



Rioboo, S.A. DE
C.V.

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL
PUENTE VEHICULAR MUYUGUARDA Y EJE 3 ORIENTE,
EN MÉXICO, D.F.
EJE TRONCAL METROPOLITANO**
Página 1 de 18



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS DEL PUENTE VEHICULAR
MUYUGUARDA Y EJE 3 ORIENTE, EN MÉXICO D.F.
EJE TRONCAL METROPOLITANO**

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		 FIMEVIC
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		



Rioboo, S.A. DE
C.V.

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL
PUENTE VEHICULAR MUYUGUARDA Y EJE 3 ORIENTE,
EN MÉXICO, D.F.
EJE TRONCAL METROPOLITANO**
Página 2 de 18



CONTENIDO

	página
I ANTECEDENTES	3
I.1 Ubicación de los tramos en estudios	
II TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO	4
II.1 Exploración Geotécnica	
II.2 Ensayes de Laboratorio	
III MODELO GEOTÉCNICO	8
III.1 Geología de la zona	
III.2 Hundimiento regional	
III.3 Información sísmica	
III.4 Estratigrafía y propiedades	
III.5 Respuesta Sísmica del terreno	
IV DISEÑO GEOTÉCNICO	11
IV.1 Cimentación	
IV.2 Revisión del estado límite de falla y servicio	
IV.2.1 Cimientos profundos	
IV.3 Estado Límite de servicio de la cimentación	
IV.4 Procedimiento constructivo para pilotes y zapatas	
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
REFERENCIAS	
ANEXO I Figuras	
ANEXO II Pruebas de laboratorio	

I ANTECEDENTES

-Fecha: Febrero/04	Especificación:		 FIMEVIC
MECÁNICA DE SUELOS			
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.	

El gobierno de la Ciudad de México conciente de la problemática vial que existe en ciertas zonas de la Ciudad ha decidido construir el *Puente Vehicular Muyuguarda*, que agilice el tránsito en uno de los cruces importantes localizados al sur-oriente de esta ciudad capital localizado en el entronque vial del Eje 3 Oriente y *Muyuguarda*. Por lo anterior, el gobierno de la Ciudad encomendó los estudios de geotecnia y el proyecto ejecutivo de este puente que queda ubicado dentro de la jurisdicción de la Delegación Xochimilco, en México D. F., como se ilustra en la figura 1.

Para llevar a cabo dicho estudio geotécnico, se realizó primero la exploración correspondiente con el objetivo principal de conocer las condiciones estratigráficas que se presentan en la zonas donde quedarán ubicadas sus cimentaciones y después con los datos de laboratorio obtenidos de cada una de las muestras obtenidas, se procedió a interpretarlas y elaborar este informe, por lo que a continuación, se describen los trabajos de exploración geotécnica, laboratorio, criterios de diseño geotécnico y al final las conclusiones y recomendaciones que regirán para el proyecto ejecutivo.

I.1 Datos de proyecto del puente

El puente constará de travesaños prefabricados de concreto los cuales apoyarán en columnas oblongas de 2.6 m x 1.5 m de diámetro mayor y menor respectivamente; así como de columnas circulares de 1.0 m de diámetro; a su vez éstas se apoyarán en cimientos de tipo profundo.

II TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

II. 1 Exploración geotécnica

Con el objeto de determinar las condiciones geotécnicas en las que se desarrolla el proyecto, se recopiló la mayor información posible de la zona y posteriormente esta información fue verificada mediante recorridos de inspección superficial. A partir del reconocimiento, se planteó el programa de exploración de campo, el cual consistió en la ejecución de sondeos exploratorios en los sitios, que por sus características son representativos del escenario geotécnico en donde se proyecta el puente, tal fue el caso de los sondeos denominados SPT-1 y SPT-2 (figuras 2 y 3); mientras que en una segunda etapa, se realizaron dos sondeos selectivos, uno denominado SS-1 y el otro SS-2, en el sitio en que la estratigrafía definida en la primera etapa mostró que los estratos arcillosos tenían consistencia blanda y baja resistencia al esfuerzo cortante y por lo tanto, interesaba conocer su comportamiento mecánico de los estratos de la formación arcillosa superior como en los de la formación inferior.

