



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

***“ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE  
LA CIMENTACIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR EN  
LA INTERSECCIÓN DEL PERIFÉRICO (ARCO  
NORTE) CON LA AV. CENTENARIO, DELEGACIÓN  
GUSTAVO A. MADERO”***

**T E S I S**

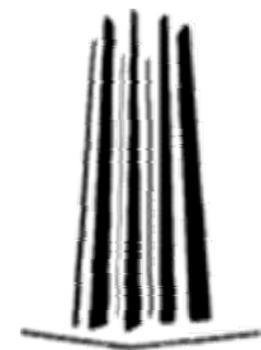
**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :  
JONATHAN LUIS RODRÍGUEZ ORTIZ**

**ASESOR:**

**ING. GABRIEL ÁLVAREZ BAUTISTA**

**SAN JUAN DE ARAGÓN, MÉXICO, D.F. MARZO 2009.**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADÉCIMIENTOS.

### **A MIS PADRES.**

El logro que estoy alcanzando es de ustedes también, los triunfos que tenga en el futuro sabré que han sido gracias a ustedes por que siempre han estado ahí cuando me hicieron falta en los momentos buenos y en los malos también, nunca me dejaron caer en malos pasos y siempre tuvieron un buen consejo para mis aflicciones y preocupaciones. No nada más les debo la vida, sino que también la persona en la que me he convertido con mis virtudes y mis defectos. Gracias por los principios que me inculcaron desde niño, porque me han sido útiles para integrarme a la sociedad, gracias también por la preparación escolar que con mucho sacrificio han dado a mis hermanos y a mí. Gracias por el apoyo y ejemplo que en cada instante de mi vida me han brindado, por la confianza y esperanza que han depositado en mí, pero sobre todo les doy las gracias por sus cuidados, atenciones y por su amor incondicional.

### **A MIS HERMANOS.**

Por su personalidad por su atención por su esfuerzo por su amistad por su compañía por su ejemplo por su aguante por su preocupación y cuidados y por mucho cariño que cada momento de mi vida me demuestran, quiero agradecerles y dedicarles este proyecto en el cual culmino mis estudios, por que ustedes también son parte de este triunfo.

### **A MI FAMILIA.**

Gracias a todos y cada uno de los miembros de mi familia que estuvieron allí, apoyándome en momentos de duda e incertidumbre, por darme cobijo, atención, comprensión y por acogerme en el seno familiar como otro de sus hijos, por que sin duda han sido como unos segundos padres y hermanos, en especial tu abuela que no hubo día que no vieras por mi cuando lo necesite. Ahora quiero dedicarles este proyecto en son de agradecimiento que con mucho esfuerzo he sacado adelante. Gracias por todo su cariño y su credibilidad hacia mi persona.

### **A MIS MAESTROS.**

Gracias a ustedes profesores, por poner ese granito de arena para que yo este aquí el día de hoy presentando este proyecto con el cual estoy culminando mis estudios universitarios. Gracias por hacer de mi una mejor persona, al reflejar poco o mucho de lo que ustedes me ensaaron y por ser un ejemplo de carácter y determinación que me servirán para poder alcanzar las metas que la vida misma me imponga en el camino.

# CONTENIDO

# INDICE

## OBJETIVO

## INTRODUCCIÓN

Justificación Técnica de la Obra del Distribuidor Vial.

Alternativas de Transporte en México.

Antecedentes Históricos.

Sismicidad en la Ciudad de México.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. Localización.

#### 1.1.1 Uso de Suelo.

### 1.2. Descripción del Proyecto.

Descripción de la Obra del Puente Centenario.

Arquitectura del paisaje del puente vehicular.

Características técnicas.

Generalidades del Procedimiento constructivo.

#### 1.2.1 Desarrollo Urbano.

#### 1.2.2 Aforos de Tránsito.

Aforos peatonales.

#### 1.2.3 Capacidad y Niveles de Servicio.

#### 1.2.4 Estudio de tiempos de recorridos y demoras.

Señalamiento existente.

Operación de los semáforos.

Estacionamiento.

Transporte de pasajeros.

Pronósticos.

Volúmenes asignados.

Volúmenes generados.

Volúmenes Inducidos.

**1.2.5** Consideraciones para Evaluación Técnica del Proyecto.

Análisis comparativo entre alternativas de solución.

**1.3.** Condiciones Actuales de la Zona en Estudio.

Informe de los Resultados de las Calas para la Localización de Ductos de Hidrocarburos.

- Trabajos de Campo.

**2.** EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.

**2.1.** Exploración y Muestreo del Subsuelo.

**2.1.1** Generalidades.

**2.2.** Pozos a cielo abierto.

**2.3.** Sondeos con Equipo Mecánico.

**2.3.1** Prueba de Penetración Estándar.

**2.3.2** Muestreo con tubo de pared delgada.

**2.3.3** Sondeo de Cono Eléctrico.

**2.4.** Estudios Efectuados.

**2.5.** Estratigrafía y Propiedades.

### **3. ENSAYES DE LABORATORIO.**

#### **3.1 Especificaciones para Pruebas de Laboratorio.**

**3.1.1** Muestras Alteradas.

**3.1.2** Muestras Inalteradas.

#### **3.2 Pruebas de Consolidación Unidimensional.**

#### **3.3 Pruebas de Compresión Triaxial No Drenada y no Consolidada (UU).**

### **4. DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO (ZONIFICACIÓN).**

#### **4.1 Características Estratigráficas y Físicas del Subsuelo.**

Sondeo No. 1.

Sondeo No. 2.

Sondeo No. 3.

Sondeo No. 4.

### **5. ANALISIS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.**

**5.1.** Recomendaciones.

**5.2.** Tipo de Cimentación.

Estados Límite de Falla.

Estados Límite de Servicio.

### **5.3. Ejemplos de Análisis de un Apoyo.**

Acciones (Supuestas).

Parámetros del suelo.

Arreglo del Apoyo.

Revisión del Estado Límite de Falla.

Condiciones Estáticas.

Condiciones Sísmicas.

Revisión del Estado Límite de Servicio.

## **6. PROCESO CONSTRUCTIVO.**

**6.1** Especificación del Procedimiento Constructivo para los Cajones de Cimentación.

**6.2** Generalidades.

**6.3** Secuencia Constructiva Tipo.

**6.3.1** Procedimiento Constructivo.

**6.3.2** Trabajos Preliminares.

**6.3.3** Perforación e Hincado de Pilotes.

**6.3.4** Perforación e Hincado de Viguetas.

**6.3.5** Perforación e Hincado de Ataguías.

Fase 1: Enfilado de Paneles.

Fase 2: Hincado de Paneles.

**6.3.6** Excavación y colocación del Ademe.

**6.3.7** Colocación del sistema de Apuntalamiento.

**6.3.8** Afine del fondo y Colado de Plantilla.

**6.3.9** Descabece de Pilotes, Armado y Colado de la Losa de Fondo, Dados de Cimentación y parte inferior de Muros.

**6.3.10** Colado de tocón de concreto y retiro del Segundo Nivel de Apuntalamiento.

**6.3.11** Armado y Colado complementario de muros.

**6.3.12** Colocación de Rellenos, retiro del Primer Nivel de Apuntalamiento y Colado de la Losa Tapa.

**6.3.13** Retiro de Ataguías, Viguetas Verticales y Conclusión de la Estructura de Puente.

**6.4** Recomendaciones para el Hincado de la Ataguía.

**6.5** Recomendaciones Generales.

## **7. INSTRUMENTACIÓN.**

**7.1** Referencias superficiales.

**7.2** Criterios de Instalación.

**7.3** Procedimiento de medición.

**CONCLUSIONES**

**FUENTES DE CONSULTA**

## OBJETIVO.

La mayor parte de los alumnos que se encuentran estudiando, tienen una idea vaga de cómo es que se emplean los estudios que se imparten en sus escuelas. No es de extrañar que cuando salen a buscar trabajo se encuentran en situaciones en las que no van a saber que hacer.

Sin embargo hay que recordar que nadie nace sabiendo, es por ello que cuando se hallen trabajando y se les presente cualquier duda, no teman acercarse a su superior inmediato para pedir un consejo o para solicitar una guía por parte de ellos.

El objetivo es, como se mencionó al principio, que la información recopilada, sea un apoyo y una ventana para los que se quieran incursionar en el ámbito de la construcción pero en específico en el área de la geotecnia y mecánica de suelos.

El propósito es que se ponga en énfasis la importancia tan grande que tienen los estudios del suelo que se realizan para la determinación de la cimentación de un puente vehicular y como es que se ejecutan estos estudios.

## INTRODUCCIÓN.

### JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE LA OBRA DEL DISTRIBUIDOR VIAL.

Es importante mencionar que debido al acelerado crecimiento que presenta la Ciudad de México, las vías de comunicación existentes cada vez resultan menos eficientes, para satisfacer las demandas vehiculares de la población originando demoras, problemas de congestionamiento, contaminación, accidentes, etc. que en su conjunto generan molestias y pérdidas de tiempo para miles de capitalinos. Principalmente en las vialidades de acceso a la ciudad que durante las horas de máxima demanda cobran especial importancia debido a que miles de usuarios las utilizan a un mismo tiempo para llegar a sus centros de trabajo, escuela o realizar sus actividades cotidianas, encontrándose en muchos casos que cualquier conflicto en estas vialidades (vehículos descompuestos, mala operación de los semáforos, ascenso y descenso de pasaje y accidentes de tránsito) por pequeños que fuesen repercuten en la operación vehicular incrementando los tiempos de recorrido que realizan los usuarios para llegar a su destino generando demoras importantes y por ende pérdidas económicas para la población.

Tal es el caso de la intersección formada por la Av. Centenario y el Anillo Periférico, donde para mejorar las condiciones de operación se planeó la realización de un puente vehicular que evite el semáforo y propicie la circulación continua de ambas vialidades, evitando con esto demoras a la población, mejorando las condiciones actuales de operación del tránsito.

Debido a la importancia de ambas vialidades por los volúmenes vehiculares que manejan y los asentamientos humanos que a lo largo de su recorrido enlazan, se hace necesario resolver su cruce de forma definitiva, para favorecer la circulación continua y evitar demoras y congestionamientos al público usuario que transita por estas vialidades.

Sin embargo es necesario por lo cuantioso de los recursos humanos y económicos involucrados en un proyecto de esta magnitud, se defina la solución vial más económica y que mayores ventajas represente tanto, en su adaptabilidad al sitio, como factibilidad técnica, cuidando los aspectos de estética y operación, que resuelva el mayor número de movimientos direccionales de conflicto previendo su impacto con el medio ambiente, por lo que es necesario evaluar sus posibles alternativas de solución, para asegurar una eficiente operación y vida útil del proyecto, que traerá consigo mayores beneficios para la población de la Ciudad de México y los Municipios conurbados del Estado de México.

## ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE EN MÉXICO.

El Distrito Federal es una ciudad de 8.6 millones de habitantes con una conurbación de 27 municipios del Estado de México en el que se asientan 9.3 millones de habitantes, para un total de 17.9 millones que habitan la denominada Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

El problema de transporte en el Distrito Federal, no es muy diferente al de otras ciudades de Latinoamérica en cuanto a su esencia, pero si en cuanto a su magnitud, destacándose los siguientes aspectos: del total de parque vehicular de ruta fija ( 28,322 unidades ) el 80% se encuentra fuera de norma y han rebasado el limite de su antigüedad autorizada que es en promedio de 7 años; asimismo el 70% son unidades tipo microbús, los cuales por sus características físicas y operacionales, no son adecuados para las necesidades de transporte en la ciudad; cabe señalar que el origen del problema históricamente estriba en la forma de organización de los concesionarios, prevaleciendo la figura de hombre -camión.

Desde el inicio de nuestra gestión nos comprometimos a enfrentar con responsabilidad y decisión el problema del transporte público, definiendo las políticas en la materia que permitan elevar la calidad del servicio del transporte público en todas sus modalidades y por consecuencia disminuyan los tiempos de traslado, se reduzcan los accidentes viales, disminuya la emisión de contaminantes y se genere un transporte público eficiente y seguro.

En este esquema resulta prioritario privilegiar un servicio de transporte público de pasajeros en la modalidad de colectivo, el propósito del Gobierno del Distrito Federal es impulsar una red de servicio público colectivo articulado, que reduzca las emisiones contaminantes al medio ambiente, que permita mayor rapidez a la movilidad de los millones de personas que hacen uso de este servicio, para que en un futuro inmediato el uso abusivo del vehículo particular se reduzca.

## ANTECEDENTES HISTORICOS.

La evolución de la Delegación Gustavo A. Madero se presenta en relación con su crecimiento poblacional, ya que su espacio delegacional se define respondiendo a fines políticos, económicos y sociales.

Para el año de 1500 A.C. aparecen los primeros asentamientos humanos, principalmente en la zona del Arbolillo, Ticomán y Zacatenco; y con su aparición empezó el largo proceso que cambió el paisaje y al medio natural de la zona, en donde el hombre empieza a aplanar las lomas como respuesta al aumento poblacional y para nivelar los asientos de sus casas.

Sin embargo en la zona llamada El Arbolillo, sitio que estuvo muy próximo al lago, se encontraron restos de una pequeña comunidad agrícola y enterramientos de huesos teñidos de rojo. Esta característica perdura en la cultura de Zacatenco, que florecía en la misma zona entre el año 100 A.C. y 100 D.C.

En el siglo XV los Aztecas construyeron la Calzada y dique de Tepeyac para retener las aguas dulces de los numerosos ríos que desembocaban por ese lado, la zona de la delegación al estar aislada del agua salada, por diques debió haber sido una zona chinampera importante a través de los canales.

