B	semi-ancho del área cargada, en m
Dr	densidad relativa del depósito de apoyo, adimensional.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión (1) y empleando un factor de seguridad de 3, se obtuvo una capacidad de carga neta admisible reducida por asentamientos de **10.50 ton/m<sup>2</sup>. Asentamientos menores de 2.50 cm.** Para una cimentación formada por zapatas desplantadas de 2.50 m de profundidad, con relación al nivel de terreno actual o brocal del SPT. Para control de los asentamientos. Previo relleno de suelo cemento.

#### Zapatas cuadradas apoyada en micropilas alternativa B.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión (1) y empleando un factor de seguridad de 3, se obtuvo una capacidad de carga neta admisible reducida por asentamientos de **18.00 ton/m<sup>2</sup>. Asentamientos menores de 1.50 cm.** Con relación al nivel de terreno actual (nivel del brocal del SPT) cimentación formada por zapatas desplantadas de 2.50 m de profundidad, previo por utilizar una capa de suelo cemento. Para el control de los hundimientos, incremento de capacidad de carga y resistencia a la tensión se recomienda utilizar micropilas de control de 0.20 m, de diámetro, de 4.50 m (el nivel de desplante de la

zapata será de menos 2.50 m y el nivel de desplante de la micropila será 6.00 m, con relación al nivel del terreno actual o brocal del SPT, la capacidad de carga admisible será de  $Q_{ad} = 4$  toneladas (considerando un factor de seguridad de 2) y a la resistencia a tensión será de  $Q_{ad} = 2.5$  toneladas (considerando un factor de seguridad de 1.5). se consideran de dos a tres micropilas por cada metro cuadrado mínimo su distribución que sea tresbolillo.

Las micropilas serán de 0.20 m de diámetro y una longitud efectiva de 4.50 m, desplantada en el nivel menos 6.00 m, con concreto hidráulico de  $f'c = 200$  kg/cm<sup>2</sup>, con una varilla corrugada de 1" en el centro anclada en el armado de la zapata para la resistencia a la tensión.

El suelo cemento en proporción en volumen 10:1 el que de una resistencia superior de  $f'c = 50$  kg/cm<sup>2</sup>, la mezcla será con el material de banco arena limosa (en volumen) mezclando cemento (en peso).

### Asentamientos

#### a) Zapatas.

Los hundimientos que sufrirán las zapatas se calcularon utilizando la expresión (4) Ref. 3.

$$\delta = \sum M_{ep} (1 + k_v) \sigma d \quad (4)$$

en donde

$\delta$	asentamiento total, en cm
$M_{ep}$	módulo de deformación unitaria elastoplástica, cm <sup>2</sup> /kg
$k_v$	relación entre la deformación diferida y la deformación elástica inmediata, adimensional
$\sigma$	Incremento medio de esfuerzo en el estrato de estudio, en kg /cm <sup>2</sup>
$d$	espesor de los estratos deformables, en cm.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión (4) se obtuvo que el asentamiento total máximo esperado en las zapatas, menores de 2.50 cm.

### Capacidad de carga de pilas en arcilla

La formula para arcillas saturadas con  $\phi' = 0$ , el factor de capacidad de carga  $N_q$  en la ecuación (3) es igual a 1. Así pues, para este caso,

$$Q_{p(neta)} = A_p C_u N_c F_{cs} F_{cd} F_{cc} \quad (3)$$

donde  $C_u$  = cohesión no drenada. Suponiendo que  $L > 3D_b$ , se puede reescribir la ecuación (4) como:

$$Q_{p(neta)} = A_p C_u N_c * \quad (4)$$

Donde  $N^*c = N_c F_{cs} F_{cd} F_{cc} = 1.33[(\ln I_r) + 1]$  en donde  $I_r$  = índice de rigidez del suelo. El índice de rigidez del suelo se definió en la ecuación (5). Para  $\phi = 0$ ,

$$I_r = \frac{E_s}{3C_u} \quad (5)$$

O'Neill y Reese (1999) proporcionaron una relación aproximada entre  $C_u/E_s$  y  $3C_u$ . Para todos los fines prácticos, si  $C_u/P_a$  es igual a/o mayor que 1 ( $P_a$  = presión atmosférica < 100 kN/m<sup>2</sup>), entonces la magnitud de  $N^*c$  se puede tomar igual a 9. Experimentos de Whitaker y Cooke (1966) demostraron que, para pilas acampanadas, el valor total de  $N^*c=9$  se logra con un movimiento de la base de aproximadamente 10 a 15% de  $Db$ . De manera similar, para pilas rectas ( $Db=Ds$ ), el valor completo de  $N^*c=9$  se obtiene con un movimiento de la base de aproximadamente 20% de  $Db$ . La expresión para la resistencia superficial de pilas perforadas en arcilla es similar a la ecuación (6):

$$Q_s = \sum_{L=0}^{L=L_1} \alpha^* C_u p \Delta L \quad (6)$$

Kulhawy y Jackson (1989) reportaron los resultados de pruebas de campo de 106 pilas perforadas, 65 sometidas a levantamiento y 41 a compresión. La mejor correlación obtenida de los resultados es:

$$\alpha^* = 0.21 + 0.25 \left( \frac{P_a}{C_u} \right) \leq 1 \quad (7)$$

donde  $P_a$  = presión atmosférica < 100 kN/m<sup>2</sup>.

Los valores del ángulo de fricción interna y cohesión fueron tomados de las diferentes pruebas de laboratorio y de campo.

**TABLA DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE Y ASENTAMIENTOS, POR DIÁMETRO DE LA PILA COLADA EN SITIO Y PROFUNDIDAD EN ARCILLA PARA LOS SPT 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Y 8**

Profundidad m	Capacidad de Carga Diámetro Pila 0.8 m	Capacidad de Carga Diámetro Pila 1.0 m	Capacidad de Carga Diámetro Pila 1.2 m	Asentamientos cm
8.00	60 ton	80 ton	110 ton	2.50
10.00	80 ton	100 ton	130 ton	2.50
12.00	100 ton	120 ton	150 ton	2.50

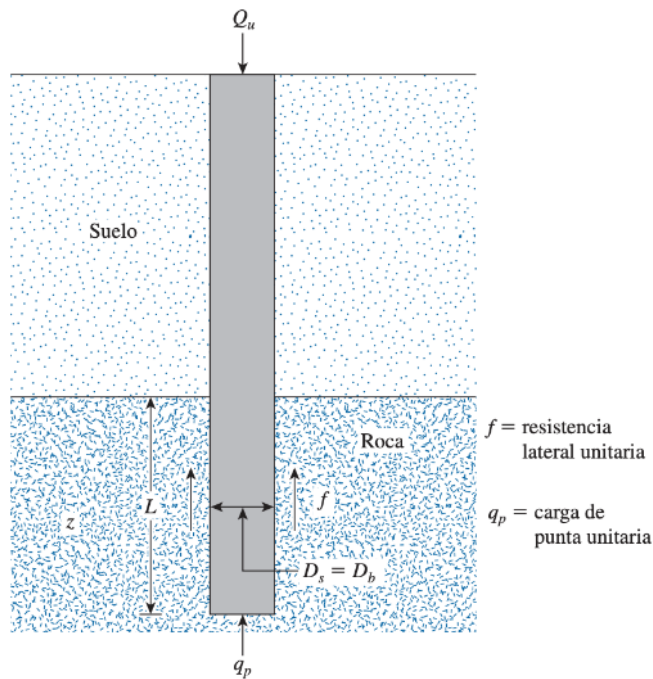
Nota: en el sondeo SPT 1 a la profundidad de 3.00 se presentó la presencia de fragmentos de roca o boleado empacado en una matriz de arcilla de alta plasticidad y en el 4 y 6 a 8.00 m de profundidad, el resto probablemente a los 12.00 m. esta condición será muy irregular el

nivel de desplante de las pilas coladas en sitio por lo que requerirá una buena supervisión durante su desplate.

Recomendado para este tipo de estructuras cabe señalar que esta capacidad de carga se modificó por asentamientos. Se debe de considerar el nivel del agua superficial que se localizó a la profundidad de 3.50 m a 7.50 m para su perforación y construcción.

### 12.13 Pilas perforadas prolongadas hasta la roca

En la sección 12.1, se hizo notar que las pilas perforadas se pueden prolongar hasta un estrato de roca. En la figura 12.28 se muestra una pila perforada cuya profundidad de empotramiento es igual a  $L$ . Cuando se consideren pilas perforadas en roca, se pueden encontrar varias correlaciones entre la capacidad de carga de punta y la *resistencia a la compresión simple de rocas intactas*,  $q_u$ . Es importante reconocer que, en el campo, las rocas tienen grietas, uniones y discontinuidades, y que la influencia de estos factores se deben considerar. Teniendo en cuenta esto, Zhang y Einstein (1998) analizaron una base de datos de 39 pruebas en pilas perforadas a escala natural en las que las bases de



**Figura 12.28** Pila perforada empotrada en roca.

**680 Capítulo 12: Cimentaciones con pilas perforadas**

las pilas se colaron sobre o en *roca suave* generalmente con cierto grado de junteado. Con base en estos resultados, ellos propusieron

$$Q_{u(\text{net})} = Q_p + Q_s = q_p A_p + f p L \quad (12.50)$$

donde la capacidad de carga de punta  $Q_p$  se puede expresar como

$$Q_p(\text{MN}) = q_p A_p = [4.83 (q_u \text{ MN/m}^2)^{0.51}] [A_p (\text{m}^2)] \quad (12.51)$$

En la figura 12.29 se muestra la gráfica de  $q_p$  (MN/m<sup>2</sup>) contra  $q_u$  (MN/m<sup>2</sup>) obtenida a partir de los datos sobre los cuales se basa la ecuación (12.51).

Además, la resistencia lateral  $Q_s$  es

$$Q_s(\text{MN}) = f p L = [0.4 (q_u \text{ MN/m}^2)^{0.5}] [\pi D_s (\text{m})] [L (\text{m})] \quad (12.52)$$

(para receptáculo liso)

y

$$Q_s(\text{MN}) = f p L = [0.8 (q_u \text{ MN/m}^2)^{0.5}] [\pi D_s (\text{m})] [L (\text{m})] \quad (12.53)$$

(para receptáculo rugoso)

## 5.2. Regionalización sísmica

El sitio donde se construirá la obra está localizado en la **zona C** de la Carta de regionalización Sísmica de la República Mexicana, se debe de considerar que la estructura este capacitada para soportar un sismo intenso. Se presenta esta carta en la **figura 42**.



## Construcción de Terraplenes, Estructuras de Vialidades y Patio de Maniobras y Formación de Bordos en el Monorrelleno.

En el área donde se ubica el Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, se propone realizar en las celdas adicionales 1 y 2 al menos 4 sondeos a cielo abierto, para conocer la calidad de los materiales y verificar si estos materiales se pueden usar para formar bordos en el Monorrelleno. Además, en los bordos existentes de la macro celda se propone realizar al menos 9 sondeos mixtos a 15 metros de profundidad o hasta que se alcance el estrato de roca o resistente.

En el predio de la Lengüeta se propone realizar al menos 3 sondeos a cielo abierto. Para conocer los materiales y verificar si estos materiales se pueden usar para formar bordos en el monorrellenos.

En la zonas de estudio se localizó superficialmente y en las capas superficiales materiales arcilla arena limos, algunos saturado, de media a alta plasticidad, de consistencia media por estas condiciones se considera un material que se debe de retirar para formar un cuerpo de terraplén o rellenos mejorados y compactados.

También se pudo analizar que, acuerdo con los ensayos de California Bering Ratio (CBR) o Valor Relativo de Soporte V.R.S. en laboratorio, norma de referencia, **M-MMP-1-11/16**, los valores son menores del 1.0 a 6%, y expansión entre el 7.86 % a 1.88 para la, tal y como se presenta en las calidades de los materiales. Por esta razón se realizaron pruebas con el material del lugar (arcillas de alta plasticidad mejoradas con el 4% con cal viva (oxido de calcio)

### TABLA COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE ALGUNOS MATERIALES EN ESTADO NATURAL Y ESTABILIZADOS CON CAL VIVA (OXIDO DE CALCIO) DONDE OBSERVAMOS QUE SU CALIDAD MEJORA EN SUS PROPIEDADES

INFORME	PCA Y PROF.	PVSM	% HUMEDAD	VRS	%EXPANSION	L.L	I.P	CONTRACCIÓN LINEAL
1899	PCA 4 0.00-2.50m	1209	24.4	0.96	4.96	73.14	40.33	15.9
1899 Cal Viva	PCA 4 0.00-2.50m	1304	28.2	22.3	1.94	48.46	10.78	4.3
1898	PCA 5 1.50-1.70m	1276	22.9	1.44	3.36	36.98	11.98	4.8
1898 Cal Viva	PCA 5 1.50-1.70m	1323	21.4	35.8	1.08	33.85	-	1.4
1895	PCA 6 0.00-1.30m	1248	27.6	0.77	5.91	59.85	29.19	11.8
1895 Cal Viva	PCA 6 0.00-1.30m	1346	23.4	21.3	2.17	48.93	9.5	4
1897	PCA 7 0.00-2.00m	1061	27.1	2.7	1.88	73.23	17.35	6.8
1897 Cal Viva	PCA 7 0.00-2.00m	1189	23.9	24.2	0.93	49.2	8.63	3.3
1897 Cal Viva	PCA 7 0.00-2.00m	1305	25.5	37.5	0.62	32.07	-	1.47
1909	PCA 8 0.00-2.00m	1432	16.7	2.6	2.1	35.84	14.25	5.7
1909 Cal Viva	PCA 8 0.00-2.00m	1610	21.4	33.3	0.39	29.73	-	1.39
1913	PCA 9 0.00-2.00m	1332	23.9	5.81	2.18	67.84	20.15	8
1913 Cal Viva	PCA 9 0.00-2.00m	1378	21.4	35.9	0.31	40.23	-	1.39

Nota: Cal viva (óxido de calcio)

Los resultados obtenidos de los materiales encontrados en los pozos a cielo abierto se analizó su calidad obteniéndose valores del Valor Reactivo de Soporte (V.R.S) de 0.96, 1.44, 0.77, 2.70, 2.60 y 5.81 Al mejorar los materiales encontrados con el 4% de cal viva (óxido de calcio) nos resultaron valores superiores del Valor Reactivo de Soporte (V.R.S) de 22.3, 35.8, 21.3, 24.2, 37.5, 33.3 y 35.9. La expansión tuvo una disminución en el porcentaje de 4.95 a 1.94, de 3.36 a 1.08, de 5.91 a 2.17, de 1.88 a 0.93 y 0.62, de 2.1 a 0.39 y de 2.18 a 0.31. Así como la disminución del límite líquido, índice plástico y la contracción lineal.

Con estos resultados obtenidos de la estabilización del material con cal viva (óxido de calcio) podremos recomendar su utilización en los rellenos de las ampliaciones de las fosas de los monorrellenos y disminuir los ángulos de los taludes con sus respectivas recomendaciones y una estricta supervisión por el laboratorio de aseguramiento de la calidad acreditado por la entidad mexicana de acreditación ema.

Como se explicó anteriormente el suelo arcillosos arenoso de media a alta plasticidad, se encontró en el subsuelo, al estar en presencia de abundante agua, de acuerdo con nuestra referencia, consideraremos en función del CBR de los suelos, el espesor conveniente de las estructuras de terraplén, según el **Cuerpo de Ingenieros Militares de los E.U.A.**, para pavimentos flexibles. Ref.4. Y con los mencionado en el **PCA (Portland Cement Association)**, para pavimentos rígidos. Ref. 5.

Con lo mencionado se tomó un criterio muy general para la construcción de las dos diferentes tipos de estructuras de pavimento (flexibles y rígidas), con el fin de evitar confusiones en obra. Los terraplenes proyectados, serán mayores a 1.2 m, por lo que si consideramos la recomendación del método del **Cuerpo de Ingenieros Militares de los E.U.A.**, donde nos solicitan una estructura no menor de 1.3 m para valores del CBR < 2%, en el terreno natural que servirá de apoyo de las estructuras de pavimentos, plataformas y rellenos de las diferentes estructuras por construirse, esta condición se cumple perfectamente, en el caso del pavimento rígido, el **PCA (Portland Cement Association)**, nos solicita que la base (subrasante) de sustento del concreto, presente un valor mínimo de módulo de reacción del orden de 5.0 kg/cm<sup>2</sup>, verificado con un ensayo de placa, cumpliendo esta consideración y que las deformaciones no sean mayores a las permisibles, la estructura de pavimento es correcta.