La ubicación de los sondeos se muestra también en la figura 1.

Los sondeos fueron ejecutados combinando el muestreo alterado mediante la prueba de penetración estándar y por medio de la determinación de la resistencia obtenida con el cono eléctrico.

El muestreo alterado se obtuvo con el equipo y procedimiento de la prueba de penetración estándar (SPT) que en términos generales consiste en hincar un muestreador de dimensiones específicas, mediante la energía dinámica proporcionada por un martinete de 64 kg de peso, dejado caer libremente de una altura constante de 75 cm; este método, además de permitir la obtención de muestras, proporciona un índice

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		 FIMEVIC
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		

cualitativo de la compacidad o consistencia de los suelos, en función de su resistencia a la penetración, definida ésta como el número de golpes necesario para avanzar 30 cm.

La determinación de la resistencia de los estratos blandos, se obtuvo con el cono eléctrico, el cual permitió determinar las variaciones con la profundidad de las resistencias a la penetración de punta y fricción del cono; así como también precisar cambios en las condiciones estratigráficas del sitio y estimar la resistencia al corte de los suelos mediante correlaciones empíricas.

El muestreo inalterado se obtuvo a partir de sondeos selectivos (SS) de los cuales se obtuvieron muestras inalteradas de suelo mediante el hincado a presión de un tubo de pared delgada tipo Shelby.

Todas las muestras de suelo fueron clasificadas manual y visualmente en el campo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y posteriormente fueron protegidas contra la humedad y etiquetadas convenientemente para su traslado al laboratorio.

II.2 Ensayes de laboratorio

En las muestras obtenidas durante la exploración, se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios tanto para definir la clasificación de los materiales, como para determinar los parámetros mecánicos que interesan conocer para los análisis geotécnicos requeridos. A continuación se hace una breve descripción de todos los ensayos efectuados.

II.2.1.- Ensayes para determinar propiedades índice del suelo

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		

Las propiedades índice se determinaron a partir de los siguientes ensayos:

Clasificación visual y al tacto (SUCS)

Contenido natural de agua

Límites de plasticidad (líquido y plástico)

Densidad de Sólidos

Granulometría

Porcentaje de finos

De las muestras alteradas e inalteradas, se extrajo una porción del material para efectuar la clasificación visual y al tacto, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), así como para la determinación de su contenido natural de agua.

Para precisar la clasificación del material, en muestras selectivas, se realizaron granulometrías, porcentaje de finos y se determinaron los límites de plasticidad.

Los datos así obtenidos sirvieron para elaborar un corte transversal longitudinal con la profundidad de los perfiles estratigráficos de los sondeos, los cuales se presentan en la figura 4, en las que se incluye su ubicación, el contenido natural de agua, límites de plasticidad, número de golpes de la prueba de penetración estándar, resistencias del cono eléctrico, porcentaje de grava, arena y finos y clasificación.

II.2.2.- Ensayes para determinar parámetros mecánicos

A las muestras inalteradas se efectuaron ensayos para la determinación de los parámetros de resistencia y deformación.

Las pruebas mecánicas realizadas a las muestras fueron los siguientes:

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		

Ensaye de compresión simple cíclica q_u

Ensaye de resistencia al esfuerzo cortante tipo Triaxial UU (no consolidada no drenada)

Pruebas de consolidación unidimensional

La resistencia a la compresión simple y compresión triaxial se obtuvieron de probetas cilíndricas de 3.5 cm de diámetro y 8.5 cm de altura, aplicando una velocidad de deformación controlada de 1 mm/min, obteniéndose las curvas esfuerzo deformación y de resistencia última.

Para la prueba de consolidación unidimensional estándar se realiza sobre una muestra labrada en forma de cilindro aplastado, es decir de pequeña altura en comparación al diámetro de la sección recta. La muestra se coloca al interior de un anillo que le proporciona confinamiento lateral y entre dos piedras porosas de sección circular y sobre la superior se coloca una placa con una espera que transmitirá los incrementos de carga aplicados.

En el anexo II se incluyen todas las pruebas de laboratorio realizadas.