Este territorio estaba unido a Tenochtitlán a través de la Calzada del Tepeyac, que iba en línea recta entre Tenochtitlán y el Cerro del Tepeyac y tenía una longitud que iba de los 6000 a los 7000 m. Esta Calzada se construyó en la misma época en que se construyó el albarradón de Nezahualcóyotl durante su reinado en Texcoco, siendo ésta la obra hidráulica más importante de los pueblos indígenas.

En el siglo XVI ya estaba consolidado el pueblo de Guadalupe que era reconocido por otros asentamientos menores de la zona (Santa Isabel Tola, San Pedro Zacatenco, Santiago Atzacolco) como cabecera, este lugar guarda los antecedentes de haber sido el lugar donde se adoraba a la Diosa Tonantzin madre de los dioses en la cultura Azteca. La comunicación con la Ciudad de México se daba a través de las calzadas de Guadalupe y Misterios.

Los pueblos prehispánicos ubicados en un pequeño islote al norte de Tlatelolco, al cristianizarse, fueron organizados como parte de Santiago de Tlatelolco, así fue como Coatlayauhcan se convirtió en Magdalena de las Salinas, ya que sus tierras estaban anegadas y desoladas por lo que sus habitantes se dedicaron a la explotación de la sal y del tequesquite. Los demás pueblos del islote recibieron los nombres cristianos de: San Bartolo Atepehuacán, San Juan Hitzahuac, Santiago Atepetlac y Santa María Capultitlán, estos pueblos tenían relación con los poblados de Azcapotzalco y Vallejo, Santa María Malinalco, San Lucas, y todos los poblados que pertenecen ahora a la Delegación Azcapotzalco, es por eso que la Calzada Vallejo es una de las más importantes y antiguas de ambas delegaciones.

En 1531, surge el culto guadalupano, y para el año de 1563, la Villa de Guadalupe se establece por Acta, definiéndose por fundo legal en 1741, su desarrollo urbano se produce principalmente por las haciendas y los poblados que se encuentran en los lugares cercanos.

Para fines del siglo XVI, empiezan a aparecer las primeras haciendas, la más antigua de la que se tiene noticia es la Hacienda de la Escalera, otra importante fue la Hacienda de la Patera, la cual vendió un pedazo de tierra al pueblo de Atepetlac.

A pesar de las características que presentaba el terreno de la delegación en los Siglos XVII y XVIII la relevancia del santuario de la Virgen de Guadalupe movió a Virreyes y gente notable a apoyar el desarrollo del lugar en donde se encontraba la imagen de la Virgen Guadalupe, por lo que tuvo que planearse una estructura urbana digna de la categoría de Villa. Para ello se llevaron a cabo diversos proyectos por especialistas que estudiaron la topografía de los alrededores del Santuario.

Hacia 1740 existían alrededor de noventa y siete familias que hacían un total de 570 personas. Fue en esa época cuando surgen con más fuerza las haciendas; concepto que ocasiona un rápido proceso de urbanización, siendo una de las más importantes la Hacienda de Santa Ana de Aragón situada junto a la Villa de Guadalupe y el Peñón de los Baños, convirtiéndose por sus dimensiones en pueblo con 458 habitantes para mediados del siglo XIX.

En 1828 se declaró ciudad a la Villa de Guadalupe Hidalgo y durante el gobierno de Plutarco Elías Calles tuvo el carácter de municipio.

Es también en este siglo cuando empieza la gran expansión de la ciudad manifestándose claramente a partir de 1857, extendiendo su crecimiento sobre potreros y campos de cultivo, alineando en este crecimiento a los barrios indígenas cuando se abrían nuevas calles formando parte de la ciudad, modificando el paisaje y la forma de vida de sus habitantes.

A partir de 1931 se transforma en delegación del Distrito Federal, asignándole el nombre de Villa Gustavo A. Madero en honor al revolucionario coahuilense, a partir de 1941 se redujo su nombre a Delegación Gustavo A. Madero.

A partir de 1940 empezaron a instalarse grandes fábricas en terrenos de la actual delegación, en la zona de Vallejo, Bondojito y Aragón. Al ritmo del desarrollo industrial se formaron numerosas colonias de carácter popular, como: la Nueva Tenochtitlán, Mártires de Río Blanco, La Joya. Por otro lado, en torno al antiguo poblado de la Villa de Guadalupe se desarrollan colonias de carácter medio y residencial como son: Lindavista, Zacatenco, Guadalupe Insurgentes y Guadalupe Tepeyac.

En la década de los sesenta se constituye la Unidad Habitacional San Juan de Aragón, a partir de la cual se originan las colonias que conforman la zona oriente de la delegación, la mayor parte de las cuales surgen como asentamientos irregulares.

En las últimas décadas la expansión del área urbana alcanzó la Sierra de Guadalupe en la zona de Cuauhtepac, en donde actualmente se detectan los principales problemas de asentamientos irregulares y deficiencias en la dotación de servicios básicos.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y MEDIO FÍSICO NATURAL.

Ubicación: la Delegación Gustavo A. Madero se ubica en el extremo noreste del Distrito Federal; ocupa una posición estratégica con respecto a varios municipios conurbados del Estado de México (Tlalnepantla, Tultitlán, Ecatepec y Nezahualcóyotl); ya que se encuentra atravesada y/o limitada por importantes arterias que conectan la zona central con la zona norte del área metropolitana, tales como son: Insurgentes Norte, que se prolonga hasta la carretera a Pachuca, el Eje 3 Oriente (Avenida Eduardo Molina), el Eje 5 Norte (Calzada San Juan de Aragón); que conecta con la Avenida Hank González o Avenida Central; en la zona poniente de la delegación se ubican la Calzada Vallejo y el Eje Central (Avenida de los Cien Metros).

Sus coordenadas geográficas son:

Longitud oeste: 99° 11' y 99° 03'

Latitud norte: 19° 36' y 19° 26'

Límites: al norte colinda con los municipios de Tlalnepantla, Tultitlán, Coacalco y Ecatepec; en varios tramos el cruce del río de los Remedios constituye el límite físico más evidente y en otras es el Periférico Norte; al sur: colinda con las delegaciones Cuauhtémoc y Venustiano Carranza. Los límites oficiales de la delegación son los siguientes.

Límite: a partir del centro de la mojonera Tecal que se localiza sobre el puente ubicado en la prolongación de la Avenida Nuevo León de los Aldamas sobre el cauce del Río de los Remedios, en la Colonia San Felipe de Jesús y que define uno de los vértices de la línea limítrofe entre el Distrito Federal y el Estado de México, se dirige hacia el sureste por el eje del Río de los Remedios hasta su intersección con el eje de la Avenida Valle Alto. De ahí prosigue hacia el suroeste por el eje de esta última hasta su cruce con el eje de la Avenida Veracruz; de este punto, la línea sufre una inflexión hacia el sureste por la línea Linares hasta llegar a la barda de los talleres de la Ruta 100, continúa con el mismo rumbo por el eje de las calles Cancún y Villa Cacama, hasta llegar al eje de la Avenida Central; prosigue hacia el sureste, por el trazo de la línea Linares hasta su intersección con el eje de la Avenida Taxímetros; de ésta prosigue con la misma dirección por el eje de la lateral Periférico, el de la Avenida 412, por el de la calle 701 y en seguida por el eje de la Calle Oriente 14 de la Colonia Cuchilla del Tesoro hasta su intersección con la barda Poniente que delimita el Aeropuerto Internacional "Benito Juárez"; sigue la barda hacia el suroeste y en seguida al Noroeste hasta su confluencia con el eje de la Vía Tapo, por donde continúa con la misma dirección hasta la intersección con el eje de la Avenida Oceanía, siguiendo por el eje de la misma hacia el suroeste, hasta el eje de la Avenida Río del Consulado; en este punto sufre una fuerte inflexión hacia el Noroeste y prosigue por el eje de esta vialidad atravesando la Avenida de los Insurgentes Norte, hasta intersectarse con el eje de la Calzada Vallejo; prosigue en dirección Noroeste sobre el eje de la Calzada Vallejo hasta su cruce con el de la Avenida Poniente 152, de donde va con rumbo Poniente en línea recta al centro de la mojonera La Patera, que define un vértice del límite del Distrito Federal con el Estado de México; de ésta sigue al Noroeste por el eje del carril Sur de la Calzada Vallejo, que define el límite entre el Distrito Federal y el Estado de México hasta la mojonera Perilliar, prosigue con la misma dirección por el eje de la Avenida Industrial para llegar a la mojonera Soledad, de donde prosigue por la calle Josefa Ortiz de Domínguez hasta la mojonera Iztacala; de aquí, continúa hacia el Noreste por el eje de la Calzada

San Juan Iztacala para llegar a la mojonera Santa Rosa, de donde prosigue hacia el Noroeste por la colindancia Noreste del Fraccionamiento PIPSA, hasta la mojonera El Molino, continúa hacia el Noreste hasta la mojonera Zahuatlán, de donde se dirige hacia el Sureste aguas abajo por el eje del Río de Tlalnepantla, pasando por la mojonera Puente de San Bartolo hasta el centro de la mojonera Santiaguito; prosigue hacia el Noreste por el eje de la Avenida Ventisca para llegar a la mojonera Presa de San José, de aquí, la línea sufre una inflexión hacia el Noreste siguiendo el eje de la vía del Ferrocarril a Veracruz hasta el centro de la mojonera San Esteban, de donde se dirige hacia el Noreste y el Noroeste pasando por las mojoneras. La Hormiga, Patoni hasta mojonera Zacahuizco, por la que continúa hacia el Noreste por el eje de las calles Juárez y Ferrer hasta la mojonera Particular, prosigue en la misma dirección por el eje de la Calzada Cuauhtepac hasta el centro de la mojonera Chalma; de este vértice continúa hacia el Noroeste por el eje de la calle Río de la Loza hasta el eje de la calle Peña Rajada, de donde sigue hacia el Norte hasta el eje de la calle Peña, por la que se encamina por su eje hacia el Noroeste hasta el centro de la mojonera Número 12 o Puerto de Chalma; a partir de este punto, continúa por el trazo de la línea Linares que va por la cumbre de la Serranía de Guadalupe, pasando por las mojoneras denominadas Mojonera Número 12, Mojonera Número 13, Mojonera Número 14, Mojonera Número 15, Mojonera Número 16, Mojonera Número 17, Mojonera Número 18, Mojonera Número 19, Mojonera Número 20, Mojonera Número 21, Mojonera Número 22, Mojonera Número 23, Mojonera Número 24, Mojonera Número 25, Mojonera Número 26, Mojonera Número 27, Mojonera Número 28, Mojonera Número 29, Mojonera Número 30, San Javier, El Zapote, Mesa Alta, Peña Rajada, Vinguineros, Zacatonal, Picacho o el Fraile, Peña gorda, el Sombrero, Almaraz, Cuauhtepac o Moctezuma, Pulpito, Contador, Cerro Alto, Peñas coloradas, Palmas, Escorpión o Tlalayotes, Puerto de Olla de Nieve o San Andrés, Olla de Nieve, Cerro Cuate, hasta la mojonera Gigante; de aquí, se continúa hacia el suroeste por las colindancias de los predios que dan frente a las calles Plan Sagitario y Vista Hermosa, continuando por el eje de la calle Huascarán y en seguida por el eje de la avenida de las torres hasta llegar a la mojonera Cocoayo, de donde prosigue hacia el suroeste hasta la mojonera Chiquihuite, situada en el cerro del mismo nombre; en este punto, la línea sufre una inflexión hacia el Sureste pasando por las mojoneras Cruz de la Cantera y la Mocha, hasta llegar a la mojonera Cantera colorada; de aquí, prosigue con rumbo general Sureste por el eje de la calle denominada Prolongación Cantera hacia el centro de la mojonera Santa Cruz, de donde continúa hacia el Sureste por el trazo de la línea Linares pasando por las mojoneras El Tanque y La Calzada, prosigue en esta misma dirección por el eje de la vía de acceso interior de la Fábrica de vidrio plano, hasta el acceso de la Fábrica citada, donde se localiza la mojonera La Campana; continúa con el mismo rumbo general por el trazo de la línea Linares, pasando por lo mismo por las mojoneras denominadas Particular, Atlaquihualoya, Santa Isabel, Pitahuayo y la Rosca II que se localiza en el eje del Camellón Central de la Avenida Insurgentes Norte de donde prosigue hacia el Noreste por el eje de la vía mencionada hasta intersectar la prolongación virtual del eje de la calle Francisco J. Macín; siguiendo por el eje de la misma hacia el Noreste hasta intersectarse con el eje del cauce actual del Río de los Remedios por el que se dirige hacia el Sureste hasta llegar al centro de la mojonera Atzacalco que se localiza en el cruce de los ejes de la Carretera antigua a Pachuca, las vías del Ferrocarril a Veracruz y el del cauce del Río de los Remedios; por el que continúa al Sureste pasando por la mojonera Pozo Viejo hasta intersectar el centro de la mojonera Tecal, punto de partida.

Medio Físico Natural: la delegación presenta clima templado con bajo grado de humedad y con una precipitación anual promedio de 651.8 mm. La temperatura media anual es de 17°C. La altitud promedio es de 2,240 m.s.n.m.

El **subsuelo** de la delegación se encuentra integrado por las siguientes **zonas**: *lacustre, de transición y la de lomerío*; la primera de ellas (**lacustre**) se localiza al sureste, constituida por las formaciones arcillosas superior e inferior, con gran relación de vacíos, entre estos dos estratos se encuentra una fase de arena y limo de poco espesor llamada capa dura; a profundidades mayores se tienen principalmente arenas, limos y gravas. Hacia la parte norte, las dos formaciones de arcilla se hacen más delgadas hasta llegar a la zona de transición, la cual está constituida por intercalaciones de arena y limo; con propiedades mecánicas muy variables.