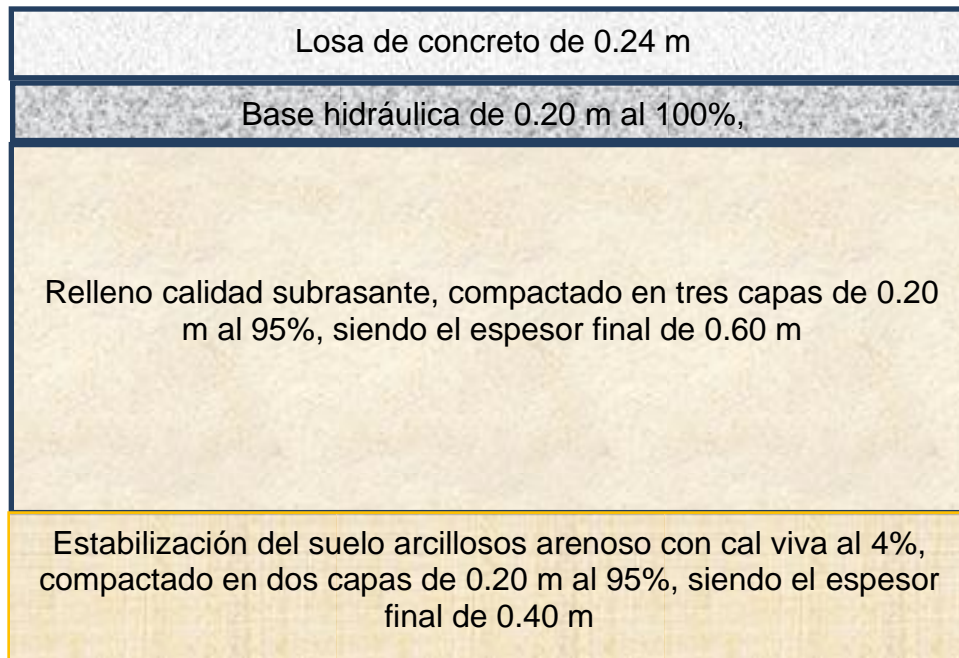
Es por ello por lo que al final, se generalizara la estructura de los diferentes pavimentos, exceptuando sus dos últimas capas, en el pavimento flexible. Así como en la construcción de las plataformas y rellenos en la construcción de los bordos del Monorrelleno. Para el desplante de las diferentes estructuras de terracería se recomiendan dos alternativas según las condiciones del subsuelo para su desplante.

## Propuesta uno (1)

En esta propuesta, se consideró, el material saturado en el fondo de la excavación y se estabilizara con cal viva al 4% en un espesor de 0.40 m y consideramos, que es la solución óptima. Analizando la información de los pozos a cielo abierto y del número de golpes (N), registrado y los ensayos de California Bering Ratio (CBR) en laboratorio, norma de referencia, **M-MMP-1-11/16**, recomendamos:

1. La primera acción es un desyerbe o despirme de quince centímetros (0.20 m), este material deberá de ser desalojado de la obra y no podrá ser utilizado, en ninguna estructura de terraplén o rellenos, salvo en las áreas destinadas de jardín o áreas verdes que en un futuro no presenten ampliación.
2. Cortar y retirar el espesor necesario para alojar las estructuras de los rellenos, plataformas y estructuras de vialidades, del material color café oscuro, arcilla arenosa. Este material si se desea reutilizar será para zonas de jardín o que se estabilice con cal viva (óxido de calcio).
3. Recomendamos la base de la excavación escarificar o remover en un espesor de 0.40 m, a este material añadir 4% de óxido de calcio (cal viva), mezclar y compactar con un rodillo o pata de cabra vibratoria, que tenga un peso del orden de las doce toneladas (12 t) como mínimo, esto con el fin de que este compacte los otros cuarenta centímetros (0.40 m). Lo que se busca con esta capa es que se reduzca el agua y su estabilización, la compactación con la mezcla del oxido de calcio será en dos capas de 0.20 m, ayudara a los trabajos de movimiento de tierras, evitando pérdidas de tiempo en la construcción. El grado de compactación sugerido para esta capa, es del 95%  $\pm 3\%$ , de su masa volumétrica seca máxima, obtenida de acuerdo con la norma de referencia **M-MMP-1-09/06**.
4. Sobre esta capa mejorada, colocar las capas de terraplén, calidad subrasante, cumpliendo con lo especificado en la norma de referencia, **N-CMT-1-03/02**, en capas de veinte centímetros (0.20 m), al 95%, de su masa volumétrica seca máxima, obtenida de acuerdo con la norma de referencia **M-MMP-1-09/06**. El espesor de esta capa es variable en la plataforma y rellenos, pero para pavimentos flexibles o rígidos no debe de ser menor de setenta centímetros (0.60 m). Se deberán de construir drenes para desalojar el agua de lluvia.

## Procedimiento Constructivo de La Plataforma



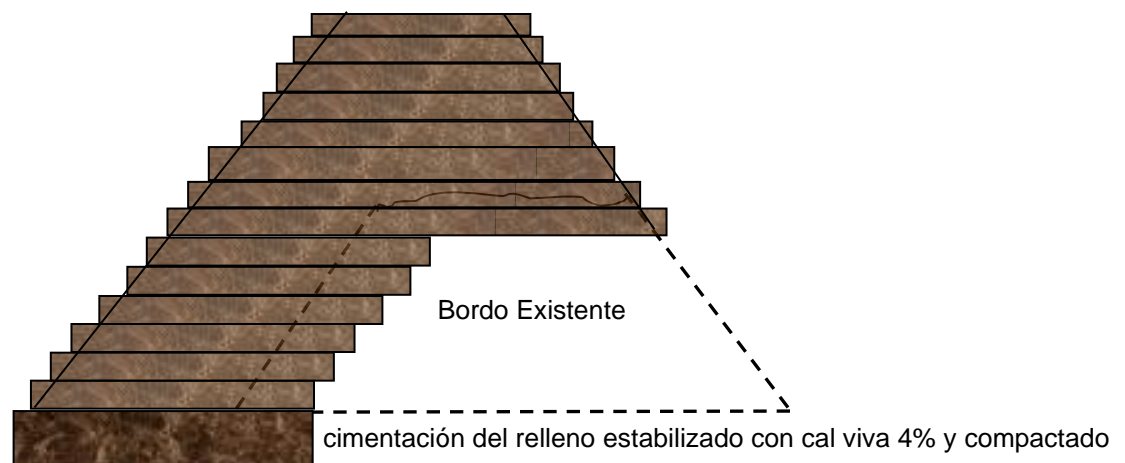
## Propuesta dos (2)

En esta segunda propuesta, se consideró, el material saturado en el fondo de la excavación y se presenta demasiado saturado y no permite el paso de los equipos y camiones para la construcción de las plataformas, se deberá de utilizar un piedraplen con tamaño máximo de 4" de diámetro. Analizando la información de los pozos a cielo abierto y del número de golpes (N), registrado y los ensayos de California Bering Ratio (CBR) en laboratorio, norma de referencia, **M-MMP-1-11/16**, recomendamos:

1. La primera acción es un desyerbe o despirme de quince centímetros (0.20 m), este material deberá de ser desalojado de la obra y no podrá ser utilizado, en ninguna estructura de terraplén o rellenos, salvo en las áreas destinadas de jardín o áreas verdes que en un futuro no presenten ampliación.
5. Cortar y retirar 1.00 m o lo que sea necesario para alojar las estructuras de terracería del material color café oscuro, arcilla arenosa. Este material si se desea reutilizar será para zonas de jardín o que se estabilice con cal viva (óxido de calcio) para otras estructuras.
2. Una vez que se llega al nivel de corte, y se observa una saturación en el fondo de la excavación, recomendamos construir bermas o canales de unos cuarenta centímetros (0.30 m) de profundidad, que permitan la captación del agua y desalojarla, mandando esta al punto más bajo del predio, una vez mitigado en nivel del agua, colocar un pedraplen con un tamaño máximo de 4", en un espesor mínimo de cuarenta

- centímetros (0.40 m), pero este podría ser mayor, ya que la roca podría incrustarse en el lodo, la piedra deberá de acomodarse con un rodillo o un tractor, de preferencia que este sea pesado, un tipo D8 o más, se recomienda que el pedraplén este formado de roca, para que la absorción del agua sea mínima, por parte del residente y supervisor de obra, se debe de percibir que la capa este estabilizada, o sea que no se observen baches, para ello deberán de estar minando el agua a las bermas o canales.
3. Una vez ya estabilizado el pedraplén, colocar una capa de grava-arena, como capa de transición, el espesor mínimo de esta deberá de ser del orden de los diez centímetros (0.10 m), al igual compactada o bandeada con rodillo pesado o tractor.
  4. Sobre la grava-arena, colocar las capas de terraplén, calidad subrasante, cumpliendo con lo especificado en la norma de referencia, **N-CMT-1-03/02**, en capas de veinte centímetros (0.20 m), al 95%, de su masa volumétrica seca máxima, obtenida de acuerdo con la norma de referencia **M-MMP-1-09/06**. El espesor de esta capa es variable, pero para pavimentos flexibles no debe de ser menor de 0.50 m. Es muy importante que el residente y supervisor, estén verificando en todo momento la presencia de baches. En caso de presencia de baches, agregar oxido de calcio, en un 2%, para bajar la humedad por el temporal, solo en la zona con bache.

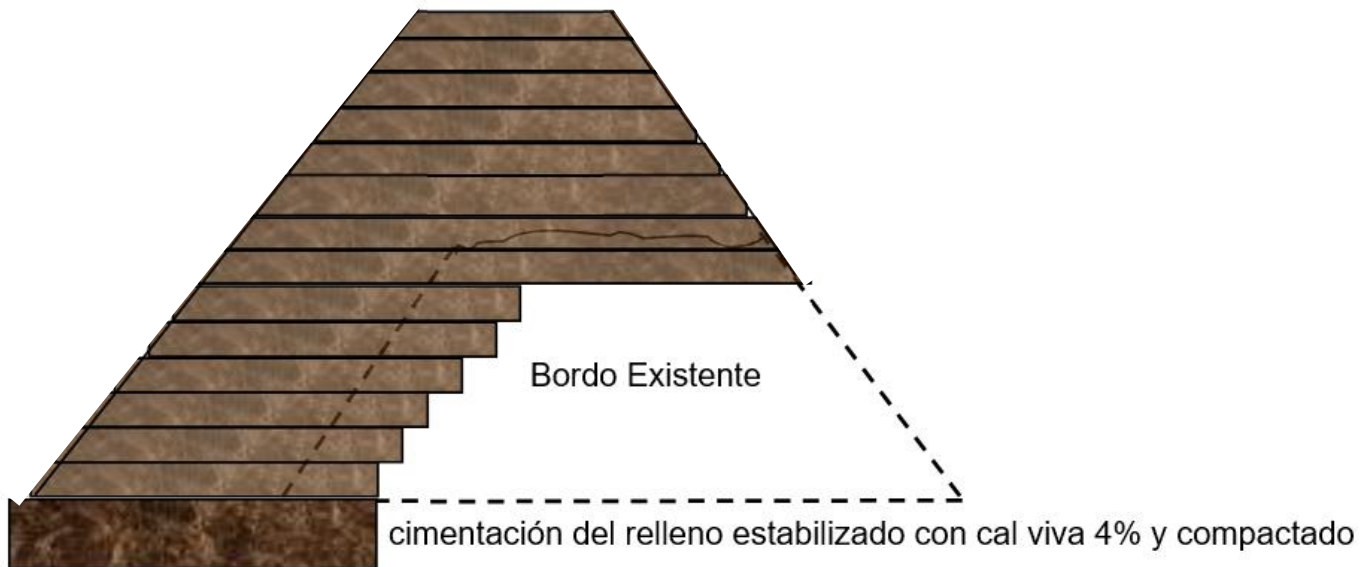
## Construcción de la ampliación de los bordos para las estructuras de los monorrellenos



Para la construcción de la ampliación de los bordos de las estructuras del Monorrelleno se debe de construir una cimentación para el desplante de los rellenos con material del lugar estabilizado con cal viva (oxido de calcio) al 4%, con un espesor mínimo de 0.60 m, compactado en capa de 0.20 m al 95%, con escalones de liga del bordo existente con la ampliación, la formación del bordo se realizara con material del lugar estabilizado con cal viva (oxido de calcio o material de banco con calidad de subrasante, en capas de 0.20 m de espesor, con su escalón de liga, se debe de considerar un sobre ancho de la capa para

cuando se forme el talud a  $50^\circ$  se corte los excedentes en estado suelto, compactado el 95%. En la superficie del borde se recomienda colocar una capa de material tezontle compactado con tamaño máximo de  $1\frac{1}{2}$ ", para el rodamiento de vehículos para su movilidad en operaciones o mantenimientos.

### FORMACIÓN DEL BORDO



### Pavimento flexible

El pavimento flexible, como su nombre lo indica está formado por una capa superficial, de un material flexible que permite ciertas deformaciones y cambios volumétricos y que solo tiene la función de proteger del intemperismo la estructura de soporte.

Esta estructura de soporte está conformada por materiales, que deben de cumplir con ciertas características, que ayuden a la trasmisión de cargas al suelo o a la disipación de estas en la misma estructura. Dicha estructura por lo general está formada por una capa de asfalto o concreto asfáltico, como el material flexible, subyaciendo se localiza una capa de base hidráulica, subyaciendo a esta una subbase y por último una subrasante, apoyadas en una capa de suelo cal viva, como estructura básica.

Como se mencionó anteriormente, el análisis del diseño por el método del **Cuerpo de Ingenieros Militares de los E.U.A.**, para pavimentos flexibles. Ref.4. nos sugiere una estructura del pavimento del orden de 1.20 m de espesor, considerando las estructura del corte y terraplén del orden de setenta centímetros (0.60 m), proponemos sobre el terraplén,

una capa de subbase, que cumpla con la calidad sugerida en la norma **N-CMT-4-02-001/16**, de veinte centímetros (0.2 m) de espesor, compactada al 95%  $\pm$ 1%, de su masa volumétrica seca máxima, obtenida de acuerdo con la norma de referencia **M-MMP-1-09/06**, sobre esta una base hidráulica, que cumpla con la calidad sugerida en la norma **N-CMT-4-02-002/16**, de veinte centímetros (0.2 m) de espesor, compactada al 100%  $\pm$ 1%, de su masa volumétrica seca máxima, obtenida de acuerdo con la norma de referencia **M-MMP-1-09/06**. Sobre esta colocar una carpeta asfáltica, con un espesor del orden de seis centímetros (0.06 m) para vehículos ligeros y ocho centímetros (0.08 m) para vehículos pesados. Se recomienda que el asfalto se coloque en la temperatura adecuada, que ronda de entre los 140°, para que exista una buena compactación (mínimo 95%), la base deberá de estar libre de charcos de agua, pero esta si debe de estar húmeda.

Para conocer el grado de compactación del asfalto, se deberán de realizar en primer lugar pruebas al asfalto y después obtención de núcleos en la carpeta ya compactada, medir los espesores del asfalto durante su compactación. No realizar estos trabajos en lluvia, salvo lo indique el productor del asfalto. Este tipo de pavimento requiere de mantenimiento, es por ello la importancia de la construcción de una base hidráulica y subbase de muy buena calidad.

## Pavimento rígido

El pavimento rígido, está conformado por una superficie construida de concreto hidráulico, su principal característica es que el concreto recibe y disipa en casi su totalidad los esfuerzos generados por el tránsito, pero requiere de una muy buena capa de apoyo para soportar su propio peso y las posibles deformaciones que se tengan durante su vida útil. Existen dos (2) métodos de diseño más usados por los ingenieros, el primero de ellos es el método **AASHTO** y el segundo el método de la **PCA**, Ref.5. los dos métodos, son basados en investigaciones llevadas por largo tiempo, donde midieron a base de prueba y error.

El método AASHTO, considera para su diseño, el comportamiento del pavimento, su funcionalidad, su estructuración y por último la seguridad. Uno de los parámetros del suelo de apoyo utilizado para diseño de pavimentos flexibles es el módulo de resiliencia  $M_R$ . Este parámetro se obtiene de las condiciones estáticas del suelo, que son la que se rigen en campo.

Sin embargo, dado que para el diseño de pavimento rígido se emplea el módulo de reacción de la capa de apoyo  $K_c$ , es usual correlacionar el  $M_R$  con  $K_c$ . Dado que el  $K_c$  depende también de las variaciones estacionarias según la época del año y de las condiciones de drenaje, el método propone utilizar un valor corregido para tomar en cuenta la iteración del suelo de cimentación con la capa subbase que recibe a la losa.

Para tomar en cuenta la iteración de las capas con diferentes rigideces que componen la estructura del pavimento se recomienda, usar en las cartas de diseño de un  $K$  combinado, el

cual se obtiene de la figura A. También se podría usar las correlaciones aproximadas entre módulos de reacción y CBR, figura B.

Cuando se amerite por las condiciones del lugar y del tipo de tránsito las bases o subrasante, podrán ser tratadas con cemento, óxido de calcio, ceniza volante, polvo de trituración, consultar primero a esta empresa antes de realizar alguna mezcla. El método AASTHO, clasifica el drenaje que tendrá la estructura de pavimento, en un coeficiente de drenaje.

También toma en consideración el nivel de confianza, dependiendo el tipo de pavimento y su uso. Para el diseño la caracterización del concreto a emplear a través será a través de la resistencia a la flexión o módulo de ruptura. Este valor deberá de ser el medio obtenido a la edad de 28 días utilizando una viga simple con carga en los tercios del claro. Uno de los parámetros del suelo de apoyo utilizado para diseño de pavimentos flexibles es el módulo de resiliencia  $M_R$ . Este parámetro se obtiene de las condiciones estáticas del suelo, que son la que se rigen en campo.