III MODELO GEOTÉCNICO

III.1 Geología de la zona

De acuerdo con la Zonificación Geotécnica establecida en las Normas Técnicas Complementarias (NTC) para el diseño y construcción de cimentaciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), el puente se ubica en la Zona de Lago (figura 5), que se caracteriza por los grandes espesores de arcillas blandas de alta compresibilidad, que subyacen a una costra endurecida superficial de espesor variable en cada sitio, dependiendo de la localización e historia de cargas.

De acuerdo con el mapa de isopropundidades a los depósitos profundos que aparece en las NTC para diseño por sismo (figura 6), se tiene que para el puente en estudio esta profundidad se ubica a 25 m.

El nivel de aguas freáticas se encuentra en la zona a 1.4 m.

III.2 Hundimiento regional

Con objeto de establecer la velocidad de hundimiento regional que se presenta en la zona, se recopiló la mayor información posible relacionada con este efecto.

A partir de las nivelaciones que la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) realiza periódicamente en los bancos de nivel a su cargo que se encuentran distribuidos en todo el Distrito Federal, se localizaron los más cercanos al sitio de interés. Para ello, se definieron las coordenadas del tramo en Unidades Técnicas de Mercator (UTM) utilizando un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		

De acuerdo con la información proporcionada, los bancos ubicados cerca de estos tramos han sido medidos, por períodos de dos años generalmente, desde 1983 y hasta 1998. La última nivelación realizada por la DGCOH ocurrió en el año 2000; sin embargo, los resultados aún no han sido publicados.

A partir de la última nivelación disponible, efectuada en 1998, se tiene que los bancos más próximos al puente manifiestan velocidades de hundimiento de 10 cm/año.

III.3 Información sísmica

Dado que los tramos estudiados pertenecen a la zona de Lago, se estima que el periodo dominante del suelo es de 1 seg de acuerdo con lo observado en curvas de igual periodo dominante en esta zona (figura 7).

III.4 Estratigrafía y propiedades

Tal y como se mencionó en la geología regional, los perfiles estratigráficos muestran claramente los 3 depósitos característicos que definen la zona del lago; es decir la costra superficial, la formación arcillosa superior y una capa dura, por lo que a continuación se describen las propiedades obtenidas en ellas en laboratorio.

1. **COSTRA SUPERFICIAL.**- Esta formada por rellenos de 1 m de espesor y le subyace una costra endurecida de arcillas de color gris verdoso de consistencia media a dura que se extiende hasta una profundidad de 5 m. La arcilla en este estrato, en prueba de compresión triaxial tiene cohesiones aparentes de 5.4 t/m², peso volumétrico de 1.58 t/m³, contenidos de agua de 59.4%, relación de vacíos de 1.35 y grados de saturación de 100%.

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		 FIMEVIC
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		

2. **FORMACIÓN ARCILLOSA SUPERIOR.-** esta constituida por arcillas de alta plasticidad, de consistencia variable (blanda y media a dura), a partir de 5 m y hasta 31 m de profundidad. Este depósito arcilloso tiene contenidos de agua variable entre 87% y 301%, relaciones de vacíos entre 1.95 y 6.45, grados de saturación cercanos al 100%. En pruebas de compresión triaxial presenta cohesiones aparentes variables entre 0.9 (en estratos blandos) y 5.6 t/ m² (en estratos de consistencia media a dura).

3. **CAPA DURA Y FORMACIÓN ARCILLOSA INFERIOR.** De 22 m y hasta 45 m de profundidad, se detectan los depósitos conocidos como capa dura y a la 2ª formación arcillosa inferior. Los primeros y los que corresponden a la capa dura son los limos arenosos, de color gris claro y tienen una consistencia dura presentando cohesiones aparentes de 6.6 t/m², relación de vacíos de 2.36, contenidos de agua de 98% y pesos volumétricos de 1385 kg/m³. y los que corresponden a la formación arcillosa son las arcillas de color gris verdoso.