**La zona de lomas** está compuesta por piroclastos, aglomerados, tobas y horizontes de pómez, con esporádicos de lavas y depósitos de aluvión conformados por gravas y arenas.

**La zona de suelo lacustre**, que estaba ocupada anteriormente por el lago de Texcoco, ocupa aproximadamente un 60% de la delegación; **la zona de transición**, es la que se encuentra ubicada en las faldas de la Sierra de Guadalupe y de los cerros de Zacatenco, Cerro del Guerrero y los Gachupines ocupa un 15%; y la zona de lomeríos correspondiente a la parte de los cerros antes mencionados la cual es el suelo más resistente en cuanto a composición geológica se refiere, ocupa el 25% restante.

Superficie: La delegación tiene una superficie de 8,662 ha., que representa el 5.8% del área total del Distrito Federal y el 13.4% del suelo de conservación del Distrito Federal.

Aproximadamente 1266.56 ha. son suelo de conservación, es decir el 14.54 % del territorio delegacional. La zona urbanizada comprende 7,623 manzanas dividida en 10 subdelegaciones formadas por 194 colonias, de las cuales, 6 son asentamientos irregulares 34 son Unidades Habitacionales que por su magnitud se consideran como colonias y 165 son Barrios y Fraccionamientos.

## RELACIÓN CON LA CIUDAD.

La delegación forma parte del primer contorno del Distrito Federal, tiene una fuerte relación físico-espacial con los municipios conurbados del Estado de México que la rodean, al norte colinda con Coacalco, Tlalnepantla, Ecatepec y Tultitlán. Existe estrecha comunicación vial con dichos municipios, como por ejemplo: la Av. Hank González o Av. Central que comunica la zona de Aragón con el municipio de Ecatepec, la Av. Congreso de la Unión que continúa por la Vía Morelos hacia el norte, la Av. de los Insurgentes Norte que se convierte en la Autopista 85 a Pachuca, Anillo Periférico arco norte del cual un tramo forma parte del Municipio de Tlalnepantla, Av. Chalma la Villa que continúa por Av. Santa Cecilia en el Municipio de Tlalnepantla.

Además de la vinculación físico-espacial que guarda con los municipios colindantes, guarda una estrecha vinculación en cuanto a actividades económicas ya que gran parte de las personas que viven en los municipios conurbados trabajan en la delegación dentro de las áreas industriales.

Entre las áreas más importantes que tienen una estrecha vinculación están las zonas de las colonias:

- Acueducto de Guadalupe-Las Palomas Colinda con el municipio de Tlalnepantla
- Cocoyotes-Montañista Colinda con el municipio de Tlalnepantla
- Ticomán-San Juanico Colinda con el municipio de Tlalnepantla
- Nueva Atzacolco-Xalostoc Colinda con el municipio de Ecatepec
- San Juan de Aragón-Ciudad Lago Colinda con el municipio de Nezahualcóyotl

Otro aspecto importante, es que cuenta con equipamiento urbano metropolitano que da servicios al área norte de la zona metropolitana, se observa la presencia del Instituto Politécnico Nacional, que es la institución educativa pública más importante del norte de la Ciudad y que capta una gran población residente en los municipios conurbados, la zona de Hospitales de Magdalena de las Salinas que concentra hospitales de segundo y tercer nivel, la Villa de Guadalupe que es uno de los equipamientos urbanos culturales de mayor relevancia en la ciudad, además del Bosque de Aragón, así como las terminales de carga y pasajeros del norte, que interconectan a la zona metropolitana con el occidente y norte del país.

De los municipios que tienen colindancia con la delegación el que tiene una mayor afluencia vehicular diaria es el municipio de Nezahualcóyotl, ya que existen grandes zonas netamente habitacionales y por tal motivo es importante el flujo de gente que arriba al Distrito Federal de esa zona. Actualmente la única vialidad por la que se tiene acceso es la Av. Central o Av. Carlos Hank González por lo que se amplió y continuó la línea "B" del Metro.

La estructura vial primaria se encuentra consolidada en la porción sur de la delegación, y sólo una parte de la misma sirve de paso hacia los municipios conurbados.

Otro de los aspectos importantes de la delegación es la relación y la comunicación que existe hacia los municipios conurbados a través del transporte eléctrico y colectivo el cual vincula las actividades de ambas entidades, ya que existen varios proyectos para darle una mayor comunicación a la zona conurbada.

Por otro lado, su relación interdelegacional es muy importante con la Delegación Venustiano Carranza, ya que existe una interdependencia en cuestión de equipamiento urbano y una mayor permeabilidad tanto de flujo vial como de actividades comerciales. Al poniente colinda con la Delegación Azcapotzalco; sus relaciones son netamente comerciales; pues se encuentra la zona industrial compartida entre ambas delegaciones, lo que también induce un gran volumen de tránsito de carga.

El impacto que tiene la delegación por ser una de las más importantes a nivel regional, se ve reflejado en los servicios de transporte, en el impacto de los vehículos automotores que diariamente transitan por sus principales vialidades, ya que gran parte de los habitantes de los municipios conurbados del norte llegan por la carretera México-Pachuca y la población flotante que genera la transferencia de modos de transporte, la atención a la salud y la educación media superior y superior.

La Sierra de Guadalupe, tiene una importancia considerable para el Área Conurbada ya que es una de las pocas Áreas Naturales Protegidas con que cuenta la Zona Norte de la Ciudad; pues aunque no es una zona que tenga un fácil acceso se puede decir que es uno de los pocos pulmones naturales que se deben de preservar y cuidar, tanto por los habitantes y autoridades del Distrito Federal como por los del Estado de México; ya que sufre una fuerte presión por parte de los asentamientos irregulares de los municipios colindantes.

### **Usos del Suelo**

La distribución del uso de suelo en el Programa de 1987 se considera predominantemente habitacional, ya que son zonas en donde a pesar de tener comercio básico, prevalece la vivienda unifamiliar y plurifamiliar.

Por otra parte la delegación ocupa el 11o. lugar en comparación con las 16 delegaciones del Distrito Federal en cuanto a densidad teniendo en 1995 145.1 hab./ha. Sin embargo dentro del territorio de la delegación se tienen áreas de muy alta y muy baja densidad, que en el Programa Delegacional de 1987 estaban muy vinculados con el uso de suelo. Así tenemos que la zona en donde se encuentran las colonias Lindavista, Capultitlán, San Pedro Zacatenco, Torres Lindavista y San José Ticomán, son las zonas que tienen más baja densidad menos de 100 hab./ha teniendo un uso de suelo de H2 y H2B.

Las zonas en donde se encuentra la densidad más alta es en la zona de la colonia Gabriel Hernández, Triunfo de la República, la zona habitacional de Magdalena de la Salinas, las Unidades Habitacionales Vallejo la Patera, Lindavista Vallejo, y Acueducto de Guadalupe; éstas son de entre 300 y 800 hab./ha teniendo un uso de suelo de H4 y H8.

### **ZONAS HABITACIONALES.**

Las colonias que cuentan con un uso predominantemente habitacional son relativamente pocas, suman 433 has., las cuales representan sólo el 5% del área total de la delegación. En la mayoría de las colonias predomina el uso mixto. El uso habitacional se concentra en las unidades habitacionales, siendo la más importante la de San Juan de Aragón.

Otras unidades importantes por sus dimensiones son la C.T.M. en Aragón, Narciso Bassols, C.T.M. El Risco, Arbolillo, Vallejo la Patera, Lindavista Vallejo, Acueducto de Guadalupe, Zacatenco y conjuntos dispersos en la zona de Ticomán. Existen también colonias que en su interior conservan áreas de uso habitacional como: Lindavista, Montevideo, Residencial Zacatenco, Residencial Acueducto de Guadalupe, Guadalupe Insurgentes, en donde predomina la vivienda de nivel medio y residencial. También en la zona de Cuauhtépec, existen núcleos de vivienda aislada de tipo popular y precario. Estas zonas tienen la densidad más alta H8 y la más baja en las zonas residenciales H2. Esta zonificación en 1987 representaba el 52% del área total de la delegación y para 1995 sólo el 35%.

### **ZONAS DE USO MIXTO.**

Corresponde a la mayoría de las colonias y abarcaban en 1987 el 9% de su territorio y en 1995 el 36%. Este uso es característico de las colonias de nivel medio y bajo, en donde se genera la mezcla de comercio, servicios básicos e incluso industria vecina, como son pequeños talleres y bodegas; todo esto como parte de la dinámica de las colonias y de las características socioeconómicas propias de sus habitantes.

En estas zonas se observan dos categorías:

Mixto:(vivienda y comercio). Este uso consiste en la mezcla de vivienda unifamiliar o plurifamiliar con locales comerciales y de servicios en planta baja, generalmente de nivel básico. Se considera que esta categoría caracteriza a las colonias de la zona oriente de la delegación (Aragón) y del extremo norte (Cuauhtépec), así como de las colonias de nivel medio alto como: Industrial, Lindavista y Montevideo.

Mixto: (vivienda, comercio, servicios e industria). En esta categoría se observa una mezcla más intensa de vivienda, comercio, servicios, oficinas e industria vecina (bodegas y talleres). Es característico de las colonias que se ubican al sur-centro de la delegación, como: Faja de Oro, Gertrudis Sánchez, Vallejo, Mártires de Río Blanco, La Joya, Capultitlán y Guadalupe Victoria, así como de la zona norponiente, Vallejo y Progreso Nacional.

### **ZONAS DE INDUSTRIA.**

Existen varios polígonos industriales. Este uso representaba el 5% del área total de la delegación y para 1995 representa ya el 6% de su superficie. Estos polígonos se ubican en las siguientes colonias: San Juan de Aragón, Bondonjito, D.M. Nacional, Industrial Vallejo, Nueva Industrial Vallejo, 7 de Noviembre, Salvador Díaz Mirón y Guadalupe Ticomán.

Como se mencionó anteriormente, a estos polígonos se suman los grandes predios con uso industrial existentes en varias colonias donde predomina el uso mixto.

## **ZONAS DE EQUIPAMIENTO.**

Sobresalen varios elementos de equipamiento de nivel metropolitano, cuyos radios de influencia abarcan toda la ciudad. Estos comprendían el 8% de la superficie delegacional en 1987 y en 1995 se conserva la misma superficie. Los más importantes por sus dimensiones y por su cobertura de servicios son:

- Sector Educación. Las instalaciones del Instituto Politécnico Nacional y el centro escolar Benemérito de las Américas.
- Sector Salud. Destacan el conjunto de hospitales ubicados en la colonia Magdalena de las Salinas.
- Transporte. La Central Camionera del Norte y el Bosque de San Juan de Aragón.
- Espacios Abiertos: Los deportivos Los Galeana y Carmen Serdán. Otros elementos importantes son la planta industrializadora de desechos sólidos ubicada al oriente de la Unidad de San Juan de Aragón y el Reclusorio Norte en la zona de Cuauhtpec.

## **ZONAS DE ESPACIOS ABIERTOS.**

Estas zonas abarcan el 15% del área total de la delegación, con una superficie de 1280 ha. las cuales comprenden plazas, parques y jardines, deportivos y otros espacios abiertos (ver cuadro 12), y 884 has. a zonas de conservación ecológica. Entre los espacios que se pueden clasificar como plazas, destaca la Explanada de la Basílica de Guadalupe, por sus dimensiones y por el gran arraigo que tiene entre los habitantes de la ciudad.

Existen también pequeñas plazas que funcionan como espacios estructuradores de los centros de barrio, ya que en torno a ellas se llevan a cabo actividades comerciales y de servicios, estas plazas se ubican en el centro de los antiguos poblados de San Juan de Aragón, Cuauhtpec, San Bartolo Atepehuacan, San Pedro Zacatenco y Santa Isabel Tola, así como en las unidades habitacionales, principalmente en la Unidad San Juan de Aragón; aunque en general presentan un grado de deterioro elevado por falta de mantenimiento.

Respecto a los parques y jardines, destaca el Bosque de San Juan Aragón, el Cerro de la Villa y varios parques y jardines ubicados al interior de las colonias Estrella, Industrial y Unidad Aragón. También dentro de estas áreas se incluyen los camellones de numerosas vialidades; Av. Ing. Eduardo Molina, Av. de los Cien Metros, Av. de los Insurgentes Norte, Vía TAPO, León de los Aldama, Av. de las Torres, Talismán y Av. San Juan de Aragón.

Por otro lado, es importante destacar que en la administración urbana del uso del suelo, los trámites conocidos como constancia de zonificación, acreditación de derechos adquiridos, licencia de uso de suelo, modificación al Programa de Desarrollo Urbano e incremento a la densidad habitacional. Dichos trámites fueron incorporados con posterioridad al acuerdo del Programa de Desarrollo Urbano versión 1987, como un complemento para cubrir deficiencias, estos trámites han carecido de procedimientos claros que den transparencia en su expedición.

## SISMICIDAD EN LA CD. DE MÉXICO.

### **Definición de temblor.**

Un temblor puede definirse como una vibración de la tierra que puede ser producida por diferentes causas, como el colapso del techo de cavernas o minas, el choque de objetos pesados contra la superficie, erupciones volcánicas, acomodamientos de la corteza terrestre, lo que se conoce como tectonismo, algunas explosiones, deslizamientos de taludes en montañas y otras.