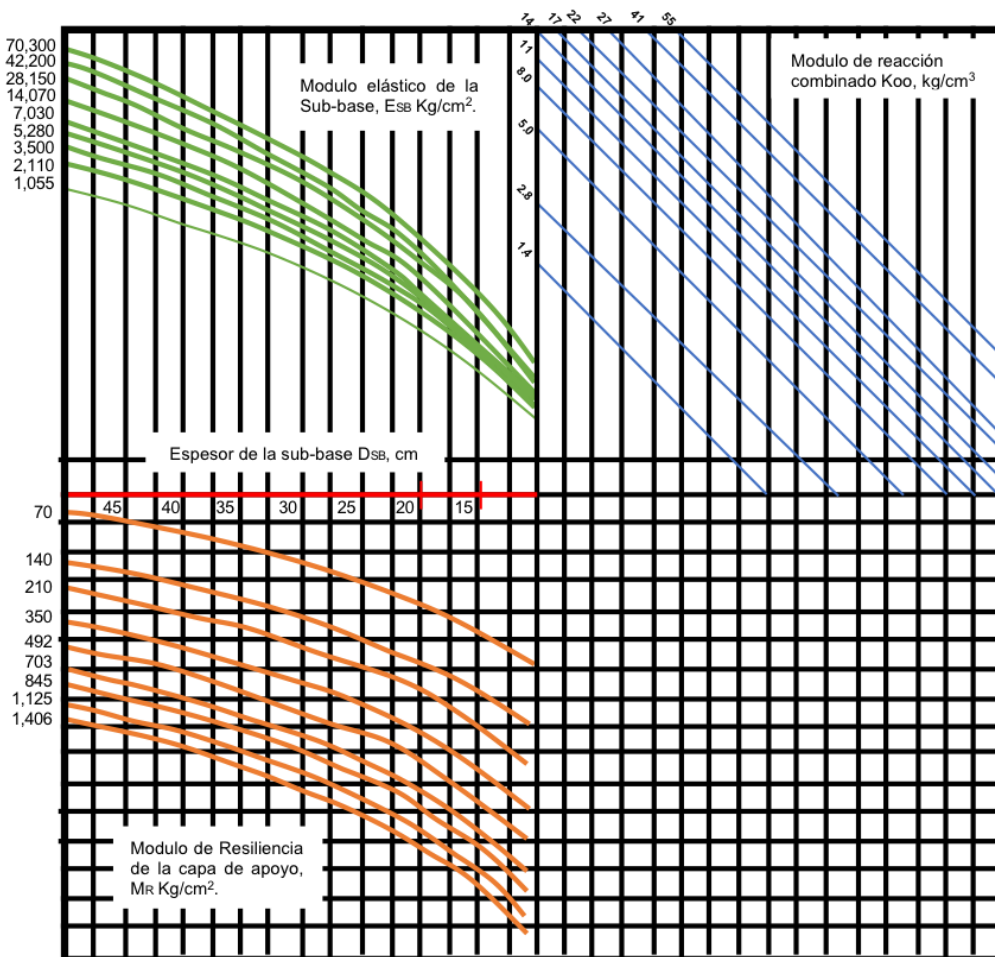
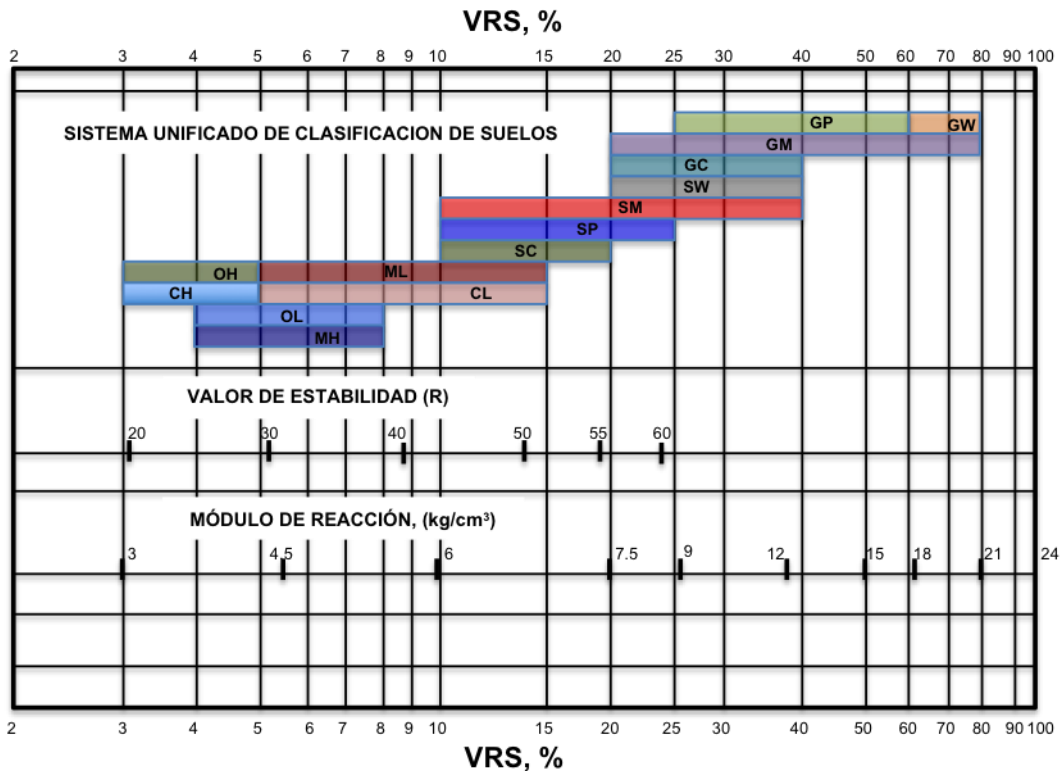


figura A. **Carta para estimar el módulo de reacción**



**compuesto (koo).**



\*Ref. Días de Cossío, R. Casillas J. y Robles, S. Concreto Reforzado. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Índices de Resistencia y Control de Calidad. Revista IMCYC. No.11, México. D.F. 1964.

**Figura B. Comparación entre varios índices de resistencia que pueden usarse en subbase de pavimentos rígidos\*.**

Sin embargo, dado que para el diseño de pavimento rígido se emplea el módulo de reacción de la capa de apoyo  $K_c$ , es usual correlacionar el  $M_R$  con  $K_c$ . Dado que el  $K_c$  depende también de las variaciones estacionarias según la época del año y de las condiciones de drenaje, el método propone utilizar un valor corregido para tomar en cuenta la iteración del suelo de cimentación con la capa subbase que recibe a la losa. Para tomar en cuenta la iteración de las capas con diferentes rigideces que componen la estructura del pavimento se recomienda, usar en las cartas de diseño de un  $K$  combinado, el cual se obtiene de la figura A. También se podría usar las correlaciones aproximadas entre módulos de reacción y CBR, de la figura B.

En la figura C, se presenta una gráfica de diseño para un valor esperado de  $K=5.5 \text{ kg/cm}^2$ , para niveles de confianza del 50%, 80% y 95%, así como resistencia a la compresión de  $350 \text{ kg/cm}^2$ , o a la flexión de un  $M_R 45 \text{ kg/cm}^2$ .

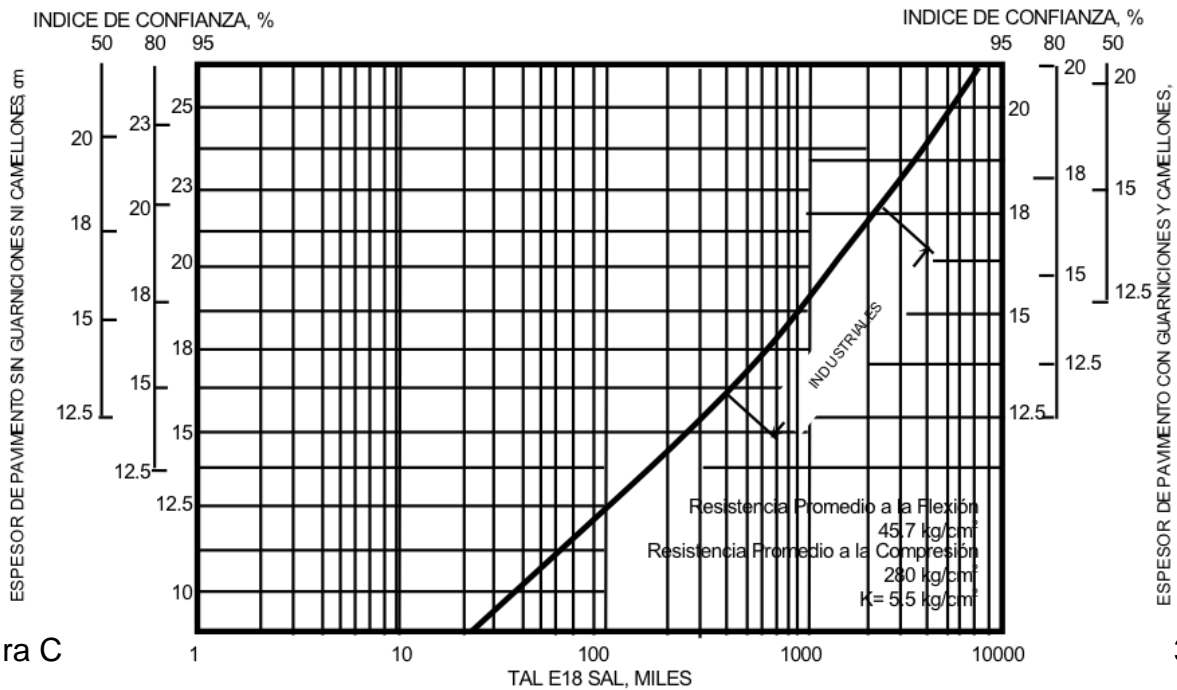


Figura C

35.

### Gráfica de diseño para pavimentos urbanos, $k = 5.5 \text{ kg/cm}^2$

El método del PCA, el primero fue publicado en el año de 1966, pero una nueva versión fue presentada en el año de 1984, hasta la fecha no se ha presentado cambio alguno. En los cambios que se realizaron de 1966 a 1984 fueron, modos de falla por fatiga, tales como la erosión de la cimentación del pavimento, concreto sin refuerzo como la capa subrasante, acotamientos y pavimentos sin mecanismos de transferencia.

## DISEÑO DE PAVIMENTO

### Información Básica

- Suelos de subrasante: arenas limosas de baja compresibilidad
- Tráfico: Tpd: 1153, (Autos 23% - Buses 30% - Camiones 47%)
- (2p: 8% - 2g: 6% - 3:6% - 3S2: 4% - 3S3: 3%)
- Periodo de Diseño: 20 años
- Crecimiento anual del tránsito del 2 %
- Se solicitan concretos con módulos entre  $45 \text{ kg/cm}^2$

- Se trata de una vía de dos carriles 2.

De acuerdo con las correlaciones de suelos tiene un CBR entre 5% y 10%; por efectos conservadores se escoge en el rango inferior **CBR=5%** que equivale a un S3. De acuerdo con los análisis del tráfico en el periodo de diseño mediante teorías de proyección, el tránsito futuro se encuentra en el rango de **T4 (9E6<EALS<17E6)**. Dada la condición de alto volumen de tráfico comercial en cuantía y frecuencia, se proyecta un pavimento de concreto con transferencia de cargas con barras de amarre y pasajuntas. Concretos con alta resistencia y durabilidad encajan **MR = 45 kg/cm<sup>2</sup>**. Con estas **suposiciones (T4-S3-DyB-MR4)** iniciales puede dar elección de la estructura deseada.

En la **tabla A**, se presenta la clasificación del S3, que está en relación con el CBR y al módulo de resiliencia. En la **tabla B**, se presenta la clasificación de los materiales de soporte para pavimentos de concreto. En la **tabla C**, se presenta la tabla de los valores de resistencia a la flexión de los concretos (Módulos de Ruptura). Para T4 se observa la **tabla D**. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T4 como factor principal. Se registran las alternativas existentes para los demás parámetros (S3 – DyB - MR).

tabla A. **Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia.**

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm <sup>2</sup> )
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

tabla B. **Clasificación de los materiales de soporte.**

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

tabla C. **Valores de resistencia a la flexión del concreto.**

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

tabla D. **Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con el tipo de tránsito T4.**

ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																						
Tránsito T4																						
		S1				S2				S3				S4				S5				
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	
SN	MR1	30				29				26	30	29			26	29	28	30	25	29	27	30
	MR2	29				28				25	29	29			25	28	28	30	24	28	27	30
	MR3	28				27				25	28	29			24	27	28	30	23	27	27	30
	MR4	26	30			25	29			23	27	29			23	26	28	30	22	26	27	30
BG	MR1	28				28				26	30	28	30		25	29	28	30	25	28	27	29
	MR2	27				27				25	29	28	30		24	28	28	30	24	27	27	29
	MR3	26				26	30			24	28	28	30		23	27	28	30	23	26	27	29
	MR4	25	29			24	28			23	26	28	30		22	26	28	30	22	25	27	29
BEC	MR1	25	28			24	28	27	29	23	26	26	28		22	25	25	27	22	25	25	27
	MR2	24	27			23	27	27	29	22	25	26	28		21	24	25	27	21	24	25	27
	MR3	23	26			22	26	27	29	21	24	26	28		21	24	25	27	21	23	25	27
	MR4	22	25			22	25	27	29	21	24	26	28		21	24	25	27	21	23	25	27

Se observan en color más oscuro los espesores y los MR, sugeridos para su análisis económico y el que consideren más viable, cabe señalar que estos cuentan con pasa-juntas y barras de amarre y que recomendamos que la subrasante se mejore con cemento. En la figura E, presentamos un esquema de un pavimento de concreto.

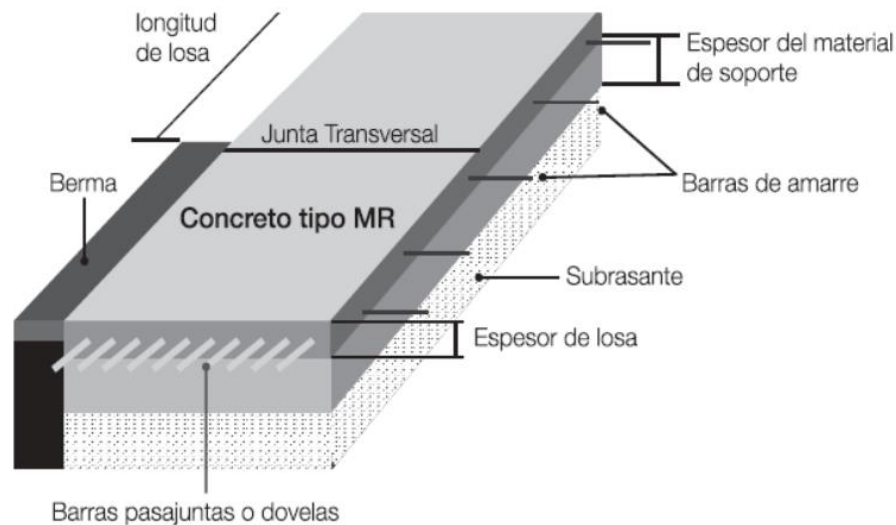


figura E. **Esquema representativo de un pavimento de concreto**  
 De acuerdo con nuestro análisis podremos proponer lo siguiente:

Un diseño de pavimentos **T4-S3-DyB-BEC-MR4**. Por la intensidad vehicular un T4, un S3, porque el CBR, considerado fue del orden del 7%, BEC, porque recomendamos mejorar el material de la subrasante y MR4, porque consideramos como una buena opción un módulo de ruptura de 45 kg/cm<sup>2</sup>, para un diseño a 20 años, **por lo tanto, el espesor recomendado es del orden de 24 cm de concreto.**

Donde el concreto, es considerando la resistencia a la tensión por flexión o módulo de ruptura (MR), ver norma ASTM-C78, concreto MR, 45 kg/cm<sup>2</sup>, (especificar las siguientes características adicionales que apliquen) revenimiento. 0.10 m ± 0.015 mm, tiro directo, tamaño máximo del agregado (TMA) 40 mm, resistencia normal a los 28 días y de baja contracción. La transferencia de carga se recomienda usando la junta de transferencia tal y como se observa en la **tabla F**.

tabla F. **Variables consideradas en los análisis de diseño.**

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 <sup>9</sup> )	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 <sup>9</sup> <EALS <1,5x10 <sup>9</sup> )	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 <sup>9</sup> <EALS <5x10 <sup>9</sup> )	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 <sup>9</sup> <EALS <9x10 <sup>9</sup> )	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4=45 Mpa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 <sup>9</sup> <EALS <17x10 <sup>9</sup> )			
	T5 (17x10 <sup>9</sup> <EALS <25x10 <sup>9</sup> )			
	T6 (25x10 <sup>9</sup> <EALS <100x10 <sup>9</sup> )			

De acuerdo con el PCA -84 y al ASSTHOO -93, el **espesor mínimo** considerado de la losa de concreto será de **20 cm para vehículos ligeros y de 24 cm para vehículos pesados. La modulación de juntas debe cumplir la condición de largo y ancho  $0.71 < x/y < 1.4$ .** El comité ACI 360R-10 (Joints Chapter). La modulación de juntas debe tener separación entre juntas, entre 20 a 24 veces el espesor de la losa. En esta condición el espesor de la losa debe ser de 24 cm. En este caso se definió **que las dimensiones de las losas serán de 3.75 x 4.00 m, aproximadamente, para cumplir con una relación largo y ancho de  $(x/y) = 1$ .** Transferencia de carga en juntas de construcción en las juntas de construcción y expansión: utilizando **pasa juntas de acero redondo liso de 1 1/4" de diámetro y de 40 cm de longitud**, centradas al peralte de la losa a @ 0.30 m, transversalmente, pero en toda a longitud recomendamos **barras de amarre de varilla corrugada de 1/2" de diámetro y de 60 cm de longitud**, a @ 0.60 m.