III.5 Respuesta sísmica del sitio

El coeficiente sísmico aplicable al análisis sísmico de las estructuras, se definirá en función de los espectros de respuesta calculados y las características de las estructuras; sin embargo, para estructuras con periodo fundamental en el rango de 3 a 4 seg, el coeficiente sísmico será de 0.4 g que deberá incrementarse en 50% para estructuras del grupo “A” como el caso de este puente.

IV DISEÑO GEOTÉCNICO

IV.1 Cimentación

De acuerdo con los resultados de la exploración junto con las características estructurales del proyecto, se consideró necesario el empleo de un sistema de cimentación formado por *un sistema de contratraves unidas con una losa intermedia y trabajando en conjunto con pilotes de fricción (tipo A)*.

En todos estos tipos de cimentación se emplearon pilotes de 50 x 50 cm y se diseñaron para trabajar básicamente por fricción y en menor proporción por punta y desplantados a una profundidad de 22 m.

Por lo anterior y tomando en cuenta que el reglamento de construcciones considera que todas las cargas transmitidas por la estructura sean tomadas íntegramente por la cimentación de tipo profundo y en este caso los pilotes, a continuación se mencionarán los criterios utilizados y las teorías utilizadas en el calculo de la capacidad de carga y de las deformaciones del subsuelo inducidas por estos tipos de cimentación.

IV.2. Revisión del Estado Limite de Falla y de Servicio

IV.2.1 Cimientos Profundos

De acuerdo con las teorías clásicas para el calculo de la capacidad de carga ultima en pilas que trabajan por fricción y por punta, ésta se calcula con la siguiente expresión.

$$Q_u = Q_{fu} + Q_{pu}$$

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		 FIMEVIC
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.		Aprobó: ING.R.B.M.	



Rioboo, S.A. DE
C.V.

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL
PUENTE VEHICULAR MUYUGUARDA Y EJE 3 ORIENTE,
EN MÉXICO, D.F.
EJE TRONCAL METROPOLITANO**
Página 12 de 18



donde Q_{pu} representa la capacidad de carga última por punta y, Q_{fu} la capacidad de carga última debido a la fricción generada entre el fuste de la pila y el suelo circundante.

La capacidad de carga última por punta para este tipo de cimentación se definió mediante la siguiente ecuación propuesta en la referencia 1 (Foundation Engineering For Subsoil Difficult Conditions, Autor: Leonardo Zeevaert).

$$Q_{PU} \approx Ab[CN_C + \gamma^* D_f]^* [Dr + 0.1]$$

siendo A_b el área transversal de la pila a nivel de desplante, N_c factor de capacidad de carga que dependen del ángulo de fricción interna del depósito de apoyo, γD_f es el esfuerzo vertical efectivo a la profundidad de desplante del pilote

La capacidad de carga por fricción (Q_{fu}) en un suelo puramente cohesivo, como el que nos ocupa, se consideró como la suma de las capacidades friccionantes desarrolladas por cada estrato sobre el fuste de la pila, y se calculó con la siguiente expresión:

$$Q_{fu} = \sum Q_{fi}$$

Donde $\sum Q_{fi}$ representó la sumatoria de la fuerza cohesiva que puede desarrollarse en cada capa de suelo.

Para el proyecto que nos ocupa, se consideró que la aportación de la fricción en el fuste de la pila esta dada únicamente por los depósitos cohesivos cuyo esfuerzo resistente S_f esta dado por:

$$S_f = f_a = \text{esfuerzo de adherencia, en t/m}^2.$$

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		 FIMEVIC
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		

Por lo que la ecuación para el calculo de la capacidad friccional desarrollada fue la siguiente:

$$Q_{fi} = f_{az} * P * z$$

Siendo f_a el esfuerzo de adherencia, en t/m^2 .

P es el perímetro del pilote

Z es la longitud del tramo de pilote.

Aplicando las expresiones anteriores para el cálculo de la capacidad de carga última (punta y fricción), para pilotes cuadrados de 50 x 50 cm y con profundidad de desplante de 22 m, y considerando los parámetros geotécnicos correspondientes, se alcanzan valores de capacidad de carga admisible de 118 ton siendo la contribución por punta de 9.7 t y por fricción de 108.6 ton.