A los temblores se les conoce también como sismos o terremotos. Los más importantes desde el punto de vista ingenieril, por la intensidad que pueden alcanzar y los problemas que provocan, son los de origen tectónico.

Los temblores de origen tectónico se deben al acomodamiento de las grandes placas en que se encuentra dividida la corteza terrestre, al haber movimientos relativos entre ellas.

### **Aspectos generales de la sismicidad**

Como se ha insistido, en general la estratigrafía de la Zona de Lomas está constituida por depósitos de suelo firmes y de baja compresibilidad. Para efectos de sismo, como también en lo que se refiere a cimentación, se acostumbra dividir el terreno de la ciudad en zonas de "alta compresibilidad " cuando corresponden a la parte arcillosa o sobre el fondo del valle y de "baja compresibilidad" al referirse a los más resistentes.

Dadas las condiciones tectónicas, México se encuentra en una zona de gran actividad sísmica, principalmente en su región sur. Incluyendo su mar territorial, está repartido entre cuatro placas: dos grandes, la de Norteamérica que va desde México hasta el Ártico y la del Pacífico que además de parte de México incluye parte de Estados Unidos y casi todo el Pacífico del Norte, una mediana la de Cocos que ocupa parte del Océano Pacífico, frente a las Costas de México y Centroamérica y se extiende al sureste de Costa Rica; y la pequeña placa de Ribera que se encuentra en la boca del Golfo de California. El movimiento relativo entre sí de estas placas y la subducción de ellas<sup>1</sup> es el origen de los temblores. La fosa de Acapulco, la causa de la elevada sismicidad en el Sur del país, se debe al contacto entre las placas de Norteamérica y de Cocos, subduccida la primera sobre la segunda.

Las características de mayor interés de un sismo son la duración, la amplitud máxima y la frecuencia. Es obvio que los efectos de un temblor en nuestra ciudad se amplifican más en los terrenos de alta compresibilidad que en los de baja compresibilidad, pues en estos las ondas se transmiten más difícilmente y se amortiguan mucho por las masas de suelo firme.

Se ha observado que en suelos firmes o duros (características de la Zona de Lomas) la frecuencia es más alta que en suelos blandos, es decir, el número de ciclos de oscilación del terreno por unidad de tiempo es mayor, por lo que el movimiento se desarrolla con mayor

---

<sup>1</sup>EL FENÓMENO DE SUBDUCCION SE PRESENTA CUANDO LAS PLACAS EN CONTACTO SE DESLIZAN SUMERGIÉNDOSE UNA POR DEBAJO DE OTRA. ESTE PROCESO ES LENTO, POR LO QUE LOS ESFUERZOS SE ACUMULAN HASTA UN PUNTO EN QUE LA FUERZA DE FRICCIÓN ENTRE PLACAS NO ES SUFICIENTE PARA EVITAR UN MOVIMIENTO SÚBITO QUE GENERA ENERGÍA ELÁSTICA EN FORMA DE HONDAS SÍSMICAS, PRODUCIÉNDOSE ASÍ UN TEMBLOR.

brusquedad y rapidez que en los suelos blandos, donde es más lento; y en los que los desplazamientos y la duración total son - por lo regular - mucho mayores.

En el pasado sismo de septiembre de 1985, las aceleraciones y los movimientos del sismo se amplificaron notablemente más en la Zona de Lago que en la Zona de Lomas. La amplificación de dichos efectos fue de unas cinco veces mayores que en zonas firmes.

Por otra parte, debe buscarse que las propiedades dinámicas de la estructura sean congruentes con las del suelo en que está desplantada; en general se dice que en suelos firmes se comportan mejor las estructuras flexibles y en suelos blandos las estructuras rígidas (con esto se trata de evitar la posible resonancia por coincidencia de las propiedades dinámicas de la estructura y el suelo, como la del 19 de septiembre). Por esta razón, los daños fueron mínimos en las estructuras desplantadas en la Zona de Lomas, donde el período de vibración dominante del terreno era pequeño comparado con el período de vibración de las ondas sísmicas de unos dos segundos de duración.

### **Coefficientes sísmicos**

El objetivo de clasificar a la estructura de acuerdo con su ubicación es el de incorporar en el análisis, las diferentes respuestas de cada zona ante excitaciones sísmicas, lo cual se refleja en el coeficiente sísmico especificado en el art. 206 del RCDF.

Ante la imposibilidad de evaluar con precisión las fuerzas horizontales que para cada sismo se inducen en las estructuras, el reglamento proporciona un parámetro que refleja las acciones máximas esperadas en la vida útil de la estructura para cada zona del D.F. Este parámetro se denomina coeficiente sísmico y se define en el art. 206 del Reglamento. De acuerdo con este artículo la fuerza horizontal que obra en la base de la estructura es:

$$V_o = c W$$

donde:

$V_o$  : fuerza horizontal llamada cortante basal

$c$  : coeficiente sísmico que representa un porcentaje de la gravedad expresado en decimal

$W$  : peso total de la estructura que se encuentra por encima de punto donde no hay restricción al desplazamiento horizontal

Así se tiene que para las estructuras del grupo B en la Zona de Lomas el coeficiente sísmico será igual a 0.16, siendo iguales a 0.32 y 0.40 para las zonas II y III respectivamente (de Transición y del Lago). Para las estructuras del grupo A los coeficientes se incrementarán en un 50%.

### **Factor de comportamiento sísmico**

El factor de comportamiento sísmico incluye la capacidad de los elementos estructurales al resistir cargas cíclicas durante la acción de un sismo; la ductilidad, la resistencia y la capacidad de deformación sin incurrir en una falla frágil en los miembros de una estructura sometidos a movimientos sísmicos, representan un aspecto fundamental en el diseño. El factor  $Q$  de

comportamiento sísmico varía entre 1 y 4 de acuerdo a los requisitos de estructuración y resistencia (inciso 5, NTC - Sismo).

### **Espectros de diseño**

Una de las varias maneras de medir un sismo es empleando espectros de respuesta. Estas son gráficas de respuestas máximas de estructuras de 1 grado de libertad de distintos períodos obtenidos a partir del registro de la excitación sísmica, vista como aceleración registrada por un acelerógrafo.

Los espectros de respuesta muestran las características del sismo desde el punto de vista del efecto (desplazamiento, velocidad y aceleración) sobre las estructuras. Es evidente que durante la vida útil de una estructura, más de una vez estará sujeta a la acción de un sismo. Si interesan los espectros para obtener las aceleraciones máximas, conviene considerar no solo el espectro de respuesta de un solo sismo, sino los de todos aquellos que pudieran tener efecto sobre la estructura. Para cubrir esta posibilidad se utilizan espectros de diseño.

Los espectros de diseño se idealizan en tres ramas: una ascendente, una horizontal y otra descendente, expresada como una función exponencial. Se proporcionan tres espectros diferentes, uno para cada tipo de suelo, considerando los efectos de los temblores y su respuesta a cada tipo de suelo.

Los coeficientes sísmicos que se presentan en el art. 206 del RCDF corresponden a las ordenadas máximas del espectro de aceleraciones; en la sección 3 de las NTC para Diseño por Sismo se indican los valores de los períodos característicos para dichos espectros en las tres zonas en que se divide el D.F.

Así, la naturaleza de las vibraciones en función del tipo de suelo - firme o blando - modifica la forma de los espectros de respuesta. En la figura anexa se pueden observar las diferencias entre el espectro de diseño para el terreno duro y el espectro de diseño para el terreno blando del D.F.

**ANTECEDENTES**

# I ANTECEDENTES.

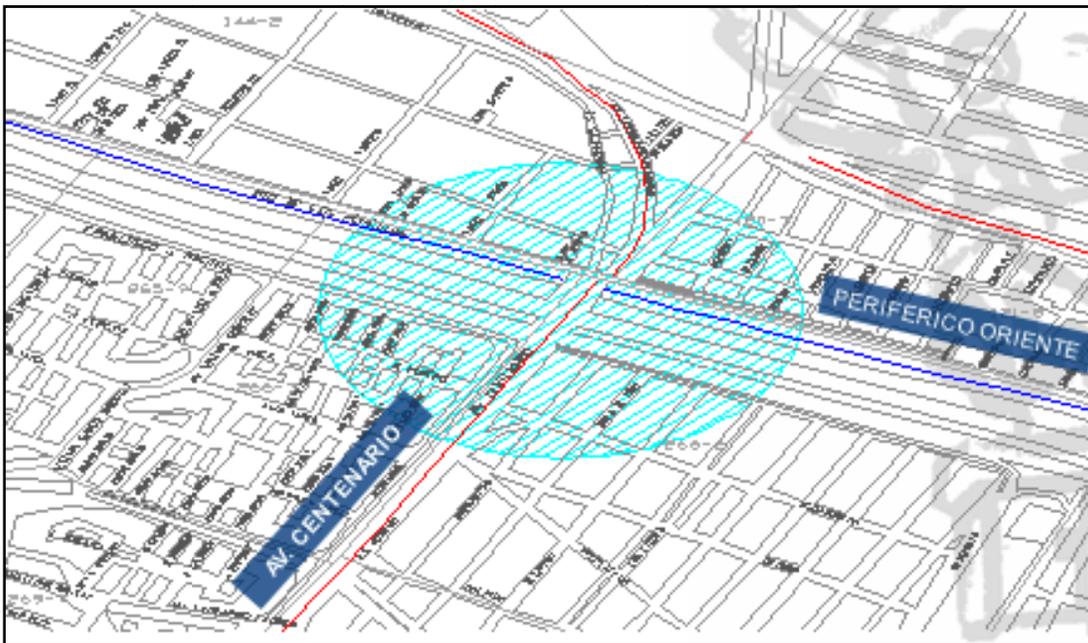
## 1.1 LOCALIZACIÓN.

La intersección objeto del presente estudio esta localizada en la zona Norte de la Delegación Gustavo A. Madero del D.F. y colinda con el Municipio de Ecatepec en el Estado de México. La Av. Centenario es una de las vías principales, para el ingreso a la zona centro, del Transito de largo itinerario proveniente de la Ciudad de Pachuca pues es la ruta Federal Libre utilizada por el transporte de carga. La localización de esta intersección se muestra en las Figuras 1 y 2.

El sistema vial urbano en el área de estudio esta integrado por un conjunto de vías de distinto tipo de jerarquía, cuya función es permitir el tránsito de vehículos y peatones, así como la de comunicar diferentes zonas de actividades comerciales y humanas.

Figura No. 1

### ➤ CROQUIS DE LOCALIZACION



Dentro de las vías primarias que forman las principales rutas por las que se desplazan, los volúmenes más importantes de tránsito urbano, destaca la Av. Centenario que por su trayectoria; comunica las zonas habitacionales y urbanas de la Delegación Gustavo A. Madero, con el Municipio de San Cristóbal Ecatepec, y Tlalnepantla la continuación de esta vialidad es la Vía Morelos que es la carretera Federal Libre a la Ciudad de Pachuca Hidalgo. Para proporcionar un parámetro de la importancia de esta vía, se estima que circulan alrededor de 53,000 vehículos diariamente y durante la hora de máxima demanda alrededor de 3,872 vehículos.

Como puede apreciarse, esta vía dados los volúmenes vehiculares que maneja los centros urbanos que enlaza y la inyección de vialidades primarias que a lo largo de su itinerario se conectan, representa una de las vías de penetración de mayor importancia a la zona central de la Ciudad de México convirtiéndola en una vialidad prioritaria para el desarrollo de la población, principalmente de los Municipios de Ecatepec, Tlalnepantla y centros de población como Jardines de Morelos, Xalostoc, Chiconautla, Tepexpan entre otros.

La otra arteria importante involucrada, es el Anillo Periférico (Río de los Remedios) que es sin lugar a dudas una de las vialidades más importantes de la Ciudad de México que prácticamente conecta la periferia de la Ciudad con las distintas delegaciones del D.F. y los Municipios conurbados del Estado de México convirtiéndola en una vialidad estratégica para el desarrollo de la Población no solo a nivel regional, sino de toda la zona Metropolitana de la Ciudad de México.

**Figura No. 2**



### 1.1.1 USO DE SUELO.

El sitio del proyecto se encuentra localizado en la frontera del Municipio de Ecatepec del Estado de México y la Delegación Gustavo A. Madero de D.F. presentando las siguientes características de urbanización y usos del suelo que se describen a continuación en la **tabla No. 1**

**TABLA No.1**                      Uso de Suelo

CLAVE	USO DE SUELO	AREA (M2)
E	Equipamiento Urbano	4,858.00
HC 3/20	Habitacional con comercio	149,196.00
H	Habitacional vivienda unifamiliar	1'309,295.00
I/H	Industrial con Habitacional	161,006.00
I	Industrial	327,299.00
AV.	Áreas Verdes	112,000.00

Así mismo dentro del estudio se determinaron los elementos que inciden directamente en la disminución de la capacidad de las vialidades, como es el estacionamiento en la vía pública y las paradas de autobuses.

Partiendo de esta base y conociendo que para cualquier proyecto de ingeniería de tránsito, la información de campo es fundamental puesto que una omisión, una distorsión o una mala interpretación traerá como consecuencia una planeación fuera de la realidad, que no solucionará las necesidades de una manera eficaz. Se tuvo cuidado de que la información obtenida en campo fuera lo más amplia y precisa posible para reflejar claramente los conflictos que padece la zona en estudio.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto consiste en la construcción de un Distribuidor Vial sobre Anillo Periférico-Arco Norte y Av. Centenario.

La solución geométrica del Distribuidor Vial consiste en continuar la vialidad del Estado de México en los municipios de Tlalnepantla y Ecatepec con la Delegación Gustavo A. Madero en el Distrito Federal.