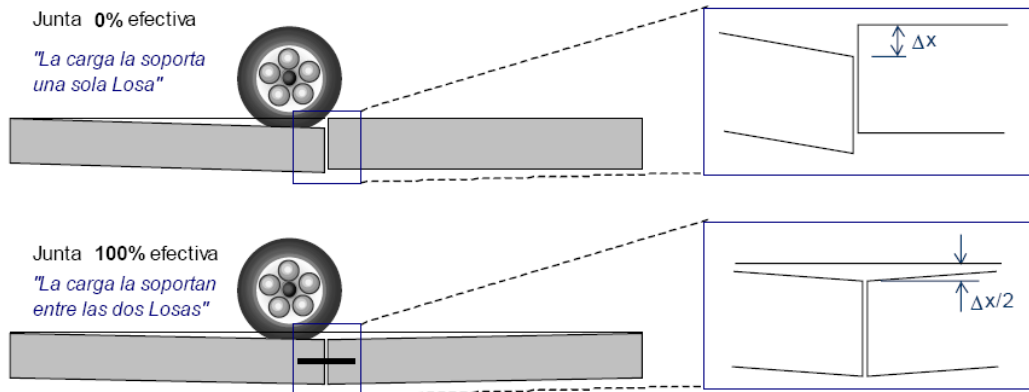


figura G. **Forma de transferencia de carga de una junta o pasa juntas**

El **curado deberá ser con agua durante 7 días mínimo y cubierta Hydracure** que cumpla los requerimientos de norma ASTM C 309.

Realizar el corte de juntas de contracción en verde (soft cut) con ancho de 3 mm a 25 mm de profundidad. El corte en verde se debe de realizar alrededor de 1 hora después de dar el acabado sin que este despostille la junta. De acuerdo con el ACI 360, los cortes deben ser completados antes que la losa de concreto se enfríe después de haber alcanzado su calor de hidratación, por lo tanto, se debe de contar con los suficientes equipos de corte.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

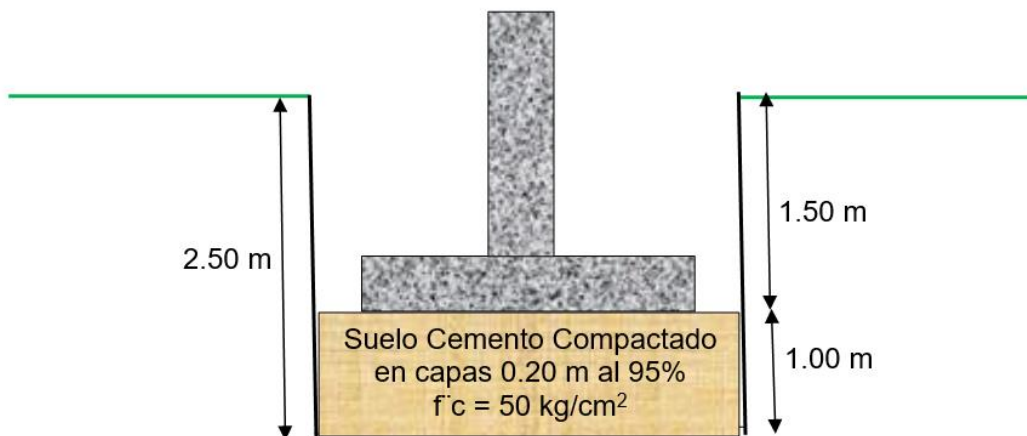
Con base en los trabajos realizados en campo, en los resultados de los ensayos de laboratorio y en los análisis efectuados, se llegó a las siguientes conclusiones:

La estratigrafía del subsuelo del predio en estudio está formada por depósitos principalmente arcillosos con arenas y limos, de color oscuro, de consistencia blanda a muy compactos, en las pruebas de consolidación se presentó expansión de los materiales arcillosos con presiones mayores de  $3.61 \text{ ton/m}^2$ . El nivel del agua superficial se encontró en una profundidad entre 4.60 m a 7.50 m, así como la presencia de malos olores en zona que ya se indicaron. En las pruebas triaxiales arrojaron resultados del ángulo de fricción interna del orden de  $0^\circ$  a  $6^\circ$  y una cohesión  $C = 3$  a  $9.4 \text{ ton/m}^2$ . En la zona de los SPT 1, se encontró fragmentos de roca o boleto empacado en una matriz de arcilla de alta plasticidad a los 3.00 m de profundidad y más profundo entre 8.00 a 10.00 m de profundidad en los SPT 2, 3, 4, 5 y 6. En el resto se encontró la arcilla muy compacta a la profundidad de los 12.00 m.

Su consistencia aumenta con la profundidad a muy compacta por lo que se reduce su deformabilidad y aumenta sus parámetros de resistencia al esfuerzo cortante. Estos materiales son adecuados desde el punto de vista de asentamientos y capacidad de carga para las soluciones de cimentación.

Presentamos las alternativas de cimentación para las diferentes estructuras por medio de zapatas cuadradas, corridas y pilas coladas en el sitio, por lo que se proponen tres alternativas:

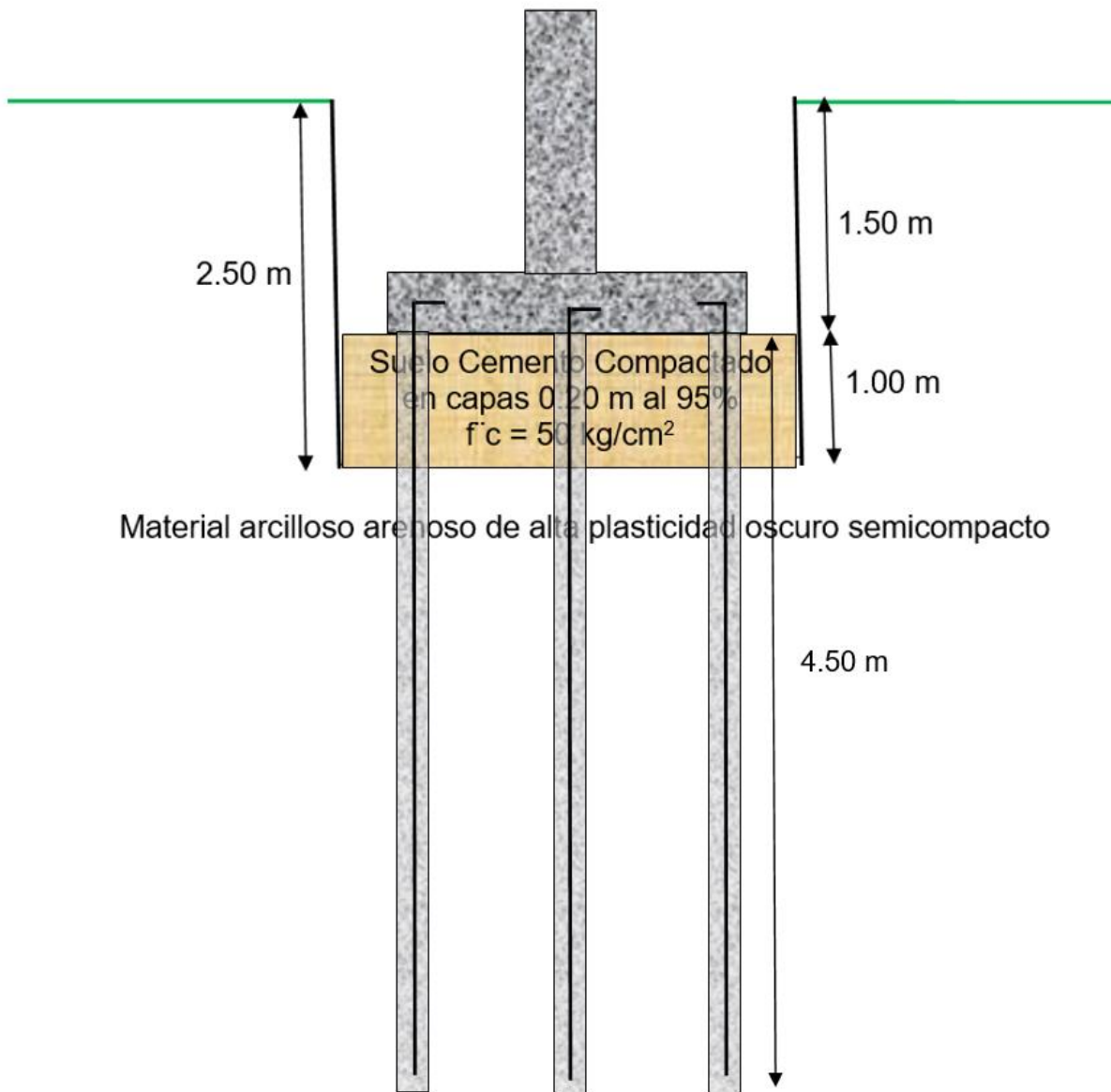
**A.- Alternativa** de cimentación con zapatas cuadradas o corridas, desplantadas de 2.50 m de profundidad, con relación al nivel de terreno actual (nivel del brocal del SPT) pero siempre deberá de estar enterrada la cimentación mínima 1.50 m. donde exista niveles menores o cuando se utilice una capa de suelo cemento.



Material arcilloso arenoso de alta plasticidad oscuro semicompacto

Se presenta el resultado empleando un factor de seguridad de 3, se obtuvo una **Capacidad de Carga Neta Admisible Reducida por Asentamientos de 10.50 ton/m<sup>2</sup>. Asentamientos menores de 2.50 cm.** Para una cimentación formada por zapatas desplantadas de 2.50 m de profundidad, con relación al nivel de terreno actual o brocal del SPT. Para control de los asentamientos. Previo relleno de suelo cemento.

**B.- Alternativa** de cimentación con zapatas cuadradas o corridas, desplantadas de 2.50 m de profundidad, con relación al que nivel de terreno actual (nivel del brocal del SPT). Para aumentar la capacidad de carga y disminuir los asentamientos se recomienda la cimentación este desplantada sobre micropilas de concreto hidráulico de 0.20 m de diámetro a una profundidad de 4.50 m (6.00 m de profundidad).





Presentamos el resultado empleando un factor de seguridad de 3, se obtuvo una capacidad de carga neta admisible reducida por asentamientos de **18.00 ton/m<sup>2</sup>. Asentamientos menores de 1.50 cm.** Con relación al nivel de terreno actual (nivel del brocal del SPT) cimentación formada por zapatas desplantadas de 2.50 m de profundidad, previo por utilizar una capa de suelo cemento. Para el control de los hundimientos, incremento de capacidad de carga y resistencia a la tensión se recomienda utilizar micropilas de control de 0.20 m, de diámetro, de 4.50 m (el nivel de desplante de la zapata será de menos 2.50 m y el nivel de desplante de la micropila será 6.00 m, con relación al nivel del terreno actual o brocal del SPT, la capacidad de carga admisible será de  $Q_{ad} = 4$  toneladas (considerando un factor de seguridad de 2) y a la resistencia a tensión será de  $Q_{ad} = 2.5$  toneladas (considerando un factor de seguridad de 1.5). se consideran de dos a tres micropilas por cada metro cuadrado mínimo su distribución que sea tresbolillo.

Las micropilas serán de 0.20 m de diámetro y una longitud efectiva de 4.50 m, desplantada en el nivel menos 6.00 m, con concreto hidráulico de  $f'c = 200$  kg/cm<sup>2</sup>, con una varilla corrugada de 1" en el centro anclada en el armado de la zapata para la resistencia a la tensión.

El suelo cemento en proporción en volumen 10:1 el que de una resistencia superior de  $f'c = 50$  kg/cm<sup>2</sup>, la mezcla será con el material de banco arena limosa (en volumen) mezclando cemento (en peso).

**C.- Alternativa** de cimentación a base de pilas coladas en sitio a las profundidades de 8.00, 10.00 y 12.00 m sobre manto arcilloso compacto y cuando se requiera sobre fragmento de roca o boleto empacados en una matriz de arcilla solicitar esta condición de acuerdo con las condiciones y estructura que se pretenda construir.

**TABLA DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE Y ASENTAMIENTOS, POR DIÁMETRO DE LA PILA COLADA EN SITIO Y PROFUNDIDAD EN ARCILLA PARA LOS SPT 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Y 8**

Profundidad m	Capacidad de Carga Diámetro Pila 0.8 m	Capacidad de Carga Diámetro Pila 1.0 m	Capacidad de Carga Diámetro Pila 1.2 m	Asentamientos cm
8.00	60 ton	80 ton	110 ton	2.50
10.00	80 ton	100 ton	130 ton	2.50
12.00	100 ton	120 ton	150 ton	2.50

Nota: en el sondeo SPT 1 a la profundidad de 3.00 se presentó la presencia de fragmentos de roca o boleto empacado en una matriz de arcilla de alta plasticidad y en el 4 y 6 a 8.00 m de profundidad, el resto probablemente a los 12.00 m. esta condición será muy irregular el nivel de desplante de las pilas coladas en sitio por lo que requerirá una buena supervisión durante su desplate.

Recomendado para este tipo de estructuras cabe señalar que esta capacidad de carga se modificó por asentamientos. Se debe de considerar el nivel del agua superficial que se localizó a la profundidad de 3.50 m a 7.50 m para su perforación y construcción.

## Construcción de Terraplenes, Estructuras de Vialidades y Patio de Maniobras y Formación de Bordos en el Monorrelleno.

### TABLA COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE ALGUNOS MATERIALES EN ESTADO NATURAL Y ESTABILIZADOS CON CAL VIVA (OXIDO DE CALCIO) DONDE OBSERVAMOS QUE SU CALIDAD MEJORA EN SUS PROPIEDADES

INFORME	PCA Y PROF.	PVSM	% HUMEDAD	VRS	%EXPANSION	L.L	I.P	CONTRACCIÓN LINEAL
1899	PCA 4 0.00-2.50m	1209	24.4	0.96	4.96	73.14	40.33	15.9
1899 Cal Viva	PCA 4 0.00-2.50m	1304	28.2	22.3	1.94	48.46	10.78	4.3
1898	PCA 5 1.50-1.70m	1276	22.9	1.44	3.36	36.98	11.98	4.8
1898 Cal Viva	PCA 5 1.50-1.70m	1323	21.4	35.8	1.08	33.85	-	1.4
1895	PCA 6 0.00-1.30m	1248	27.6	0.77	5.91	59.85	29.19	11.8
1895 Cal Viva	PCA 6 0.00-1.30m	1346	23.4	21.3	2.17	48.93	9.5	4
1897	PCA 7 0.00-2.00m	1061	27.1	2.7	1.88	73.23	17.35	6.8
1897 Cal Viva	PCA 7 0.00-2.00m	1189	23.9	24.2	0.93	49.2	8.63	3.3
1897 Cal Viva	PCA 7 0.00-2.00m	1305	25.5	37.5	0.62	32.07	-	1.47
1909	PCA 8 0.00-2.00m	1432	16.7	2.6	2.1	35.84	14.25	5.7
1909 Cal Viva	PCA 8 0.00-2.00m	1610	21.4	33.3	0.39	29.73	-	1.39
1913	PCA 9 0.00-2.00m	1332	23.9	5.81	2.18	67.84	20.15	8
1913 Cal Viva	PCA 9 0.00-2.00m	1378	21.4	35.9	0.31	40.23	-	1.39

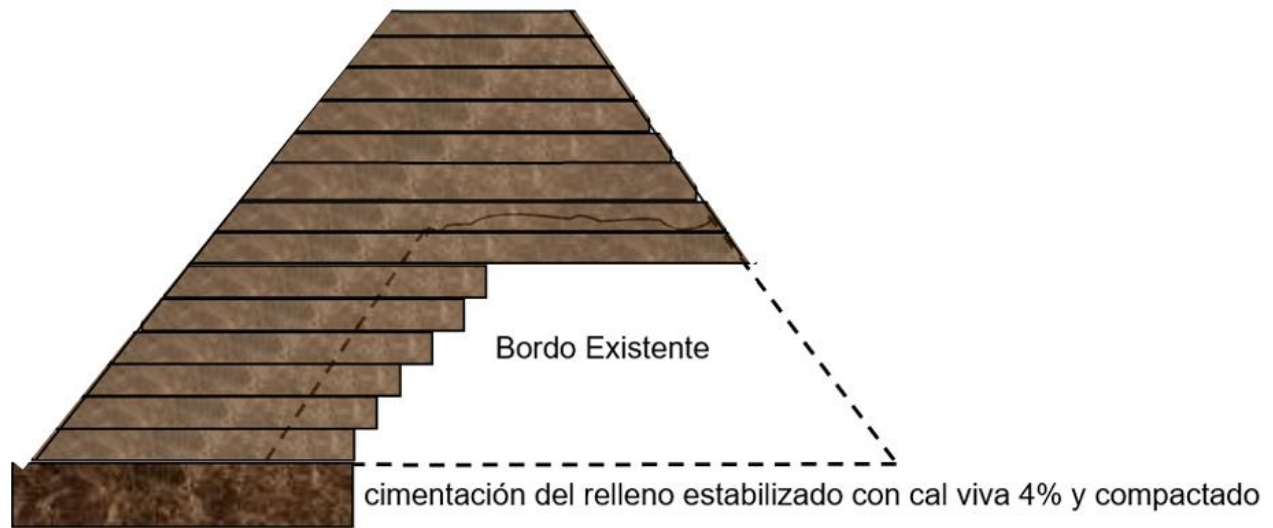
Nota: Cal viva (óxido de calcio)

Los resultados obtenidos de los materiales encontrados en los pozos a cielo abierto se analizó su calidad obteniéndose valores del Valor Reactivo de Soporte (V.R.S) de 0.96, 1.44, 0.77, 2.70, 2.60 y 5.81 Al mejorar los materiales encontrados con el 4% de cal viva (óxido de calcio) nos resultaron valores superiores del Valor Reactivo de Soporte (V.R.S) de 22.3, 35.8, 21.3, 24.2, 37.5, 33.3 y 35.9. La expansión tuvo una disminución en el porcentaje de 4.95 a 1.94, de 3.36 a 1.08, de 5.91 a 2.17, de 1.88 a 0.93 y 0.62, de 2.1 a 0.39 y de 2.18 a 0.31. Así como la disminución del límite líquido, índice plástico y la contracción lineal.