Considerando las acciones máximas accidentales que los diferentes tipos de cimentación inducen a los pilotes, se observa que la reserva en la capacidad de carga de ellos, es de hasta 300%, es decir, se tiene un factor de seguridad de 3.

IV.3. Revisión del Estado Límite de Servicio

Por situarse estas cimentaciones en zona del lago y dado que se tienen estratos altamente compresibles, se consideraron en esta revisión los asentamientos que difieren con el tiempo conocidos como asentamientos a largo plazo. Para el análisis de cada una las cimentaciones trabajando en conjunto, se utilizó un programa de computadora que permite definir las zonas y magnitudes de fricción positiva y negativa a lo largo de los pilotes. Para el cálculo del asentamiento, se calcula primero la distribución de esfuerzos cortantes entre el suelo y el pilote a lo largo del fuste y después calcula los incrementos de esfuerzo correspondientes normales en el suelo y sus correspondientes

-Fecha: Febrero/04	Especificación:		 FIMEVIC
MECÁNICA DE SUELOS			
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.	



Rioboo, S.A. DE
C.V.

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL
PUENTE VEHICULAR MUYUGUARDA Y EJE 3 ORIENTE,
EN MÉXICO, D.F.
EJE TRONCAL METROPOLITANO**
Página 14 de 18



deformaciones. Al programa se le dan como datos, la estratigrafía, los parámetros de deformabilidad del suelo como es el coeficiente de variación volumétrica, entre otros.

Tomando en cuenta lo anterior, se obtuvieron las deformaciones a largo plazo provocadas por las descargas máximas de cada una de las siguientes zapatas tipo.

ZAPATA	SECCION (m)	No. PILOTES	CONDICIÓN DE SERVICIO (ton)	ASENTAMIENTO AL CENTRO
				(cm)
TIPO A B-6 - B-7	15.0 X 8.0	34	1680	21.3

IV.4 Procedimiento constructivo para pilas y excavación de cajones

El procedimiento constructivo a detalle para las losas de cimentación y para la construcción de los pilotes, así como para la excavación para alojar los candeleros que recibirán a las columnas prefabricadas del puente, se da por separado en una especificación particular para cada caso.

-Fecha: Febrero/04

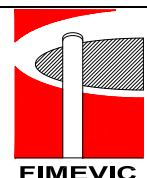
Especificación:

MECÁNICA DE SUELOS

Elaboró: ING. M.P.E.

Revisó: ING.M.P.E.

Aprobó: ING.R.B.M.



FIMEVIC

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en el análisis e interpretación de la información recopilada y junto con los resultados del estudio se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- 1) De acuerdo con la Zonificación Geotécnica establecida en las Normas Técnicas Complementarias (NTC) para el diseño y construcción de cimentaciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF) y del análisis de resultados de campo y laboratorio, el puente esta localizado en la zona del Lago.
- 2) El nivel de aguas freático en la zona del puente se encuentra a 1.4 m.
- 3) El efecto del hundimiento regional se manifiesta con velocidades de hundimiento de 10 cm por año.
- 4) El periodo dominante del suelo es de 1.0 seg de acuerdo con lo observado en curvas de igual periodo dominante en esta zona.

El subsuelo a lo largo del puente esta formado en su mayor parte por los siguientes estratos:

4ª.- COSTRA SUPERFICIAL.- Esta formada por rellenos de 1 m de espesor y le subyace una costra endurecida de arcillas de color gris verdoso de consistencia media a dura que se extiende hasta una profundidad de 5 m. La arcilla en este estrato, en prueba de compresión triaxial tiene cohesiones aparentes de 5.4 t/m², peso volumétrico de 1.58 t/m³, contenidos de agua de 59.4%, relación de vacíos de 1.35 y grados de saturación de 100%.

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.		Revisó: ING.M.P.E.		



Rioboo, S.A. DE
C.V.