➤ Descripción de la Obra del Puente Centenario.  
Arquitectura del paisaje del Puente Vehicular

La necesidad de el proyecto ejecutivo de un puente vehicular en el cruce de Av. Centenario y el Anillo Periférico, en los límites del Distrito Federal y el Estado de México, se deriva del estado de

saturación vehicular existente en el sitio, por lo que no es posible contar con una solución a nivel y debido al deterioro de la imagen urbana que presenta la zona.

#### Localización.

La intersección de la calle de Centenario y Anillo Periférico se encuentra en la zona Metropolitana de la Ciudad de México, entre el límite del Distrito Federal, dentro de la Delegación Gustavo A. Madero y los Municipios de Ecatepec y Tlalnepantla, del Estado de México, como se muestra en los siguientes esquemas (1 y 2), este puente de Av. Centenario beneficiará a la zona Norte del Distrito Federal, y la zona Sur de los Municipios liberando uno de los cruces limítrofes que incrementará la capacidad vial de las comunicaciones entre las dos entidades.

#### Reconocimiento del Contexto Urbano Inmediato.

La imagen del entorno inmediato a la intersección citada presenta un gran **deterioro físico ambiental**, debido a la presencia del **Río de los Remedios** que aún no se encuentra entubado y como todos los ríos de la ciudad tiene un uso específico de conducción de aguas negras, característica que contribuye a incrementar la contaminación ambiental y el deterioro de la imagen urbana.

Otro aspecto que origina un ambiente desagradable es el hecho de que este punto se conforma como una zona de transbordo intenso, actividad que trae consigo la erosión de las áreas verdes por el paso desordenado y constante de peatones y **atrae la presencia de comercio ambulante de todo tipo** que lamentablemente a su vez hace propicios los espacios para las actividades ligadas a la delincuencia.

A manera de ejemplificación se presenta a continuación una secuencia de fotografías de la intersección de Centenario y Anillo Periférico donde se muestra la situación actual de la zona.



**Av. Centenario.** *El abandono y la saturación, son las características principales del paisaje urbano.*

#### Estructura Urbana Propuesta.

En el esquema de la estructura urbana propuesta del Programa Delegacional de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, la Av. Centenario se considera como corredor metropolitano y el Anillo Periférico, como corredor de alta densidad, y el uso de suelo de las zonas que rodean a esta intersección, se consideran para continuar con el uso habitacional; como parte de la estructura vial,

continuará siendo uno de los puntos de comunicación más importantes entre el Distrito Federal y el Estado de México, definitivamente con mayor intensidad cada vez.

De aquí la importancia de lograr una obra que impacte positivamente en el entorno haciendo más segura la circulación vial y dignificando el paso del peatón que constantemente es olvidado.

➤ Características Técnicas.

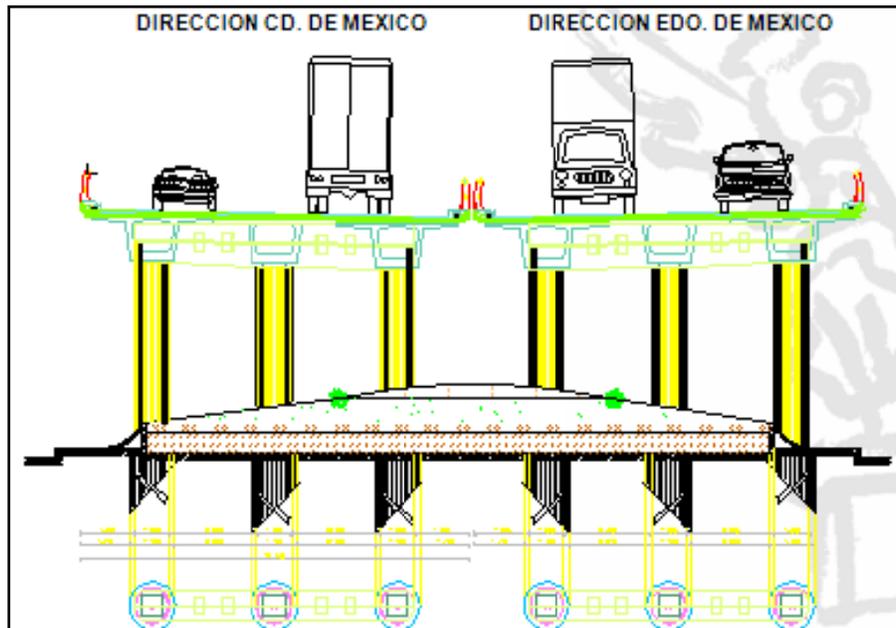
**Cimentación profunda** a base de *206 pilotes de fricción* con sección transversal de 0.40 m x 0.40 m, con dos secciones de 10.50 m de longitud; **cimentación superficial** a base de *14 zapatas* con 4 tipos de cajones (**tipo I** sección 21.20 x 9.00 m, **tipo II** sección 10.60 x 7.50 m, **tipo III** sección 10.00 x 6.00 m, **tipo IV** sección 8.00 x 8.00 m), 52 columnas las cuales son coladas en sitio, 48 piezas son circulares de 1.30 m de diámetro, 4 piezas oblongas de 2.30 x 1.10 m de diámetro y de 6.60 hasta 8.00 m de altura. Cuenta con 66 traveses prefabricadas de sección tipo cajón de 1.30 x 3.50 x 1.28 m, de longitud de 17.90 hasta 36 m/long., y de 37 toneladas de peso hasta 100 toneladas complementándose con 8 aireplenes. El cuerpo principal contará con una longitud total de 1,536.05 m, en dos cuerpos y una superficie total de construcción de 18,893.40 m<sup>2</sup>, albergando tres carriles por sentido de circulación; con gazas complementarias con una longitud de 520.00 m, con un carril por sentido de circulación y una superficie de 3,900 m<sup>2</sup>.

Longitud total:	2,056.05 mts.
Número de carriles:	3 por sentido norte y sur, en el cuerpo principal.
Gazas oriente y poniente:	2 con un carril de circulación cada una.
Superficie total de construcción:	22,793.40 m <sup>2</sup> .
Capacidad vehicular:	120,000.00 veh./día
Empleos Generados:	835 (directos e indirectos).
Población beneficiada:	400,000 hab./mes
Periodo de Ejecución:	13 meses.

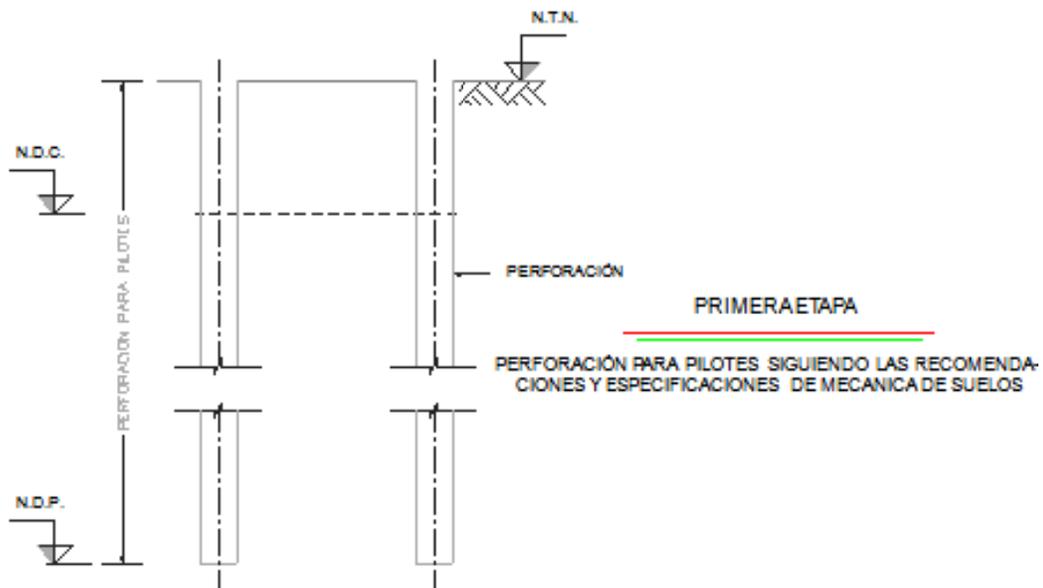
Corte sección transversal.

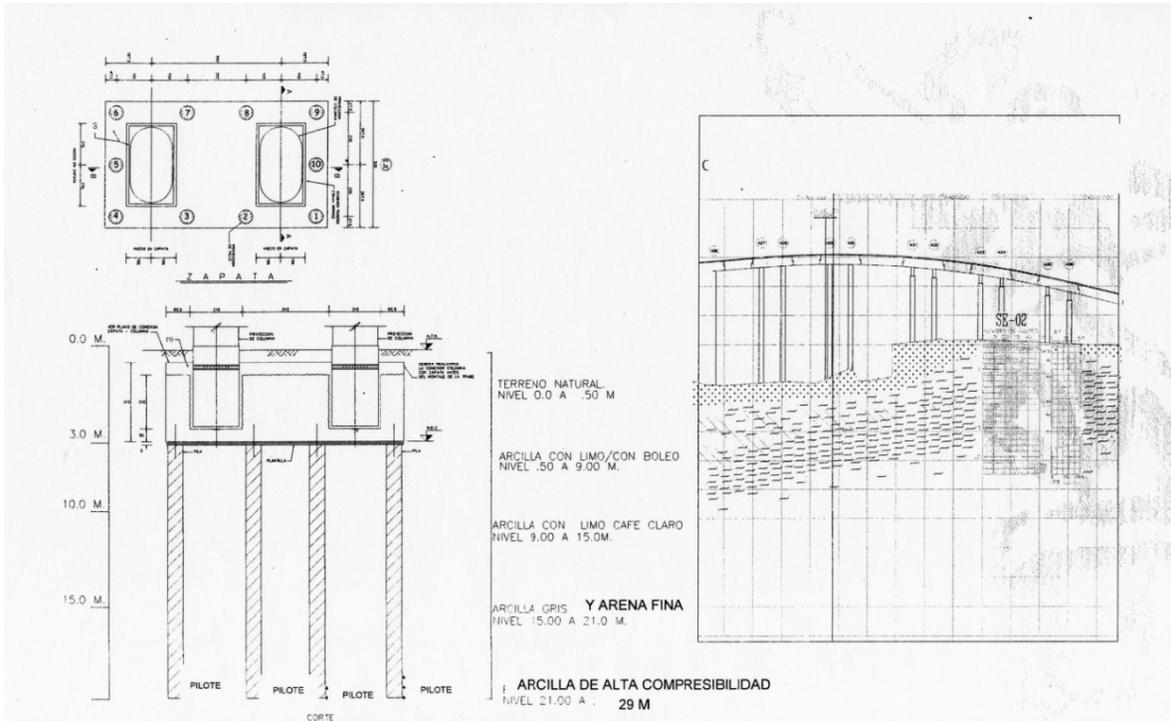
A continuación se muestra lo que son los tres carriles por sentido del puente por medio de un corte de su sección transversal con la siguiente Figura.

Figura No. 3

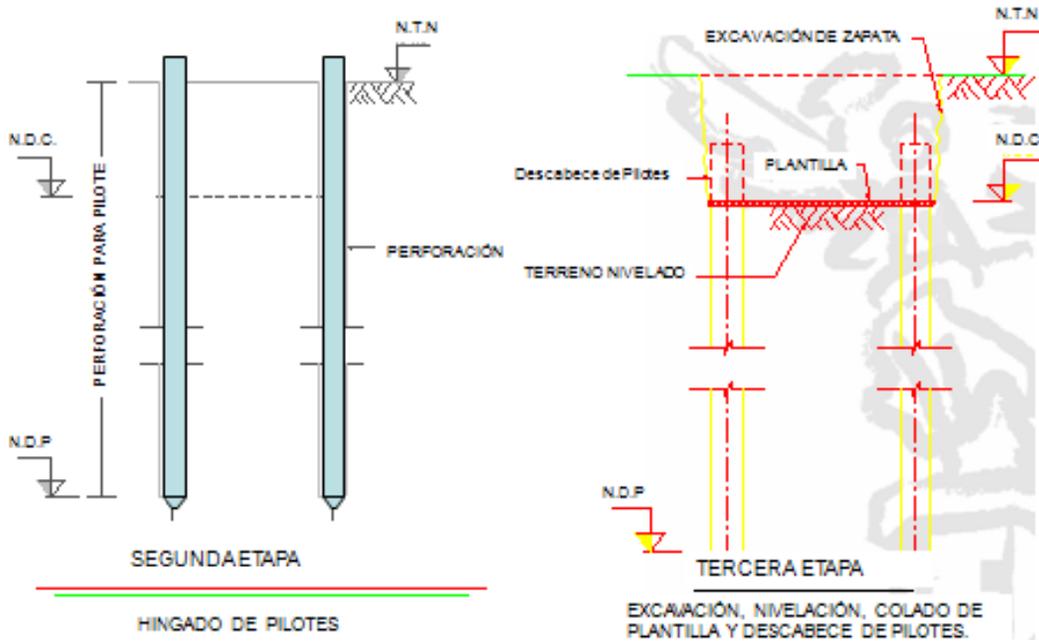


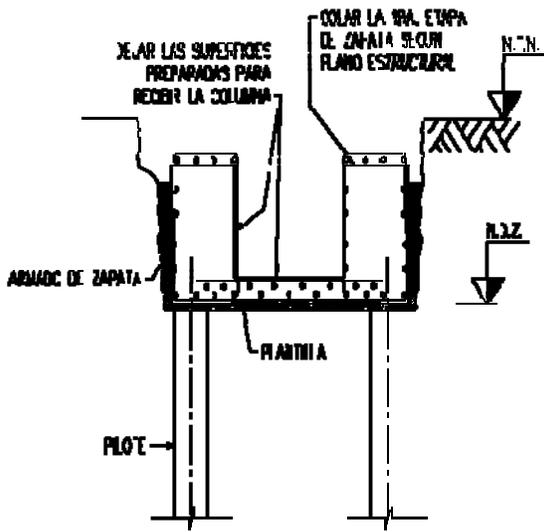
➤ Generalidades del Procedimiento Constructivo.