Con estos resultados obtenidos de la estabilización del material con cal viva (óxido de calcio) podremos recomendar su utilización en los rellenos de las ampliaciones de las fosas de los monorrellenos y disminuir los ángulos de los taludes con sus respectivas recomendaciones y una estricta supervisión por el laboratorio de aseguramiento de la calidad acreditado por la entidad mexicana de acreditación ema.

## Presentamos el procedimiento constructivo para la construcción de los bordos para los monorrellenos.

### FORMACIÓN DEL BORDO



Para la construcción de la ampliación de los bordos de las estructuras del Monorrelleno se debe de construir una cimentación para el desplante de los rellenos con material del lugar estabilizado con cal viva (óxido de calcio) al 4%, con un espesor mínimo de 0.60 m, compactado en capa de 0.20 m al 90%, con escalones de liga del bordo existente con la ampliación, la formación del bordo se realizara con material del lugar estabilizado con cal viva (óxido de calcio o material de banco con calidad de subrasante, en capas de 0.20 m de espesor, con su escalón de liga, se debe de considerar un sobre ancho de la capa para cuando se forme el talud a  $50^\circ$  se corte los excedentes en estado suelto, compactado el 95%. En la superficie del borde se recomienda colocar una capa de material tezontle compactado con tamaño máximo de  $1\frac{1}{2}$ ", para el rodamiento de vehículos para su movilidad en operaciones o mantenimientos.

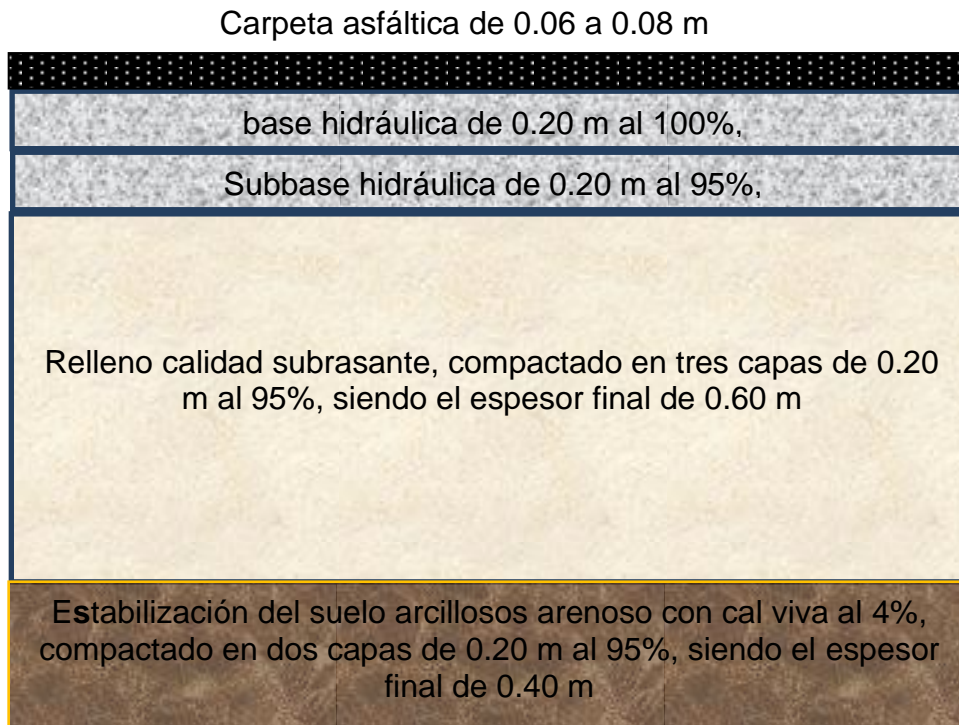
### Pavimento flexible

El pavimento flexible, como su nombre lo indica está formado por una capa superficial, de un material flexible que permite ciertas deformaciones y cambios volumétricos y que solo tiene la función de proteger del intemperismo la estructura de soporte.

Esta estructura de soporte está conformada por materiales, que deben de cumplir con ciertas características, que ayuden a la trasmisión de cargas al suelo o a la disipación de estas en la

misma estructura. Dicha estructura por lo general está formada por una capa de asfalto o concreto asfáltico, como el material flexible, subyaciendo se localiza una capa de base hidráulica, subyaciendo a esta una subbase y por último una subrasante, apoyadas en una capa de suelo cal viva, como estructura básica.

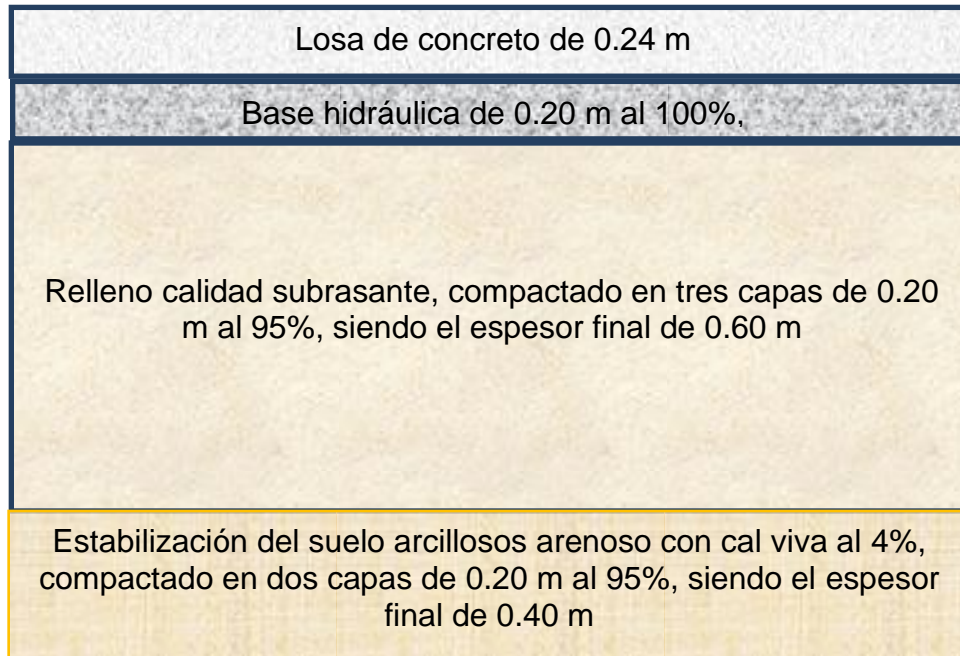
## Procedimiento Constructivo del Pavimento Flexible



## Pavimento rígido

El pavimento rígido, está conformado por una superficie construida de concreto hidráulico, su principal característica es que el concreto recibe y disipa en casi su totalidad los esfuerzos generados por el tránsito, pero requiere de una muy buena capa de apoyo para soportar su propio peso y las posibles deformaciones que se tengan durante su vida útil. Existen dos (2) métodos de diseño más usados por los ingenieros, el primero de ellos es el método **AASHTO** y el segundo el método de la **PCA**, Ref.5. los dos métodos, son basados en investigaciones llevadas por largo tiempo, donde midieron a base de prueba y error.

## Procedimiento Constructivo del Pavimento rígido



Todas las obras de conducción y almacenamiento de agua deberán de ser herméticas para evitar posible fuga y por ello una saturación del suelo, provocando una disminución de la capacidad de carga, aumentando los hundimientos y dañando posiblemente estructuras cimentadas superficialmente. En las áreas verdes se recomienda un buen sistema de drenaje pluvial.

Este análisis no se hizo considerando la saturación del suelo, por lo que si existiera alguna saturación del suelo las condiciones de este estudio cambian.

No se recomienda la utilización de pozos de absorción porque saturara las capas superficiales hasta una profundidad de 9.00 metros.

Cualquier duda o comentario le sugerimos comunicarse a esta empresa consulte nuestro sitio web, [www.gyb.com.mx](http://www.gyb.com.mx), y envíenos su duda ó aclaración. **González & Beas**, no se hace responsable por el mal uso de la información presentada o por la mala aplicación de los resultados o soluciones contenidas en este informe a estructuras o proyectos diferentes del aquí descrito.

Cualquier duda o comentario le sugerimos comunicarse a esta empresa consulte nuestro sitio web, [www.gyb.com.mx](http://www.gyb.com.mx), y envíenos su duda ó aclaración. **González & Beas**, no se hace responsable por el mal uso de la información presentada o por la mala aplicación de los resultados o soluciones contenidas en este informe a estructuras o proyectos diferentes del aquí descrito.

A T E N T A M E N T E

Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco. 13 de Enero del 2020

Supervision Construcción Ingenierías G&B, S.A. de C.V.

**Florencio González Dávila**

## FICHAS BIBLIOGRAFICAS

George B. Sowers & George F. Sowers, **“Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones”**. Editorial Limusa, México, 1978.

Lambe T. William & Robert V. Whitman, **“Mecánica de Suelos”**, Editorial Limusa, México, 1979.

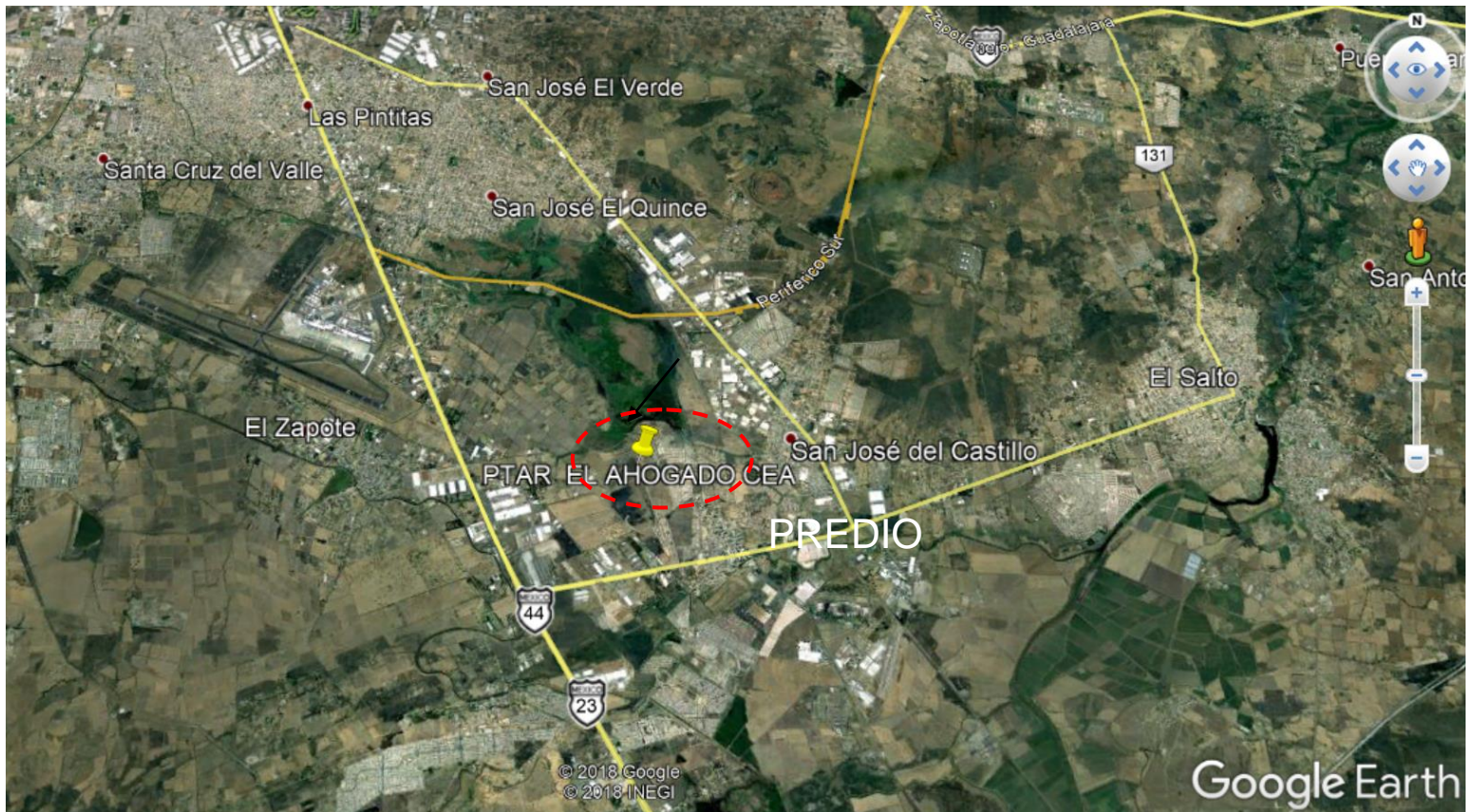
Terzaghi K and Peck R B **“Soil Mechanics in Engineering Practice”** Editorial Galileo, 2da Edición, México, 1972.