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL
PUENTE VEHICULAR MUYUGUARDA Y EJE 3 ORIENTE,
EN MÉXICO, D.F.
EJE TRONCAL METROPOLITANO**
Página 16 de 18



4.b.-FORMACIÓN ARCILLOSA SUPERIOR.- esta constituida por arcillas de alta plasticidad, de consistencia variable (blanda y media a dura), a partir de 5 m y hasta 31 m de profundidad. Este depósito arcilloso tiene contenidos de agua variable entre 87% y 301%, relaciones de vacíos entre 1.95 y 6.45, grados de saturación cercanos al 100%. En pruebas de compresión triaxial presenta cohesiones aparentes variables entre 0.9 (en estratos blandos) y 5.6 t/ m² (en estratos de consistencia media a dura).

4.c.- CAPA DURA Y FORMACIÓN ARCILLOSA INFERIOR. De 22 m y hasta 45 m de profundidad, se detectan los depósitos conocidos como capa dura y a la 2ª formación arcillosa inferior. Los primeros y los que corresponden a la capa dura son los limos arenosos, de color gris claro y tienen una consistencia dura presentando cohesiones aparentes de 6.6 t/m², relación de vacíos de 2.36, contenidos de agua de 98% y pesos volumétricos de 1385 kg/m³. y los que corresponden a la formación arcillosa son las arcillas de color gris verdoso.

- 5) Deberá considerarse para este puente un coeficiente sísmico será de 0.4 g que deberá incrementarse en 50% por ser una estructura clasificada como del grupo "A"
- 6) Para las estructuras de este proyecto, se recomienda el empleo de un sistema de contratrabes unidas con una losa intermedia, trabajando en conjunto con pilotes de fricción. Todos los pilotes, se colocarán en la formación arcillosa superior a una profundidad de 22.0 m. La capacidad de carga última (punta y fricción), para los pilotes de 50 x 50 cm y profundidad de desplante D_f de 22.0 m, y considerando los parámetros geotécnicos obtenidos de las pruebas mecánicas, se alcanzan valores de hasta 118 t/pila; siendo la contribución por punta de 9.7 t y por fricción

-Fecha: Febrero/04

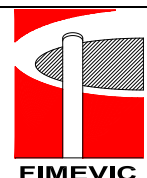
Especificación:

MECÁNICA DE SUELOS

Elaboró: ING. M.P.E.

Revisó: ING.M.P.E.

Aprobó: ING.R.B.M.



FIMEVIC

de 108.6 ton. Con este criterio se determinaron el número de pilotes necesarios para el sistema de cimentación mencionado en el cuerpo de este informe.

- 7) Los asentamientos que se presentarán bajo el conjunto de pilotes serán fundamentalmente de tipo elástico y diferido, obteniéndose asentamientos máximos de 21 cm.
- 8) Durante la construcción de la cimentación, es conveniente contar en obra con un ingeniero especialista en cimentaciones con experiencia para garantizar la calidad de la obra y se alcancen los objetivos del proyecto.

ELABORÓ

APROBÓ

ING. MIGUEL POZAS ESTRADA

ING. RAYMUNDO BRAVO MACIAS

Nota Importante: Este documento se complementa con las especificaciones particulares de procedimiento constructivo para zapatas y de procedimiento para construcción de pilas que se dan por separado; así como planos estructurales, de instalaciones y de trazo correspondientes.

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		 FIMEVIC
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		

REFERENCIAS

1. Juárez Badillo E. y. Rico Rodríguez A., Mecánica de Suelos, Tomos I, II y III.
2. Tamez González Enrique, Ingeniería de Cimentaciones, TGC Geotecnia, 2001
3. Zeevaert, L. Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions. Ed. Van Nostrand.
4. Comisión Federal de Electricidad. Instituto de Investigaciones Eléctricas, Manual de Diseño de Obras Civiles, Geotecnia B.2.2 y B.2.4.
5. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones. Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal. 2001.
6. Hundimiento Medio Anual. Período 1983-1998. Estudio para la integración de los resultados de las nivelaciones de los bancos de nivel implantados por la D.G.C.O.H y elaboración de sus configuraciones.
7. Auvinet, G. Comentarios, Ayudas de Diseño y Ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, DDF. Instituto de Ingeniería, UNAM.

-Fecha: Febrero/04		Especificación:		
MECÁNICA DE SUELOS				
Elaboró: ING. M.P.E.	Revisó: ING.M.P.E.	Aprobó: ING.R.B.M.		