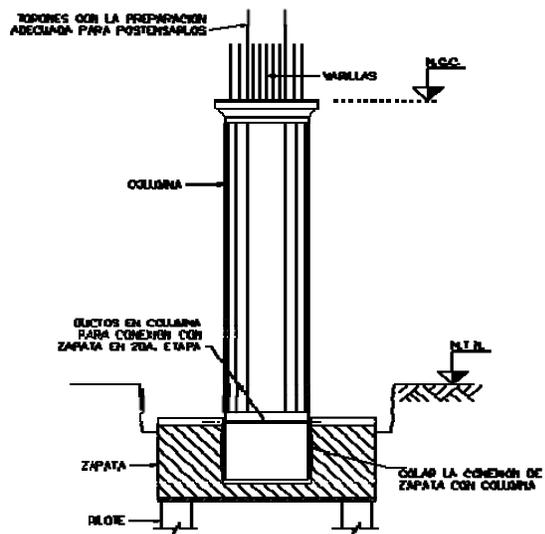
➤ **Pilotes**





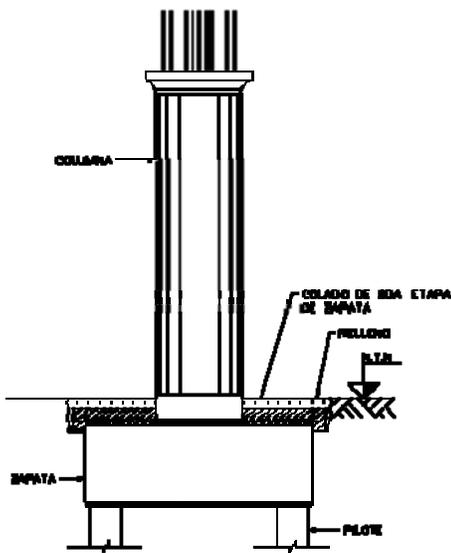
CUARTA ETAPA

ARAMADO, CIMBRADO Y COLADO DE CAJÓN.



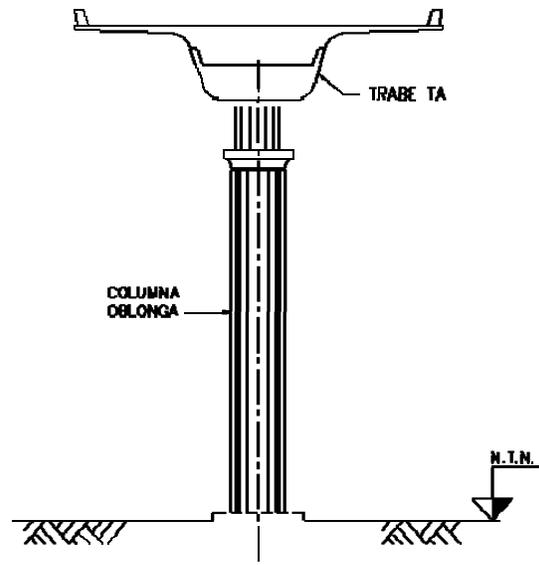
QUINTA ETAPA

MONTAJE, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN DE COLUMNA PREFABRICADA



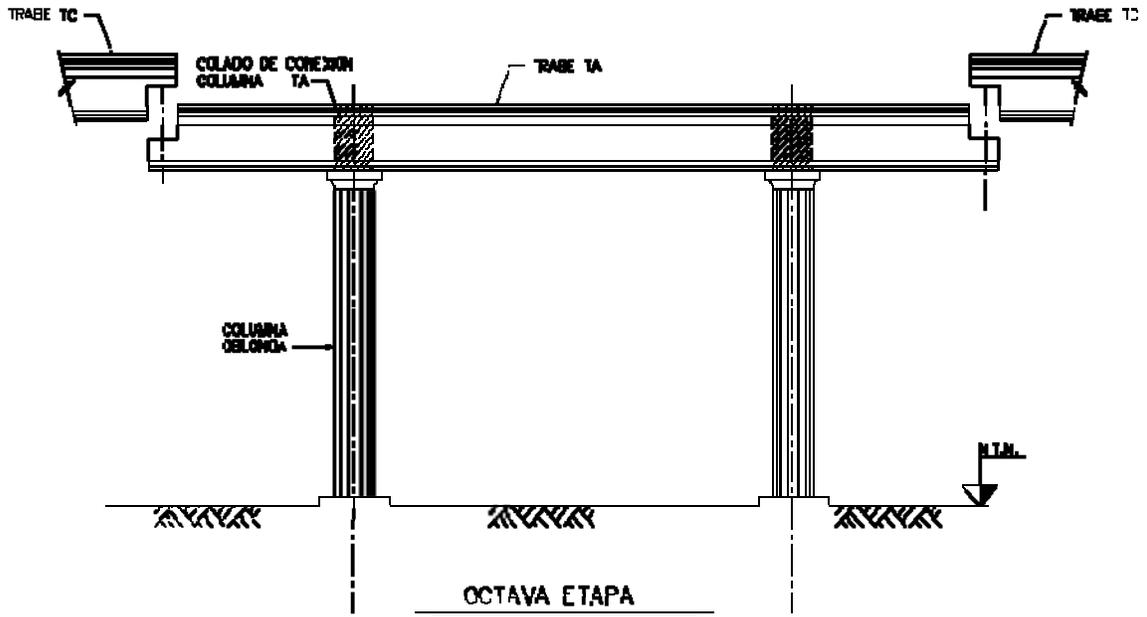
SEXTA ETAPA.

COLADO Y RELLENO DE ZAPATA.

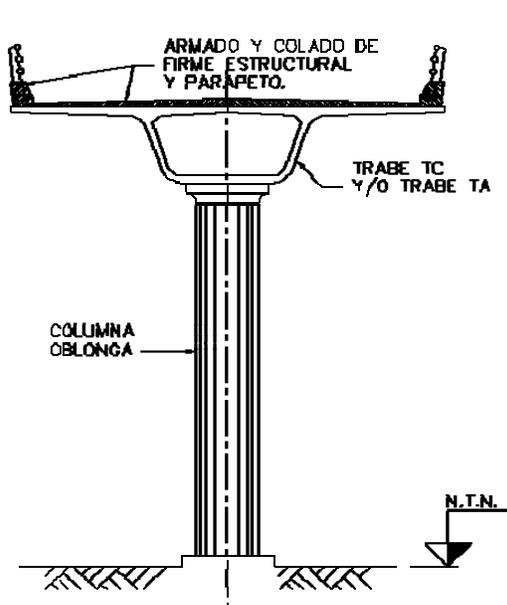


SEPTIMA ETAPA.

MONTAJE DE TRABE TA Y HABILITADO DE CONEXIÓN TA CON COLUMNA

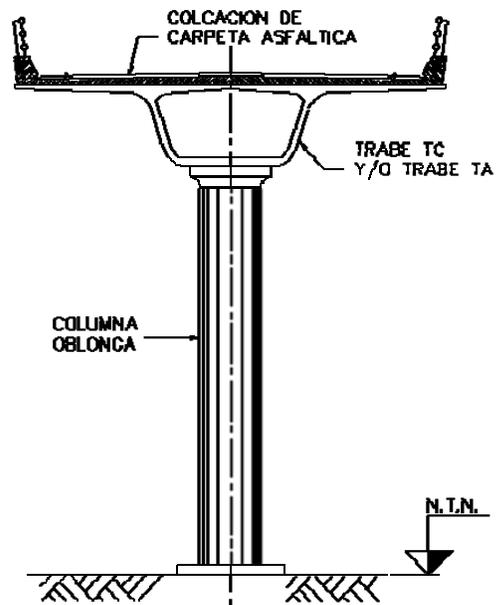


COLADO DE CONEXION COLUMNA Y TRABE TA Y UNA VEZ ALCANZADA SU RESISTENCIA, MONTEJE DE TC SOBRE TA.



NOVENA ETAPA

ARMADO DE FIRME ESTRUCTURAL Y PARAPETO Y COLADO DE AMBOS.



DECIMA ETAPA

COLOCACION DE CARPETA ASFALTICA.

Se procede al *análisis* minucioso de la *información*, con la finalidad de determinar las causas que están generando las actuales condiciones de operación del tránsito y el transporte. El análisis se realizó en primera instancia en forma separada y después en forma interrelacionada, como están operando actualmente.

### 1.2.1 DESARROLLO URBANO.

La zona habitacional de la Delegación Gustavo A. Madero se considera consolidada y no se aprecia que pudiera tener algún cambio substancial en el futuro que pudiera incidir en un crecimiento desmesurado de la mancha urbana.

La zona industrial conurbada de los Municipios de Ecatepec y Tlalnepantla han presentado un crecimiento acelerado en los últimos 10 años hacia el Norte de la Zona de estudio. En los municipios de Ecatepec y Tlalnepantla, la Tasa Media de Crecimiento Urbano es del 4.6%, el crecimiento de la mancha urbana es debido al incremento industrial de la pequeña y mediana industria que se asistan en esta zona, por otra parte el municipio de Ecatepec se desarrolla en la consolidación de las zonas urbanas de uso habitacional que se mezclan con la periferia de las áreas industriales.

La zona esta urbanizada en su totalidad y forma parte de una región de mayor cobertura de movilidad, por lo tanto el crecimiento que atrae esta zona corresponde a la *tasa media* del 3% considerada en el incremento anual.

### 1.2.2 AFOROS DE TRÁNSITO.

Los aforos de tránsito indican la saturación de la intersección, principalmente durante los *periodos de máxima demanda vehicular*, los aforos de estaciones permanentes presentan los siguientes volúmenes vehiculares por día.

TABLA No. 2 Volúmenes vehiculares estaciones de aforo permanentes

LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN	VOLUMEN	VOLUMEN	VOLUMEN	VOLUMEN
	AFORADO	AFORADO	AFORADO	AFORADO
	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
Av. Periferico (Ote-Pte)	15,720	19,860	16,010	16,300
Av. Periferico (Pte-Ote)	21,280	27,310	22,840	15,810
Av. Centenario (Norte-Sur)	24,110	26,588	25,290	27,980
Av. Centenario (Sur-Norte)	24,740	26,410	25,400	26,340
	Suma	<b>100,168</b>	<b>89,540</b>	<b>86,430</b>

Observándose que durante el periodo aforado los máximos volúmenes vehiculares se presentan en conjunto el día jueves que es precisamente cuando se realizó los aforos de movimientos direccionales, para este día los máximos volúmenes vehiculares por hora se prestan

de 7:00 a 9:00 horas y manejan en ambos sentidos de la Av. Centenario un aforo de 3872 vehículos por hora.

### Aforos peatonales.

El resultado de los aforos peatonales indica que la hora de máxima demanda se presenta de las 13:00 a 14:00 horas con un aforo peatonal de 1015 peatones, volumen considerado para las tres intersecciones aforadas de forma conjunta, los movimientos peatonales en el área de estudio se generan en gran medida por el tianguis de herramienta que se instala en el acceso sur de Av. Centenario. En conjunto los aforos peatonales indican una baja demanda peatonal en la zona que no interfiere de forma considerable con la operación vehicular de la intersección estudiada.

### 1.2.3 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO.

Este análisis consiste en calcular la capacidad y el nivel de servicio a la cual están operando actualmente cada uno de los accesos de una intersección en la hora de máxima demanda, así mismo determinar la capacidad y el nivel de servicio de toda la intersección. Para hacer este análisis se siguió la metodología empleada en el *Manual de Capacidad para Carreteras*, publicado en 1985 por la Transportation Research Board, National Academy of Sciences de los E.U.A. y como elemento auxiliar se utilizó el programa de cómputo SIDRA el cual emplea la metodología del *Manual de Capacidad*.

El nivel de servicio es una medida cualitativa que trata de representar la forma como el usuario percibe la calidad de la infraestructura vial por la que circula. Los niveles de servicio se representan por letras, de la "A" a la "F", siendo de la "A" el mejor nivel y se refiere a un flujo de circulación excelente, mientras que la "F" indica el peor nivel y se refiere a un flujo de circulación muy forzado a baja velocidad.

Para poder conocer la operación de las 3 intersecciones se realizó este análisis, tomando en cuenta los siguientes elementos:

- ✓ Volúmenes direccionales de tránsito vehicular en la HMD.
- ✓ Composición vehicular por movimiento.
- ✓ Factores de hora de máxima demanda por acceso.
- ✓ Autobuses que paren en cada acceso en las HMD.
- ✓ Las maniobras de estacionamiento en cada uno de los accesos en las HMD.
- ✓ Anchura de cada carril.
- ✓ El número de carriles por acceso.
- ✓ Duración del ciclo (en intersecciones semaforizadas).
- ✓ Número de fases y duración de cada una de ellas.