Zeevaert L. **“Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions”** 2<sup>nd</sup> Edition Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1982

## Figura 1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA

**Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco la Av. Gobernador Luis Curiel, Guadalajara, Jalisco.**

**Coordenadas UTM ZONA13Q  
Coordenada Este 0681600 m E  
Coordenada Norte 2268486 m N**





## Figura 2. LOCALIZACIÓN DEL PREDIO

**Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco la Av. Gobernador Luis Curiel, Guadalajara, Jalisco.**



### Figura 3. LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS SPT Y POZOS A CIELO ABIERTO PCA

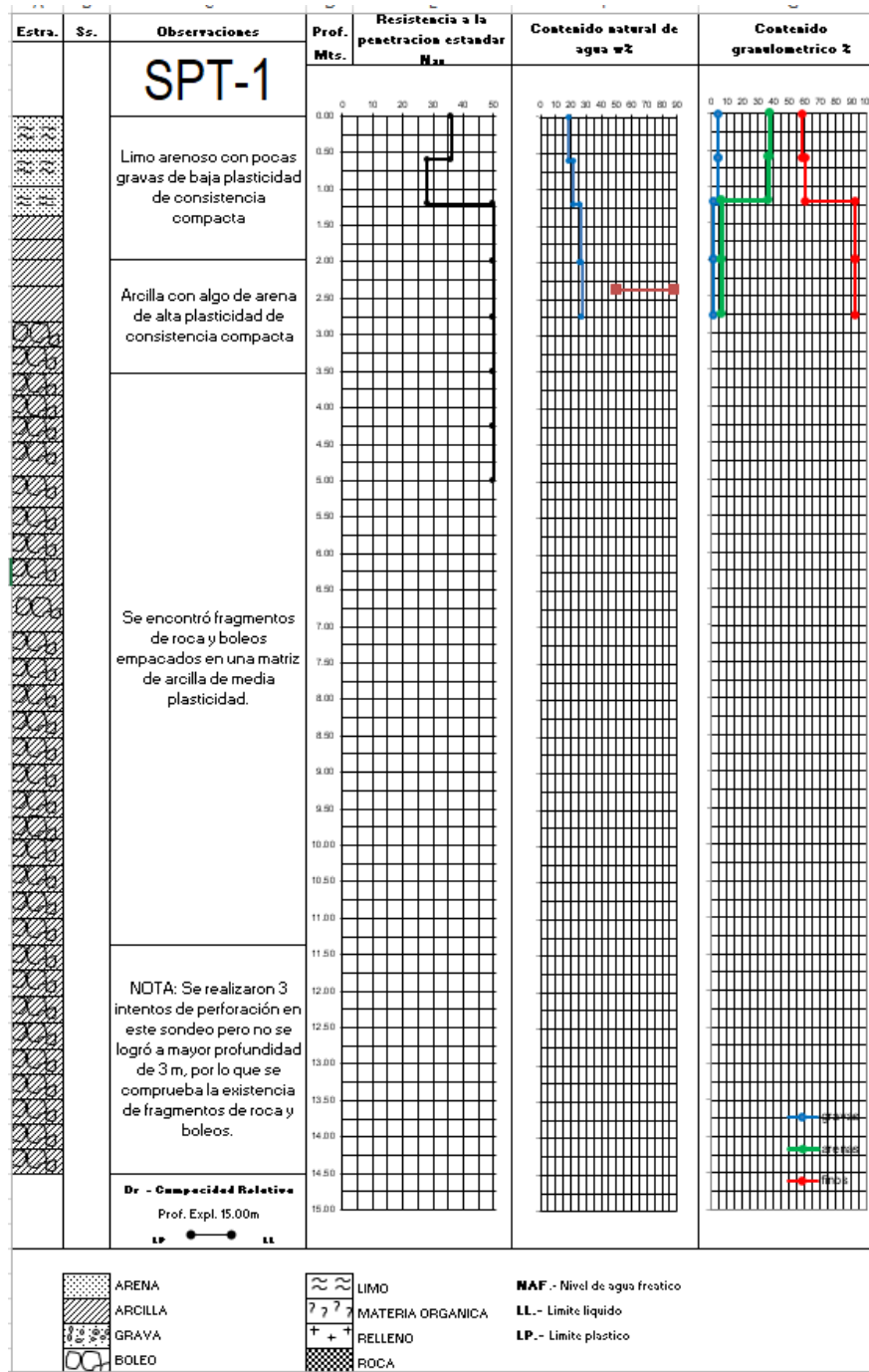
**Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco la Av. Gobernador Luis Curiel, Guadalajara, Jalisco.**



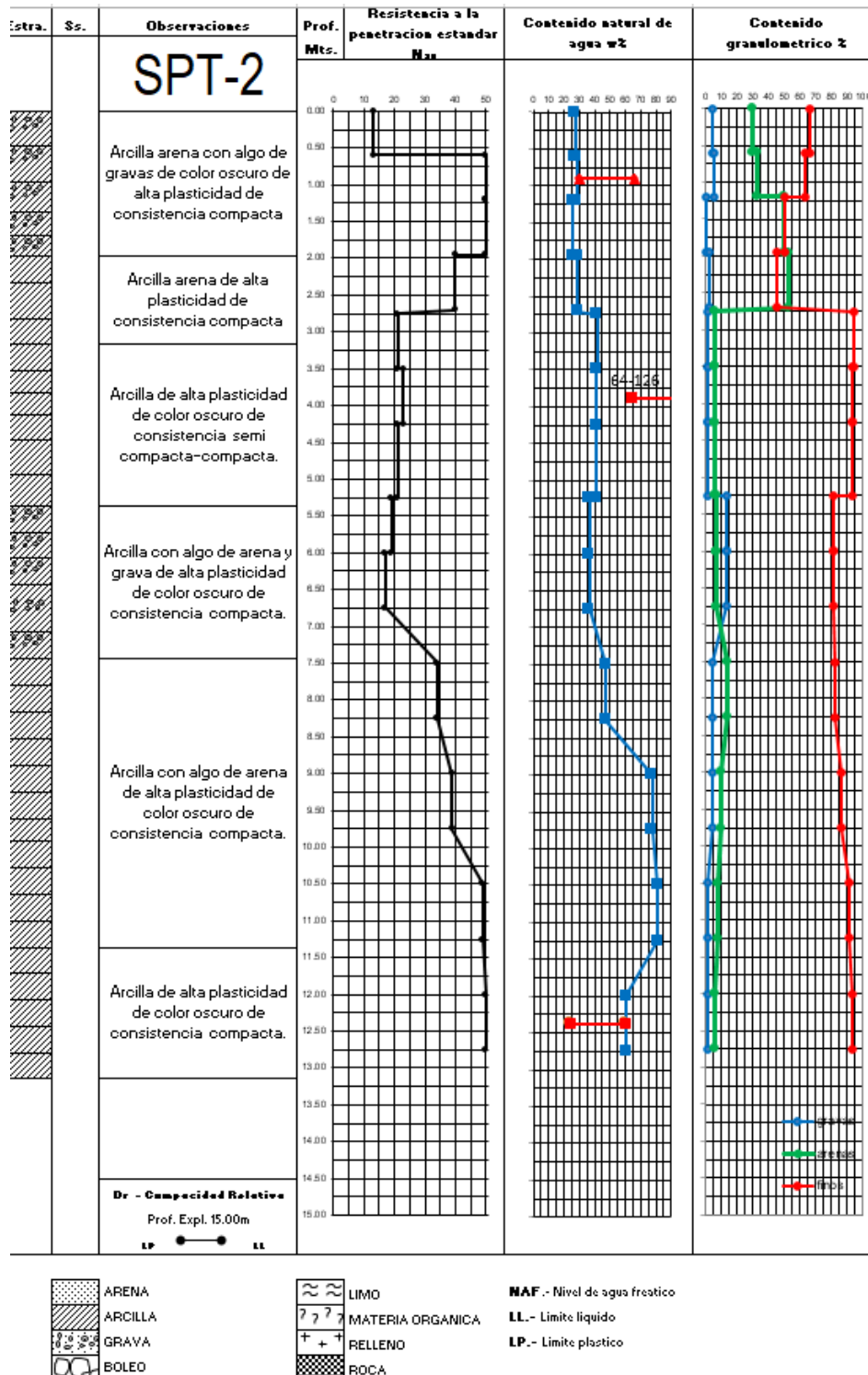


### Figura 4. SONDEO DE PRENETRACIÓN ESTANDAR 1

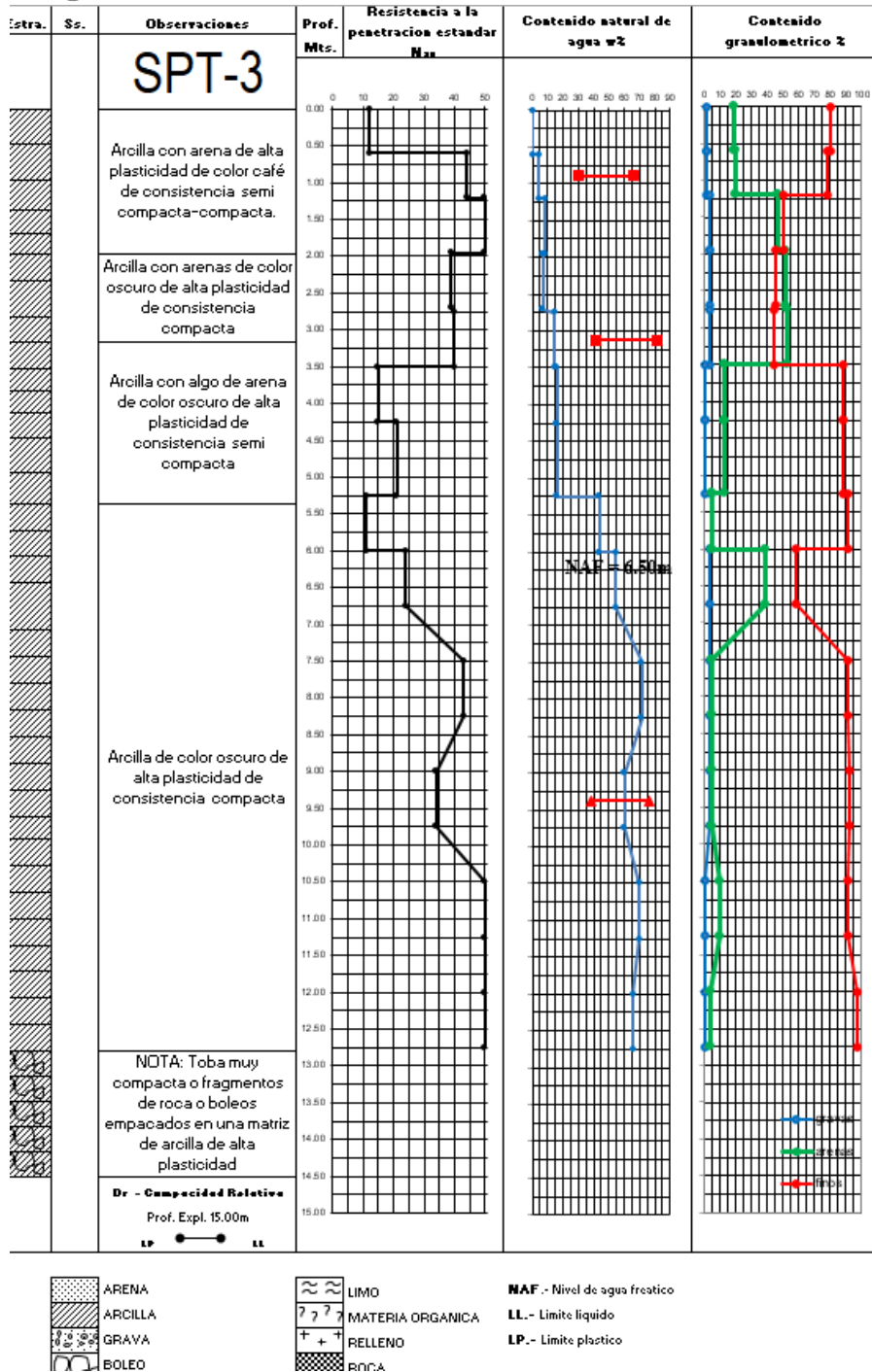
**Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco la Av. Gobernador Luis Curiel, Guadalajara, Jalisco.**