Una vez obtenida esta información se realizó el análisis de capacidad para cada intersección. Los resultados obtenidos de estas intersecciones se presentan en la **tabla No. 3**

TABLA No. 3 Niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas

INTERSECCIÓN	ACCESO	NIVEL DE SERVICIO
Av. Centenario-Av. Altavilla	Norte	D
Av. Centenario-Av. Altavilla	Sur	D
Av. Centenario-Av. Altavilla	Oriente	B
Av. Centenario-Av. Altavilla	Poniente	B
Av. Centenario-Periférico	Norte	F
Av. Centenario-Periférico	Sur	F
Av. Centenario-Periférico	Oriente	**
Av. Centenario-Periférico	Poniente	F
Av. Centenario-Av. Desfogue	Norte	F
Av. Centenario-Av. Desfogue	Sur	**
Av. Centenario-Av. Desfogue	Norte-Oriente	**

**Nota.-\*\*** La demora y el N.S. no son significativos para valores I/C > 1.02

En el cuadro anterior se muestran los resultados obtenidos de cada intersección. Observándose que las intersecciones rebasan su capacidad y operan con flujos forzados.

## 1.2.4 ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDOS Y DEMORAS.

Los diferentes recorridos realizados a través del área de estudio indican que la principal demora generada en la zona es debida a la operación de los semáforos de las tres intersecciones consideradas en los análisis de capacidad y nivel de servicio. Por otra parte la segunda causa de demora es las maniobras de ascenso y descenso de pasaje que se realizan en Av. Centenario dado que el transporte público no se orilla para realizar estas maniobras y en muchos casos obstruye dos carriles de circulación al momento de realizar la maniobra.

### Señalamiento Existente.

La principal deficiencia de este renglón es la falta de señalamiento horizontal "Marcas en el pavimento" en la Av. Centenario y la falta de mantenimiento del Anillo Periférico, que impide un a correcta canalización de los flujos vehiculares ocasionando interferencias entre los vehículos, por otra parte la falta de estas marcas en las intersecciones origina que los vehículos no paren antes de la intersección y provoca que invadan los cruces peatonales y en algunos casos los carriles de circulación de los flujos vehiculares perpendiculares.

El señalamiento vertical existente es deficiente debido a la falta de señalamiento informativo previo que canalicen con anticipación los movimientos direccionales que se realizan en las intersecciones, el señalamiento de nomenclatura es escaso y el existente presenta muchas deficiencias en su aspecto físico.

## Operación de los Semáforos.

La operación de los semáforos es inadecuada ya que en la mayor parte del tiempo están siendo operados de forma manual por los agentes de tránsito, por lo que no operan de forma sincronizada ocasionando demoras importantes a los flujos vehiculares de largo itinerario que circulan por Av. Centenario en ambos sentidos.

## Estacionamiento.

Al no existir vigilancia policiaca para evitar el estacionamiento en los carriles laterales de Av. Centenario se propicia que se realice esta maniobra, debida a la presencia de locales comerciales instalados en Av. Centenario, que generan la atracción de viajes a estos puntos y al establecimiento del tianguis de herramienta que se asienta en el acceso sur de Av. Centenario. Situación que se agrava los días domingo que es cuando el Tianguis incrementa sus actividades comerciales generando el estacionamiento de los carriles laterales de Av. Centenario en las inmediaciones del citado mercado.

## Transporte de pasajeros.

Los aforos para detectar las líneas de transporte público que operan en la zona de estudio indican que no existe este servicio en el Anillo Periférico concentrándose esta actividad en Av. Centenario donde se presenta gran demanda del servicio observándose una importante presencia de autobuses foráneos y rutas del transporte del Estado de México en su modalidad de microbús. La presencia de este tipo de unidades en la corriente vehicular reduce la velocidad de operación por las maniobras de ascenso y descenso de pasaje que se realizan en sitios no aptos para esta maniobra.

## Pronósticos.

Uno de los parámetros más difíciles de precisar es el proyectar las demandas y movimientos direccionales a futuro, donde intervienen variables como; las características de los componentes urbanos, uso de suelo, mejoras a vialidades, nuevas vías, etc., que conforme el paso del tiempo resulta más difícil precisar.

El marco de planeación a futuro deberá abrir posibilidades sobre lo que podría acontecer si continúa el proceso anual de crecimiento, pero también lo que sucedería en el caso de adoptar acciones normativas que regularicen el crecimiento urbano.

## Volúmenes asignados.

Parte fundamental de lo que podrá suceder en los escenarios de pronósticos son los volúmenes vehiculares asignados en la fecha actual, para el caso del Puente Centenario, que de acuerdo a su ubicación se manejaron las siguientes hipótesis de comportamiento:

### ***Hipótesis No. 1***

El tránsito vehicular que circula actualmente por Av. Centenario utilizaría el puente vehículo para cruzar el Anillo Periférico con lo cual evitaría la interferencia de los semáforos y mejorarían los tiempos de recorrido, por lo que los volúmenes aforados en Av. Centenario utilizarían el puente vehicular, 3,872 vehículos durante la Hora de Máxima Demanda.

### ***Hipótesis No. 2***

Al analizar las conexiones viales en la zona de estudio se observa que no existe continuidad en Anillo Periférico al paso de la Autopista México-Pachuca, por lo que los volúmenes que circulan por el Periférico no pueden seguir al Poniente, sin embargo esta conexión debe solucionarse en el corto tiempo, situación que modificaría los patrones de movilidad en la intersección objeto del estudio. Y para evaluar el impacto de esta obra se propone la hipótesis siguiente.

### ***Hipótesis No. 3***

Utilizando el estudio de Origen y Destino de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (1983) se obtuvieron los viajes *persona-día* que genera cada Municipio conurbado de la zona metropolitana obteniéndose en porcentaje la generación y atracción de viajes que genera cada centro de población.

TABLA No. 4  
 VIAJES PERSONA-DÍA GENERADOS EN 1983 POR  
 MUNICIPIO.

(Fuente Estudio Origen destino Área Metropolitana de la Cd. De México)

No.	ESTADO DE MÉXICO (MUNICIPIO)	VIAJES (1983)	VIAJES (1998)	% APORTACIÓN POR MUNICIPIO (1998)
1	Naucalpan	1,109,195	1,728,126	5.6843
2	Nezahualcóyotl	1,098,761	1,711,870	5.6308
3	Tlalnepantla	981,888	1,529,782	5.0319
4	Ecatepec	919,128	1,432,001	4.7103
5	Cuautitlán Izcalli	332,030	517,303	1.7016
6	Atizapan de Zaragoza	284,984	444,005	1.4605
7	Tultitlan	139,852	217,889	0.7167
8	Coacalco	138,399	215,626	0.7093
9	Texcoco	132,433	206,331	0.6787
10	Chalco	118,523	184,659	0.6074
11	Los Reyes la Paz	78,690	122,599	0.4033
12	Ixtapaluca	76,711	119,516	0.3931
13	Nicolás Romero	68,767	107,139	0.3524
14	Chimalhuacán	65,281	101,708	0.3345
15	Zumpango	62,376	97,182	0.3197
16	Huixquilucan	59,095	92,070	0.3028
17	Cuautitlán de Romero Rut	57,925	90,247	0.2968
18	Tecamac	28,546	44,475	0.1463
19	Teoloyucán	21,617	33,679	0.1108
20	Tepozotlán	20,314	31,649	0.1041
21	Tultepec	18,037	28,102	0.0924
22	Melchor Ocampo	16,841	26,238	0.0863
23	San Salvador Atenco	14,760	22,996	0.0756
24	Coyotepec	13,965	21,757	0.0716
25	Chicoloapan	7,752	12,078	0.0397
26	Jaltenco	7,272	11,330	0.0373
27	Nextlalpan	4,880	7,603	0.0250
28	Otros	13,635,243	21,243,709	69.8768
		<b>19,513,265</b>	<b>30,401,667</b>	<b>100.0000</b>

Con los porcentajes de asignación por Municipio se homologo el volumen total que circula por Av. Centenario, 2740 vehículos con el número total de viajes que podrían ser asignados al proyecto en Av. Centenario sentido Norte-Sur, para el escenario con los volúmenes de máxima demanda observados durante los aforos de estación permanente.

TABLA No. 5

ASIGNACIÓN DE TRÁNSITO PARA LA VUELTA IZQ.  
AV. CENTENARIO SENTIDO NORTE-SUR

No.	ESTADO DE MÉXICO (MUNICIPIO)	% DE ATRACCIÓN DE TRANSITO x MUN.	TRANSITO AFORADO AV. CENTENARIO (NORTE-SUR)	TRANSITO ASIGNADO VUELTA (IZQ.)
1	Naucalpan	5.6843	2740	156
2	Nezahualcáyotl	5.6308	2740	154
3	Tlalnepantla	5.0319	2740	138
4	Ecatepec	4.7103	2740	129
5	Tultepec	0.0803	2740	22
Suma				599

De forma semejante se procedió al cálculo de los volúmenes asignados para el sentido Sur-Norte como se muestra en la [tabla No. 6](#)

TABLA No. 6

ASIGNACIÓN DE TRÁNSITO PARA LA VUELTA IZQ.  
AV. CENTENARIO SENTIDO SUR-NORTE

No.	ESTADO DE MÉXICO (MUNICIPIO)	% DE ATRACCIÓN DE TRANSITO x MUN.	TRANSITO AFORADO AV. CENTENARIO (NORTE-SUR)	TRANSITO ASIGNADO VUELTA (IZQ.)
1	Naucalpan	5.6843	2740	155
2	Nezahualcoyotl	1.7016	2740	47
3	Tlalnepantla	5.0319	2740	138
4	Ecatepec	4.7103	2740	128
5	Tultepec	0.0924	2740	3
Suma				471

### Volúmenes Generados.

Son los vehículos generados por el crecimiento urbano y poblacional establecido por los planes de desarrollo urbano, esta tasa será utilizada durante los escenarios 1998 y 2008 este ultimo propuesto para cumplir las tendencias de urbanización y población (en la zona únicamente) el calculo de la tasa, se obtiene de los faltantes de urbanización y el crecimiento tendencial de la población, entre el tiempo propuesto para cumplir con el desarrollo integral de la zona. Para este caso el incremento anual es del 1.02% anual. Aplicable al tránsito asignado al proyecto.

### Volúmenes Inducidos.

Se refiere al incremento vehicular, por la atracción de continuidad y liga con otras vialidades a nivel regional, es decir, la comunicación directa entre las zonas de atracción de la Delegación Gustavo A. Madero y los Municipios conurbados de Ecatepec y Tlalnepantla. Lo cual deriva del ahorro en tiempo empleado entre el recorrido actual y el que se desarrollara con la *puesta en*

operación del puente, por lo que el incremento en los volúmenes registrados actualmente, que podrían verse beneficiados por la operación del puente se estiman en 1.0% adicional al crecimiento urbano de la zona de estudio.

En la **tabla No. 4** se presenta la composición de la tasa de crecimiento vehicular asignada a los volúmenes vehiculares del *puente vehículo Centenario*.

	CONSIDERACIONES	TASA CONSIDERADA EN (%)
1	Tasa de crecimiento vehicular de la zona	3.0
2	Tasa de crecimiento inducido en función del crecimiento urbano	1.02
3	Tasa de crecimiento vehículo debida a la integración vial regional de la zona	1.0
Total		<b>5.02</b>

Tabla No 7

### 1.2.5 CONSIDERACIONES PARA EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.

Como se mencionó en párrafos anteriores la evaluación técnica de las diferentes alternativas de solución que pueden aplicarse en la solución de un problema, puede presentar muchas variantes que por lo complejo del proyecto es difícil valorar la diferencia entre los beneficios y desventajas que cada alternativa presenta, dado que un aspecto específico del proyecto puede aportar diferentes grados de beneficio que dependiendo del número de parámetros a considerar y del número de alternativas de solución, pudiera resultar problemática la selección de la alternativa óptima, por esta razón y para tener un parámetro de comparación entre cada alternativa se asignó un valor específico que valúe el peso de cada parámetro a considerar. En la **tabla No. 8** se presentan los principales parámetros considerados en la evaluación técnica y los pesos específicos que dichos parámetros tienen en la evaluación final del proyecto.

TABLA No 8 "Calificación ponderada de los parámetros de evaluación técnica del proyecto".

No	PARAMETRO DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN PONDERADA
1	Adaptabilidad	5.00
2	Accesibilidad	5.00
3	Capacidad	20.00
4	Características de diseño	5.00
5	Características Operacionales	7.50
6	Etapas de Desarrollo	7.50
7	Costos de Operación	20.00
8	Inversión y Costos Conservación	25.00
9	Manejo de Tránsito durante la Obra	5.00
Calificación Ponderada		100.00

## i Análisis comparativo entre alternativas de solución.

### ✦ *Adaptabilidad.*

Considerando que las tres alternativas de solución plantean la construcción de pasos elevados para librar las intersecciones semaforizadas de la Av. Centenario con el Anillo Periférico y la Av. Altavilla en la solución *puentes vehiculares*, se estima que las soluciones planteadas se adaptan completamente a la zona en estudio por lo que la calificación máxima que este parámetro puede tener es de 5.00 puntos. Que en este caso es aplicable a cada alternativa de solución.

### ✦ *Accesibilidad.*

En este aspecto se valúa la posibilidad de realizar el proyecto dentro de los límites de construcción actuales considerándose las afectaciones y daños que para la comunidad pudiera presentar la implementación del proyecto. En la Alternativa No. 1, la gaza de vuelta izquierda de Av. Centenario sentido (Norte-Sur) con dirección al oriente requiere la afectación del mercado semifijo de herramienta de la Col. San Felipe que si bien no esta construido el predio donde se instala el mercado, la construcción de la gaza afectará el comercio local generando su reubicación y por ende un costo social. Por esta razón se le asigna un valor de 3.00 puntos, la Alternativa No.2 que no requiere afectaciones de este tipo se le asigna el valor máximo de 5.00 puntos y la Alternativa No. 3 que por tener tres carriles por sentido requerirá una mayor sección transversal generando una posible reubicación de las espuelas del ferrocarril. Por lo que la calificación de este parámetro en la Alternativa No. 3 es de 4.00 puntos.