**Figura 5. SONDEO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 2**

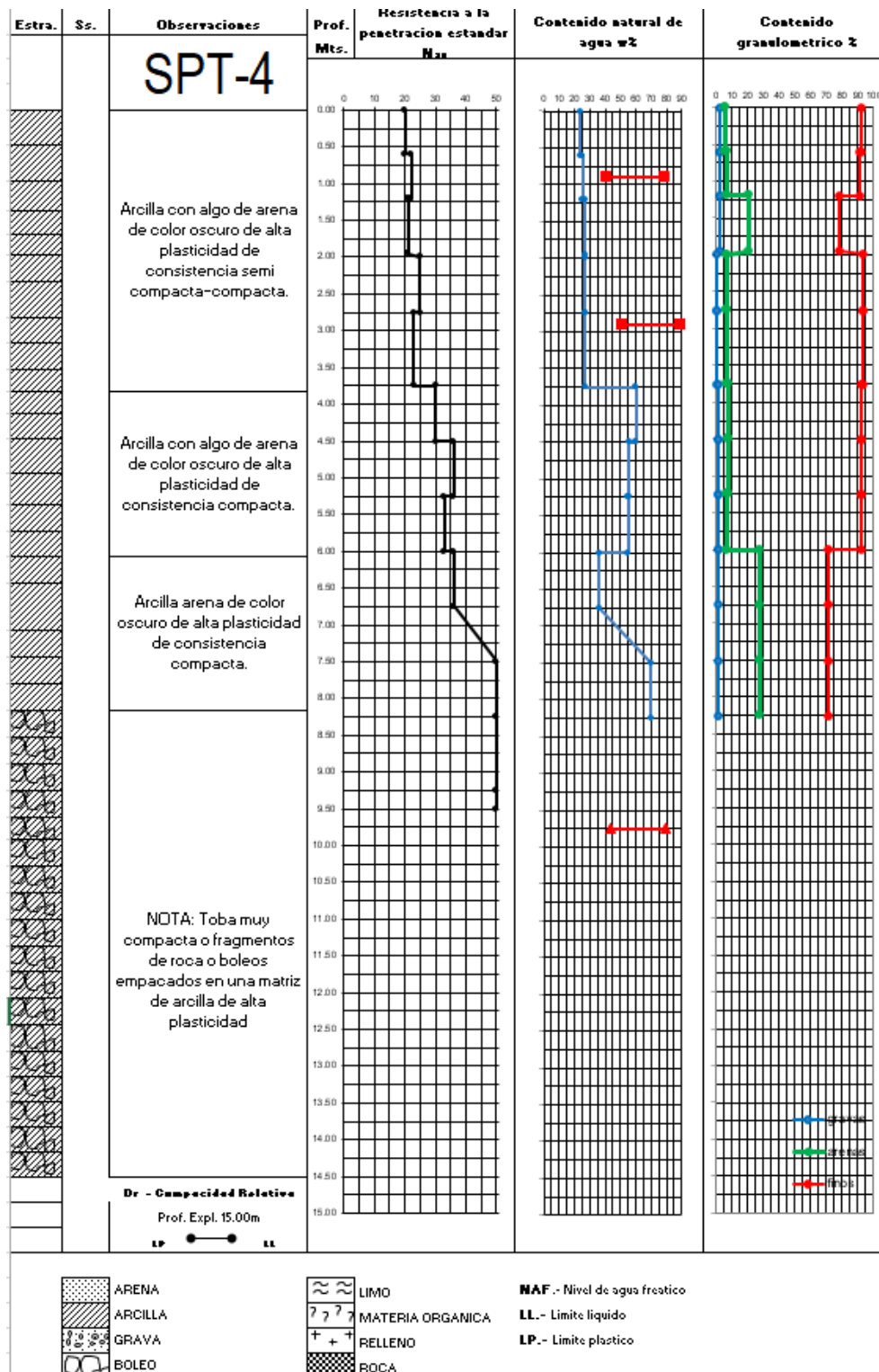


**Figura 6. SONDEO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 3**

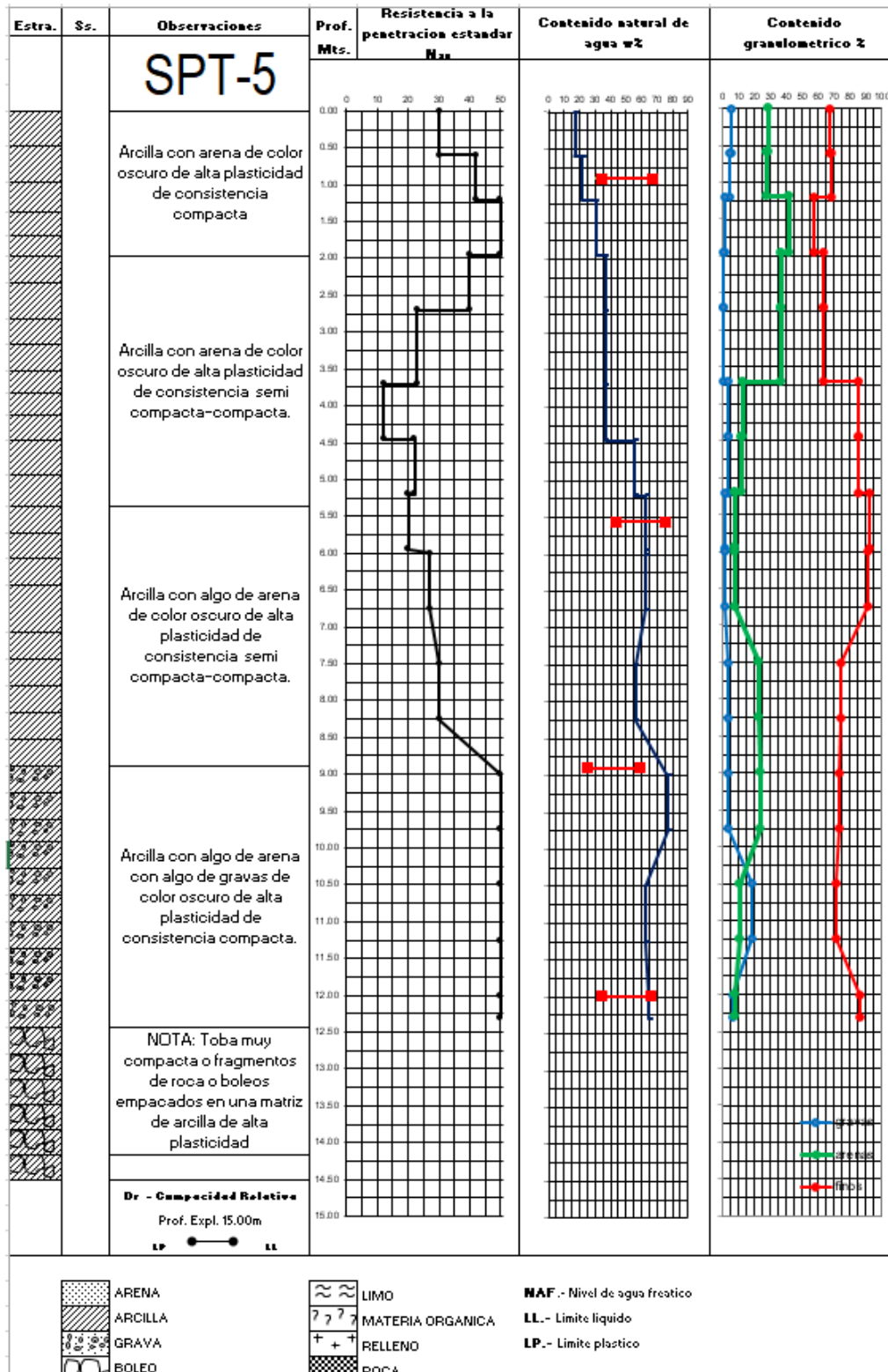


**NOTA:** durante la exploración y prueba de laboratorio se detectó un mal olor en los materiales encontrados.

**Figura 7. SONDEO DE PRENTRACIÓN ESTANDAR 4**



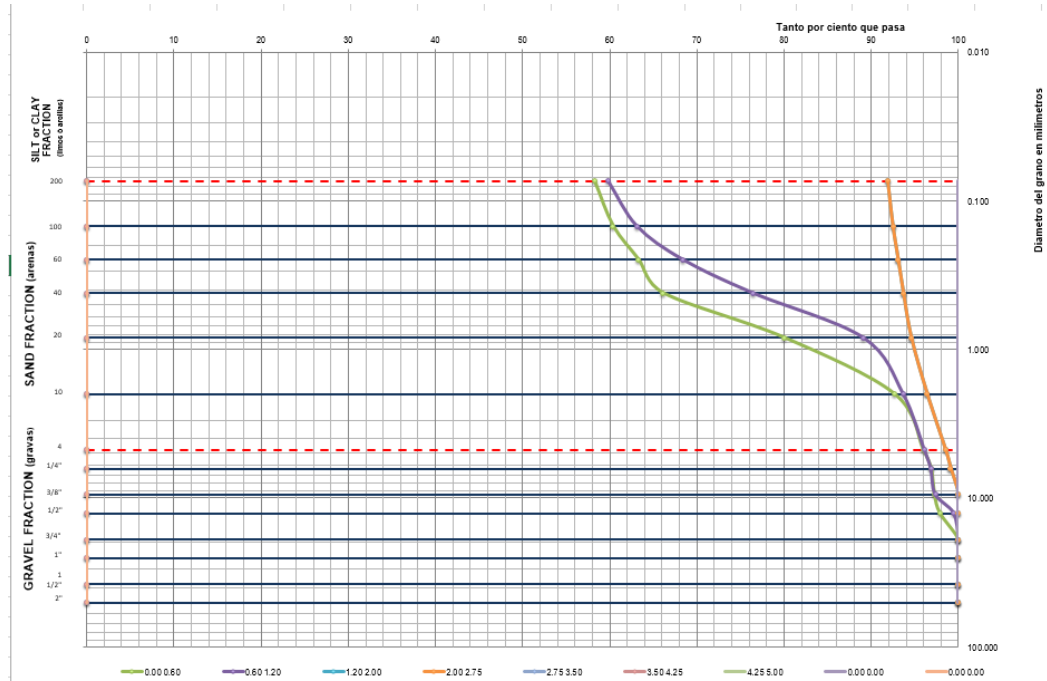
**Figura 8. SONDEO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 5**



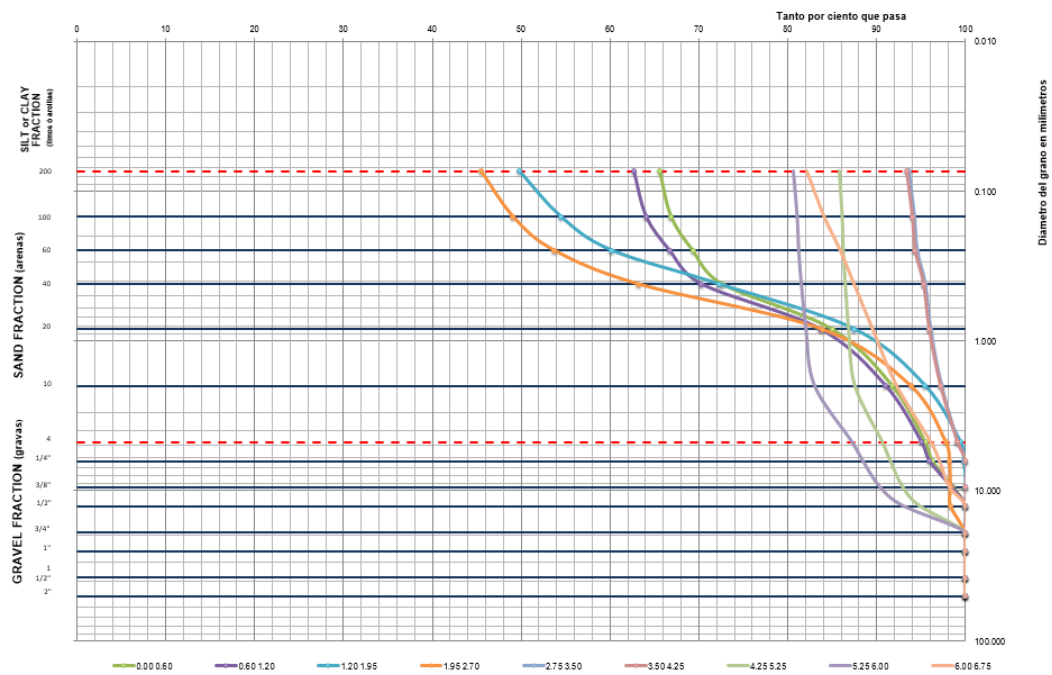


**Figura 18. CONTENIDO GRANULOMÉTRICO SPE-1**

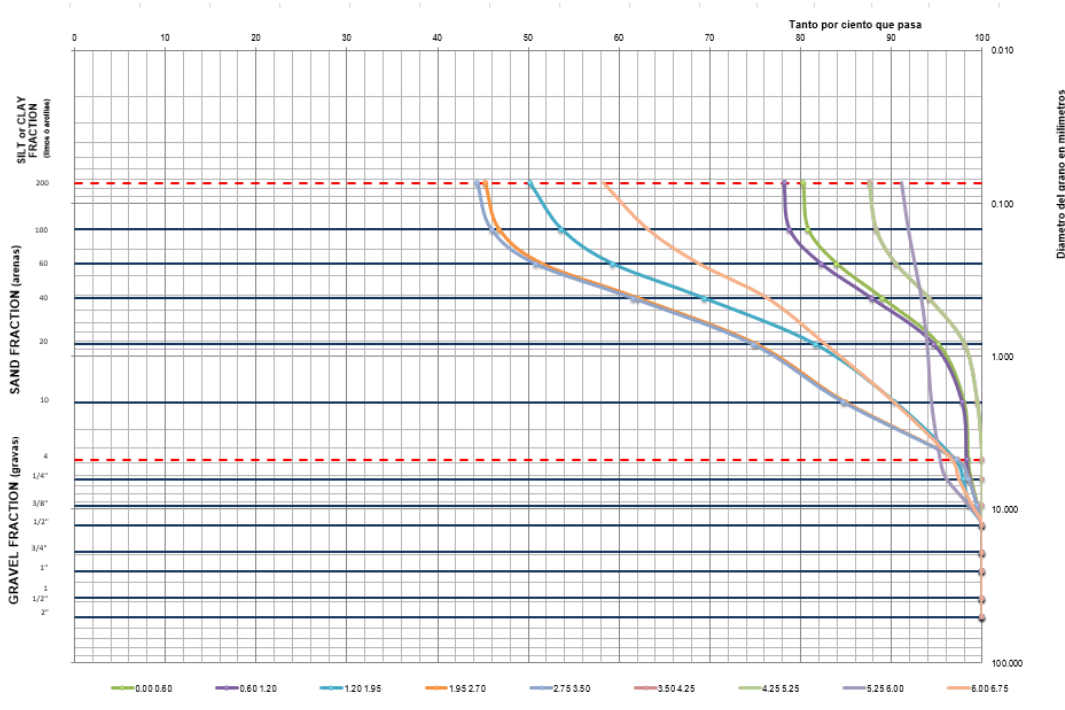
**Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco la Av. Gobernador Luis Curiel, Guadalajara, Jalisco.**



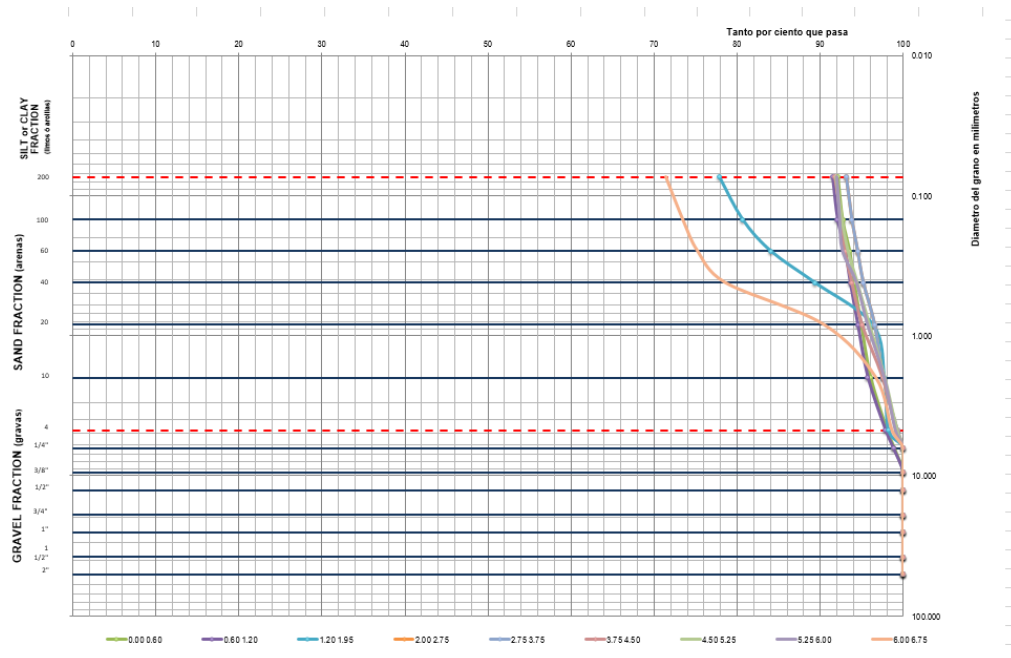
**Figura 19. CONTENIDO GRANULOMÉTRICO SPE-2**



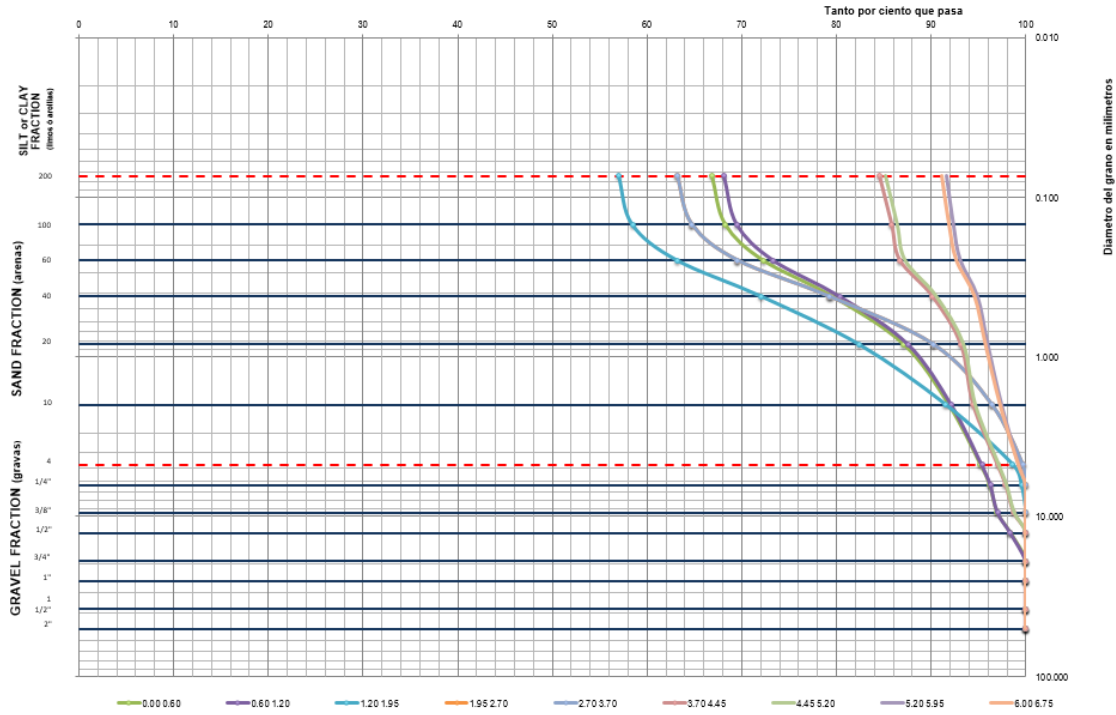
**Figura 20. CONTENIDO GRANULOMÉTRICO SPE-3**



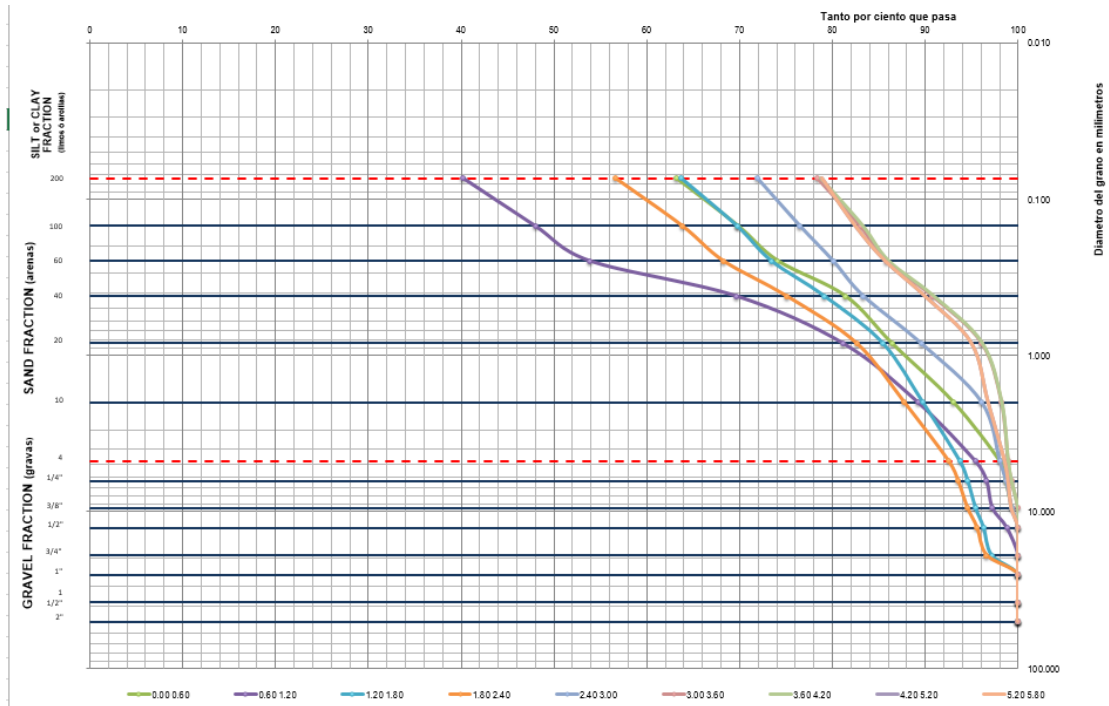
**Figura 21. CONTENIDO GRANULOMÉTRICO SPE-4**



**Figura 22. CONTENIDO GRANULOMÉTRICO SPE-5**



**Figura 23. CONTENIDO GRANULOMÉTRICO SPE-6**



**Figura 32. POZO A CIELO ABIERTO 1**






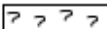
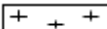

**Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco la Av. Gobernador Luis Curiel, Guadalajara, Jalisco.**



**POZO A CIELO ABIERTO 1**

Proyecto **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL AHOGADO**  
Localización **Tlajomulco de Zuñiga** Fecha **12/12/2019**  
Coordenadas UTM

ESTRATIGRAFÍA					
PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	ASIFICACIÓN PARA PRESUPUESTACIÓN			
		TIPO DE MATERIAL			
0.00 m a 0.20 m	Limo arenoso con muy pocas gravas de baja plasticidad. Contenido de humedad w = 17.69 % PVHL= 1475.83 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1254 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1381Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 90.5 % Gravas 2%, arenas 23%, finos 75%	100	0	0	
0.50 m a 0.70 m	Limo arenoso con gravas de baja plasticidad. Contenido de humedad w = 15.38 % PVHL= 1414.55 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1226 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1381Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 88.8 % Gravas 17%, arenas 38%, finos 45%	100	0	0	
0.50 m a 1.00 m	Limo con jal con triturado color café de baja plasticidad. Contenido de humedad w = 18.5 % PVSM= 1381kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1213 kg/m <sup>3</sup> LL= 26.84%, LP= 0%, IP= 0% VRS= 15.5% Expansión= 0.38% CL= 0.98% Gravas 47%, arenas 33%, finos 20%	100	0	0	
1.00 m a 1.20 m	Limo arenoso con pocas gravas de baja plasticidad. Contenido de humedad w = 26.05 % PVHL= 1578.14 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1252 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1381Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 90.65 % Gravas 6%, arenas 43%, finos 51%	100	0	0	
1.80 m a 2.00 m	Arena limo arcilla con pocas gravas de baja plasticidad. Contenido de humedad w = 27.66 % PVHL= 1558.72 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1221Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1381Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 88.41% Gravas 7%, arenas 50%, finos 43%	100	0	0	

 ARENA	 ARCILLA	 GRAVA	 BOLEO
 LIMO	 MATERIA ORGANICA	 RELLENO	 ROCA





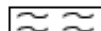
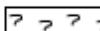
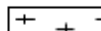

**Figura 33. POZO A CIELO ABIERTO 2**



**POZO A CIELO ABIERTO 2**

Proyecto **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL AHOGADO**  
Localización **Tlajomulco de Zuñiga** Fecha **11/12/2019**  
Coordenadas UTM

ESTRATIGRAFÍA				
PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	SIFICACIÓN PARA PRESUPUESTACIÓN		
		TIPO DE MATERIAL		
0.00m a 0.20m	Arcilla limo arena, contaminado con escombros y conglomerado gris claro de media plasticidad. Contenido de humedad w= 22.45 % PVHL= 1023 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 836 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1297 Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 64.45 % Gravas 0 %, arenas 15 %, finos 85 %	100	0	0
0.50m a 0.70m	Arcilla limo arena, contaminado con escombros y conglomerado gris claro de media plasticidad. Contenido de humedad w= 25.52 % PVHL= 1105 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 881 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1297 Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 67.92 % Gravas 10 %, arenas 36 %, finos 54 %	100	0	0
0.50 m a 1.00 m	Arcilla limo arena, contaminado con escombros y conglomerado gris claro de media plasticidad. Contenido de humedad w = 18.1 % PVSM = 1292 kg/m <sup>3</sup> PVSL= 949 kg/m <sup>3</sup> LL= 34.37 %, LP= 19.35 %, IP= 15.02 % VRS= 1.16 % Expansión= 3.91 % CL= 6 % Gravas 13 %, arenas 31 %, finos 55 %	100	0	0
1.00 m a 1.20 m	Arcilla limo arena, contaminado con escombros y conglomerado gris claro de media plasticidad. Contenido de humedad w= 26.05 % PVHL= 1520.16 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1206 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1297 Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 92.9 % Gravas 2 %, arenas 49 %, finos 49 %	100	0	0
1.30 m a 1.50 m	Arcilla limo arena, contaminado con escombros y conglomerado gris claro de media plasticidad. Contenido de humedad w= 26.05 % PVHL= 1434 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1138 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1297 Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 87.74 % Gravas 3 %, arenas 43 %, finos 54 %	100	0	0

 ARENA	 ARCILLA	 GRAVA	 BOLEO
 LIMO	 MATERIA ORGANICA	 RELLENO	 ROCA

**Figura 34. POZO A CIELO ABIERTO 3**



**POZO A CIELO ABIERTO 3**

Proyecto

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL AHOGADO**

Localización

Tlajomulco de Zuñiga

Fecha

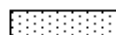
02/12/2019

Coordenadas UTM


ESTRATIGRAFÍA				
PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	SIGNIFICACIÓN PARA PRESUPUESTACIÓN		
		TIPO DE MATERIAL		
0.00m a 0.20m	Arcilla limosa conglomerado con escombros y gravilla color gris oscuro. Contenido de humedad w= 20 % PVHL= 1322.4 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1102 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1208 Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 91.22 % Gravas 3 %, arenas 30 %, finos 67 %	100	0	0
0.50m a 0.70m	Arcilla limosa conglomerado con escombros y gravilla color gris oscuro. Contenido de humedad w= 19.05 % PVHL= 1280.97 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1076 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1208 Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 89.07 % Gravas 10 %, arenas 20 %, finos 70 %	100	0	0
0.50 m a 1.00 m	Arcilla limosa conglomerado con escombros y gravilla color gris oscuro. Contenido de humedad w = 28.3 % PVSM = 1213 kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1060 kg/m <sup>3</sup> LL= 35.76 %, LP= 19.1 %, IP= 16.66 % VRS= 1.12 % Expansión= 3.5 % CL= 6.6 % Gravas 13 %, arenas 26 %, finos 62 %	100	0	0
1.00 m a 1.20 m	Arcilla limosa conglomerado con escombros y gravilla color gris oscuro. Contenido de humedad w= 19.05 % PVHL= 1169 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 982 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1208 Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 81.29 % Gravas 5 %, arenas 22 %, finos 74 %	100	0	0
1.30 m a 1.50 m	Arcilla con algo de arena color negra de alta plasticidad. Contenido de humedad w= 26.58 % PVHL= 1369.59 Kg/m <sup>3</sup> PVSL= 1082 Kg/m <sup>3</sup> PVSM= 1208 Kg/m <sup>3</sup> Grado de compactación= 89.56 % Gravas 3 %, arenas 19 %, finos 78 %	100	0	0

 ARENA

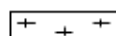
 ARCILLA

 GRAVA

 BOLEO

 LIMO

 MATERIA ORGANICA

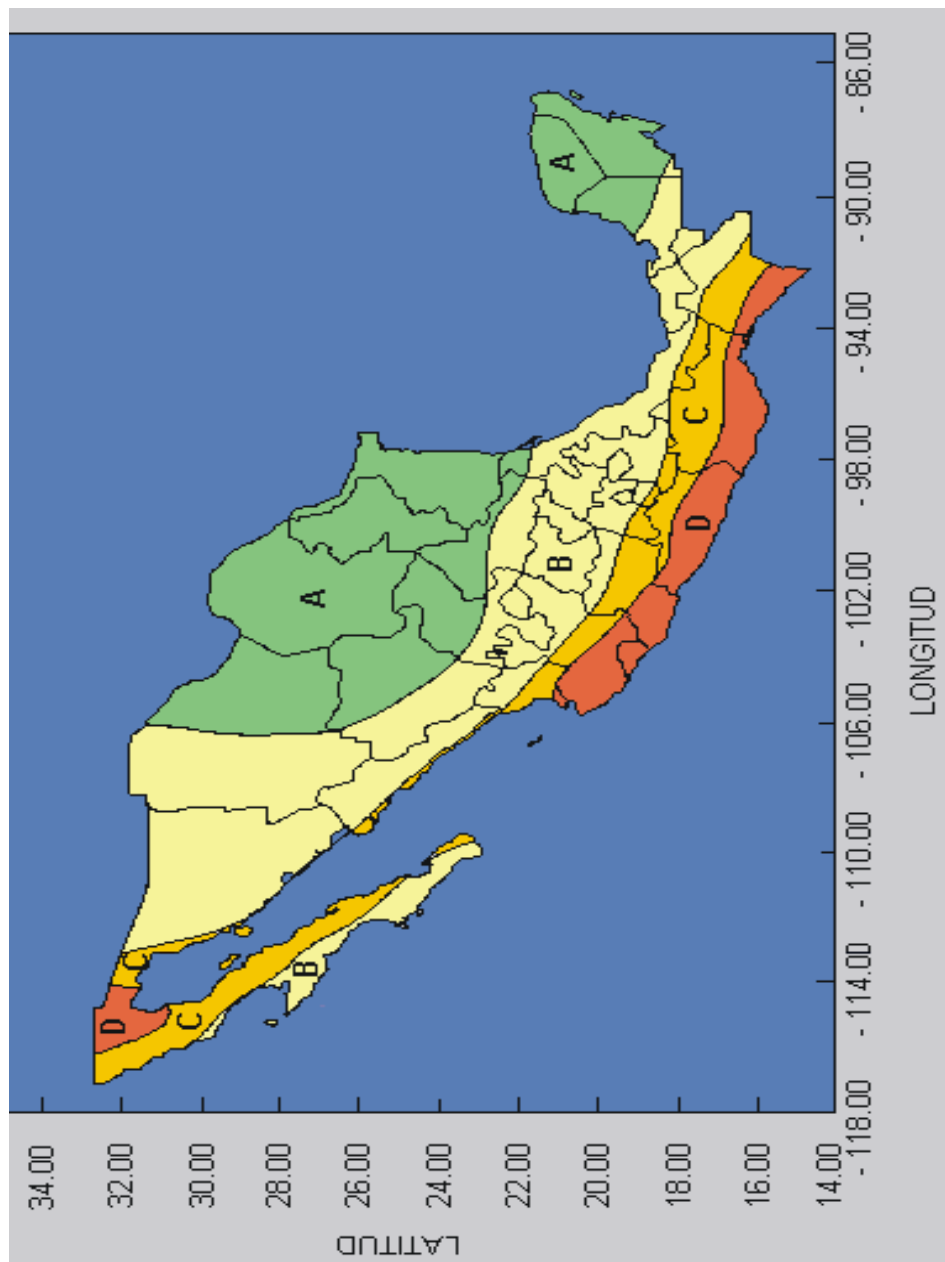
 RELLENO

 ROCA

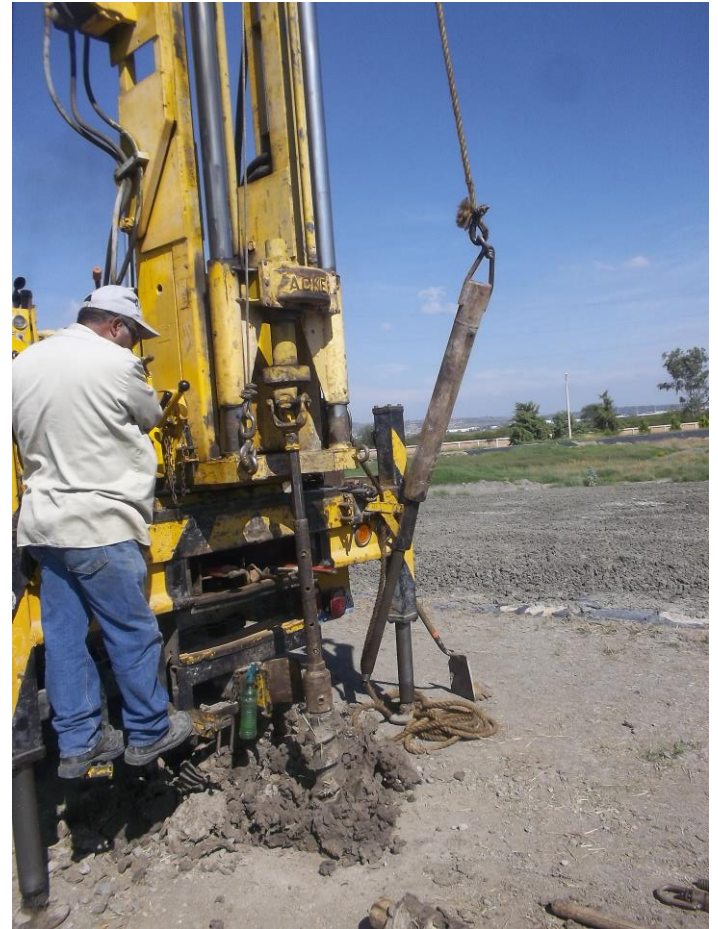
**NOTA:** durante la exploración y prueba de laboratorio se detectó un mal olor en los materiales encontrados.

**Figura 42. CARTA DE REGIONALIZACIÓN SÍSMICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA DE LA CFE.**

**Proyecto de Ampliación, Estación de Bombeo y Monorrelleno de la PTAR El Ahogado, ubicado en el final del camino Viejo a los Laureles, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga Jalisco la Av. Gobernador Luis Curiel, Guadalajara, Jalisco.**



## ANEXO FOTOGRÁFICO







SPT 1 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 1 de 1.2 m a 2.00 m



SPT 1 de 7.5 m a 8.50 m



SPT 1 de 10.5 m a 11.25 m



SPT 2 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 2 de 0.60 m a 1.2 m



SPT 2 de 1.20 m a 1.95 m



SPT 2 de 1.95 m a 2.70 m



SPT 2 de 2.70 m a 3.50 m



SPT 2 de 12.00 m a 12.75 m



SPT 3 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 3 de 0.60 m a 1.2 m



SPT 3 de 1.20 m a 1.95 m



SPT 3 de 5.25 m a 6.00 m



SPT 3 de 6.00 m a 6.75 m



SPT 5 de 4.45 m a 5.20 m



SPT 5 de 5.20 m a 5.95 m



SPT 5 de 6.00 m a 6.75 m



SPT 5 de 7.00 m a 8.25 m



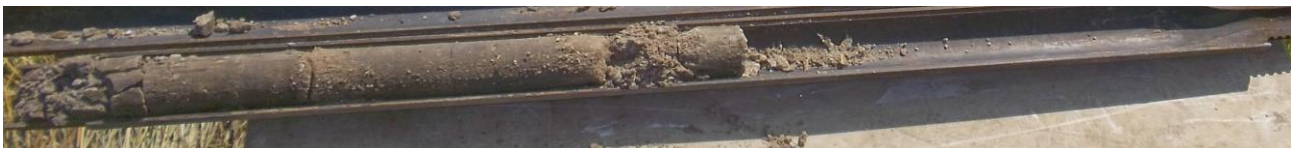
SPT 5 de 9.00 m a 9.75 m



SPT 5 de 10.5 m a 11.25 m



SPT 6 de 1.20 m a 1.80 m



SPT 6 de 1.80 m a 2.40 m



SPT 6 de 2.40 m a 3.00 m



SPT 6 de 3.60 m a 4.20 m



SPT 6 de 5.20 m a 5.80 m



SPT 6 de 6.00 m a 6.75 m



SPT 6 de 7.50 m a 8.25 m



SPT 7 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 7 de 3.70 m a 4.45 m



SPT 7 de 4.45 m a 5.20 m



SPT 7 de 5.20 m a 5.95 m



SPT 7 de 6.00 m a 6.75 m



SPT 7 de 10.50 m a 11.25 m



SPT 7 de 12.00 m a 12.75 m



SPT 8 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 8 de 0.60 m a 1.20 m



SPT 8 de 1.20 m a 1.95 m



SPT 8 de 1.95 m a 2.90 m



SPT 8 de 6.00 m a 6.75 m



SPT 8 de 7.50 m a 8.25 m



SPT 8 de 10.50 m a 11.25 m



SPT 8 de 12.00 m a 12.75 m



SPT 9 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 9 de 0.60 m a 1.20 m



SPT 9 de 1.20 m a 1.80 m



SPT 9 de 1.80 m a 2.40 m



SPT 9 de 3.00 m a 3.60 m



SPT 9 de 4.20 m a 4.80 m



SPT 9 de 4.80 m a 5.60 m



SPT 9 de 5.40 m a 6.00 m





SPT 9 de 6.00 m a 6.60 m



SPT 9 de 9.00 m a 9.60 m



SPT 9 de 10.50 m a 11.10 m



SPT 9 de 12.00 m a 12.60 m



SPT 10 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 10 de 2.60 m a 3.25 m



SPT 10 de 3.25 m a 3.90 m



SPT 10 de 13.50 m a 14.25 m



SPT 10 de 14.25 m a 15.00 m



SPT 11 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 11 de 0.60 m a 1.20 m



SPT 11 de 2.00 m a 2.75 m



SPT 11 de 2.75 m a 3.50 m



SPT 11 de 4.25 m a 5.00 m



SPT 11 de 6.00 m a 6.75 m



SPT 12 de 2.75 m a 3.50 m



SPT 12 de 5.00 m a 5.75 m



SPT 12 de 6.00 m a 6.75 m



SPT 12 de 9.00 m a 9.75 m



SPT 12 de 12.00 m a 12.75 m



SPT 12 de 13.50 m a 14.25 m



SPT 12 de 14.25 m a 15.00 m



SPT 13 de 2.00 m a 2.75 m



SPT 13 de 2.75 m a 3.50 m



SPT 13 de 4.25 m a 5.00 m



SPT 13 de 6.00 m a 5.00 m



SPT 13 de 7.50 m a 8.25 m



SPT 13 de 10.50 m a 11.25 m



SPT 13 de 12.00 m a 12.75 m



SPT 13 de 13.50 m a 14.25 m



SPT 13 de 15.00 m a 15.75 m



SPT 14 de 0.00 m a 0.60 m



SPT 14 de 0.60 m a 1.20 m



SPT 14 de 1.20 m a 2.00 m



SPT 14 de 4.25 m a 5.00 m



SPT 14 de 4.25 m a 5.00 m



SPT 14 de 6.00 m a 6.75 m



SPT 14 de 7.50 m a 8.25 m



SPT 14 de 9.00 m a 9.75 m



SPT 14 de 10.50 m a 11.25 m



SPT 14 de 12.00 m a 12.25 m



SPT 14 de 13.50 m a 14.25 m



SPT 14 de 14.25 m a 15.00 m