### ✦ *Capacidad.*

Al analizar la vida útil de las tres alternativas de solución se obtuvieron los niveles de servicio a los cuales estarán operando, de acuerdo a los diferentes años que componen el horizonte de proyecto, teniéndose que la Alternativa No. 1 funcionaría a nivel de servicio "D" durante los tres primeros años alcanzando su capacidad al cuarto año de operación por esta razón se le asigna una valuación en puntos de 4.00. La Alternativa No. 2 presenta también una vida útil reducida operando a nivel de servicio "C" durante el primer año, para los siguientes cuatro años operará a nivel de servicio "D" y alcanzará su capacidad al año 6 por lo que su calificación en puntos es de 6.00 unidades. La Alternativa No. 3 operará a nivel de servicio "B" el primer año y los siguientes 12 años operará a nivel de servicio "C" y del año 14 al 15 funcionará en nivel "D" para alcanzar su capacidad en el año 15 por lo que su calificación se estima en 20.00 puntos.

### ✦ *Características de Diseño.*

Se considera que las características de diseño son adecuadas para las condiciones de alineamiento perfil y sección transversal, visibilidad y sobre elevación para las tres alternativas de solución, sin embargo la alternativa No. 1 presenta un radio de giro reducido en la gaza de vuelta izquierda que se dirige al Oriente reduciendo la velocidad de operación en este enlace por lo que se considera una valuación en puntos de 4.00 y de 5.00 puntos para las alternativas 2 y 3 por no presentar estos problemas.

#### ✦ *Características Operacionales.*

En este parámetro se valúa la operación de los flujos de tránsito y se considera la solución integral para los diferentes movimientos direccionales que en el entronque genera. En la alternativa No. 1 no se resuelve el movimiento direccional de vuelta izquierda de Av. Centenario (sentido Sur-Norte) por lo que su valuación en puntos es de 4.00 puntos. La Alternativa No. 2 si resuelve todos los movimientos direccionales de vuelta izquierda de Av. Centenario en sus dos sentidos de circulación pero genera maniobras de tensado para desarrollar las vueltas izquierdas continuas propiciando la implementación de un sentido ingles en la zona de puente, para integrarlo nuevamente pasado el Anillo Periférico, por lo que su calificación es de 5.00 puntos. La Alternativa No. 3 presenta las mismas condiciones operativas de la Alternativa No. 2 pero al tener mayor sección transversal permite que las maniobras de entrecruzamiento y divergencia se realicen más libremente por lo que su calificación es de 7.00 puntos.

#### ✦ *Etapas de desarrollo.*

Las etapas de desarrollo del proyecto solo son aplicables a las gazas de vuelta izquierda que el proyecto genere para su posterior implementación. La Alternativa No. 1 pudiera implementarse en etapas para una sola, obteniéndose la calificación de 4.00 puntos tanto la Alternativa 2 y 3 presentan dos gazas que pudieran implementarse en etapas por lo que su calificación es de 6.00 puntos.

#### ✦ *Costos de operación.*

Se refiere a los costos que representa la operación del proyecto durante la vida útil del mismo. En la Alternativa No. 1 por tener una vida útil de solo tres años la calidad de los flujos en su operación se ve restringida por la capacidad generando velocidades de operación bajas que inciden en un mayor consumo de combustible, y tiempos de recorrido, además de los recorridos adicionales que el usuario tendría que realizar por no contar con todas las gazas de vueltas izquierda en el entronque por lo que su calificación en puntos es de 6.00 unidades. La Alternativa No. 2 tiene condicionantes similares debidas a los parámetros de capacidad y nivel de servicio a los cuales opera pero presenta una vida útil de 5 años alcanzando una calificación de 10.00 puntos. La Alternativa No. 3 presenta un adecuado nivel de servicio durante la vida útil del proyecto no generando demoras por lo que los niveles de confort y bienestar se consideran adecuados para la población obteniendo una calificación de 20.00 puntos.

#### ✦ *Inversión y costos de conservación.*

La Alternativa No. 1 con un costo de \$ 37'072,000.00 es la que mejores costos de conservación y construcción presenta por lo que se le asigna una calificación de 20.00 puntos. La Alternativa No. 2 tiene un costo de \$ 39'212,000.00 un poco mayor que la Alternativa No. 1 por lo que obtiene una puntuación de 17.00 puntos. La Alternativa No. 3 es la que mayores costos presenta con una inversión de \$46'692,000.00 obteniendo una calificación de 15.00 puntos.

✦ *Manejo de tránsito durante la Obra.*

No hay diferencia significativa entre las alternativas de solución 1,2 y 3 respecto al parámetro manejo de tránsito dado que pueden implementarse desvíos regionales y bandeos de tránsito durante su construcción por lo que cada alternativa de solución presenta la calificación de 5.00 puntos.

En la **tabla No. 9** se presenta de forma resumida las calificaciones ponderadas que obtuvieron cada alternativa de solución.

TABLA No. 9 Evaluación ponderada de alternativas de solución.

No.	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	Alternativa No.1 SETRAVI	Alternativa No. 2 DGOP (2carriles)	Alternativa No. 3 DGOP (3carriles)
1	Adaptabilidad	5.00	5.00	5.00
2	Accesibilidad	3.00	5.00	4.00
3	Capacidad	4.00	6.00	18.00
4	Características de Diseño	4.00	5.00	5.00
5	Características Operacionales	4.00	5.00	7.00
6	Etapas de desarrollo	4.00	6.00	6.00
7	Costos de Operación	6.00	10.00	20.00
8	Inversión y Costos de Conservación	20.00	17.00	15.00
9	Manejo tránsito durante la obra	5.00	5.00	5.00
	<b>Calificación ponderada</b>	<b>55.00</b>	<b>64.00</b>	<b>85.00</b>

### 1.3 CONDICIONES ACTUALES DE LA ZONA EN ESTUDIO.

Como parte del proyecto del Puente Centenario, que se ubicará sobre la Avenida del mismo nombre y librará el Periférico Norte y el Río de los Remedios, se solicitó a Colinas de Buen, S.A. de C.V., realizar pozos a cielo abierto para localizar las líneas de conducción de hidrocarburos de PEMEX Refinación, Mexigas y Diganamex; la ubicación de estos ductos será tomada en cuenta en el proyecto y en el proceso constructivo del puente.

- ❖ [INFORME DE LOS RESULTADOS DE LAS CALAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE DUCTOS DE HIDROCARBUROS, EN LA ZONA DONDE SE PROYECTA EL PUENTE VEHICULAR CENTENARIO, UBICADO EN EL CRUCE DEL RÍO DE LOS REMEDIOS.](#)

#### TRABAJOS DE CAMPO.

Se planteó la realización de seis calas cuya posición se definió considerando el trazo del proyecto y los señalamientos de PEMEX que indican el área por donde existen tuberías.

A continuación se describe lo encontrado en cada cala, así como su posición a partir de puntos específicos.

##### **CALA N<sup>o</sup> 1**

Se localizó a 20 m al poniente de la Vía del Ferrocarril México – Veracruz, al costado norte de la margen del Río de los Remedios. Se encontraron siete tuberías de acero, de 4, 8, 10, 12, 14, 18 y 24 pulgadas de diámetro a profundidades comprendidas entre 1.45 y 2.70 m (ver Fig. 2).

Según información proporcionada por PEMEX Refinación se debieron encontrar ocho tuberías de acero negro con diámetros de 4, 8, 8, 10, 12, 14, 18 y 24 pulgadas de diámetro; solo se encontraron siete, faltando el ducto de 8" de diámetro, que debía existir entre las tuberías de 12 y 10 pulgadas que se localizaron a lo largo de esta cala.

##### **CALA No. 2**

Esta cala se ubicó sobre Av. Río de los Remedios casi esquina con la Calle Lago Yuriria, se realizó en dos etapas una primera excavación a 3.00 m de profundidad, de 80 x 140 cm, en la cual no se localizó ningún ducto; la segunda excavación se realizó un poco más al norte y en ella se encontraron cinco ductos cuyos diámetros son 8, 8, 10, 12 y 24 pulgadas, todos de acero negro y a profundidades comprendidas entre 1.40 y 1.90 m.

Aunque debían localizarse ocho ductos, se determinó que la información proporcionada por esta cala era suficiente, ya que los ductos 4, 18 y 14 pulgadas ya estaban localizados y su posición se ratificó en la *Cala 01* (ver Fig. 3).

### **CALA Nª 3**

Se llevó a cabo en el camellón central del Periférico, al poniente de Av. Centenario y a la altura de la Calle Margarita; en ésta se localizaron dos ductos de acero negro, uno de 24 pulgadas a 2.30 m de profundidad y el otro de 12 pulgadas a 1.80 m de profundidad; considerando el desnivel existente en la superficie del camellón, mismo que fue tomado como referencia para la ubicación de los ductos, ambos tubos están a la misma elevación respecto a un plano horizontal (ver *Fig. 4*).

### **CALA Nª 4**

Con el fin de confirmar la posición de los dos ductos localizados en la Cala Nª 3, se realizó esta cala sobre el mismo camellón del Periférico a la altura de la calle Las Flores, al oriente de la calle Margarita; en esta se localizaron nuevamente los ductos de 12 y 24 pulgadas, en este caso si hay una notoria diferencia en la profundidad a la que se localizaron dichos ductos, la tubería de 24 pulgadas va emergiendo hasta 50 cm por debajo del nivel de terreno natural; la de 12 pulgadas de diámetro se localizó a 1.80 m respecto al mismo plano de comparación (ver *Fig. 5*).

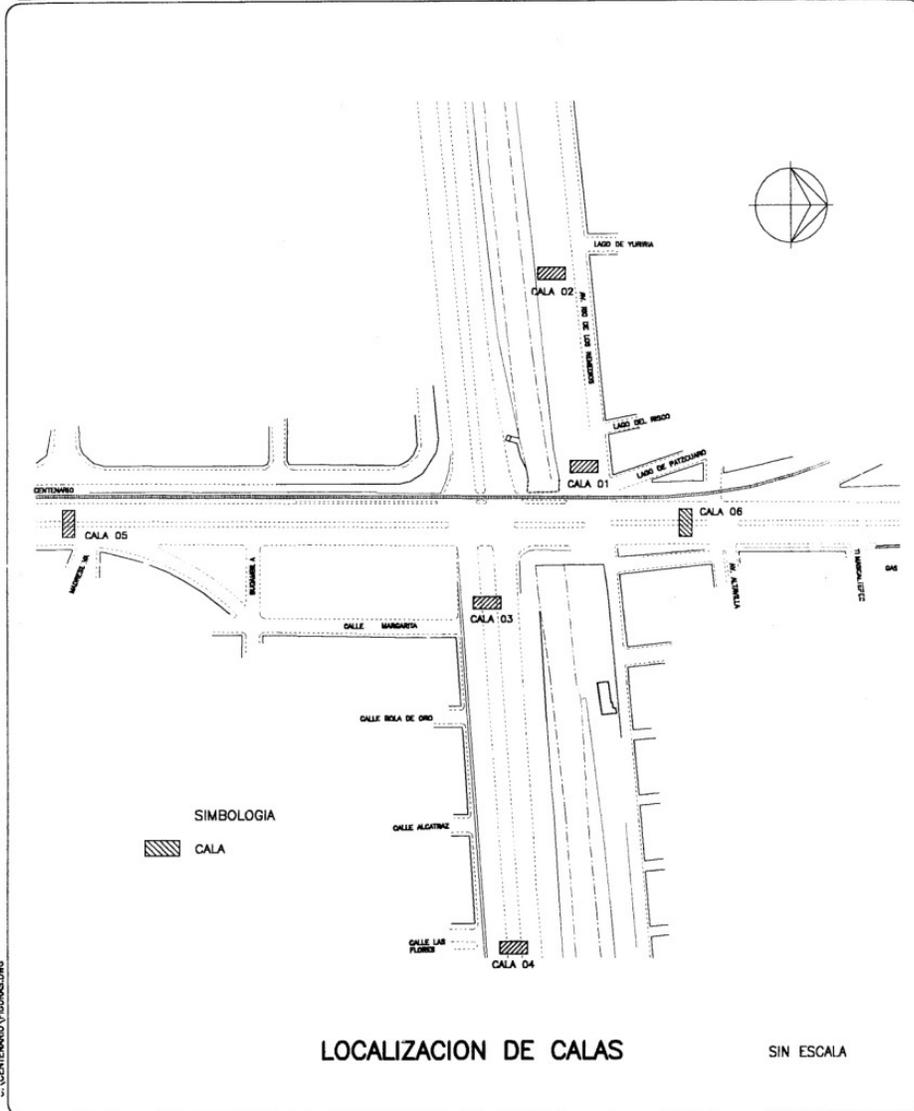
### **CALA Nª 5**

Se llevó a cabo en el camellón central de la Av. Centenario, al sur del Periférico y a la altura de la calle Madre Selva; en esta cala se encontró un ducto de gas de 6 pulgadas de diámetro a 1.05 m de profundidad (ver *Fig. 6*).

### **CALA Nª 6**

Esta excavación se llevó a cabo en el camellón central de Av. Centenario, al norte del Periférico, a la altura de la calle de Altavilla; en esta cala se localizó un ducto de 10 pulgadas de diámetro a 90 cm por debajo del nivel de banquetta del camellón (ver *Fig. 7*).

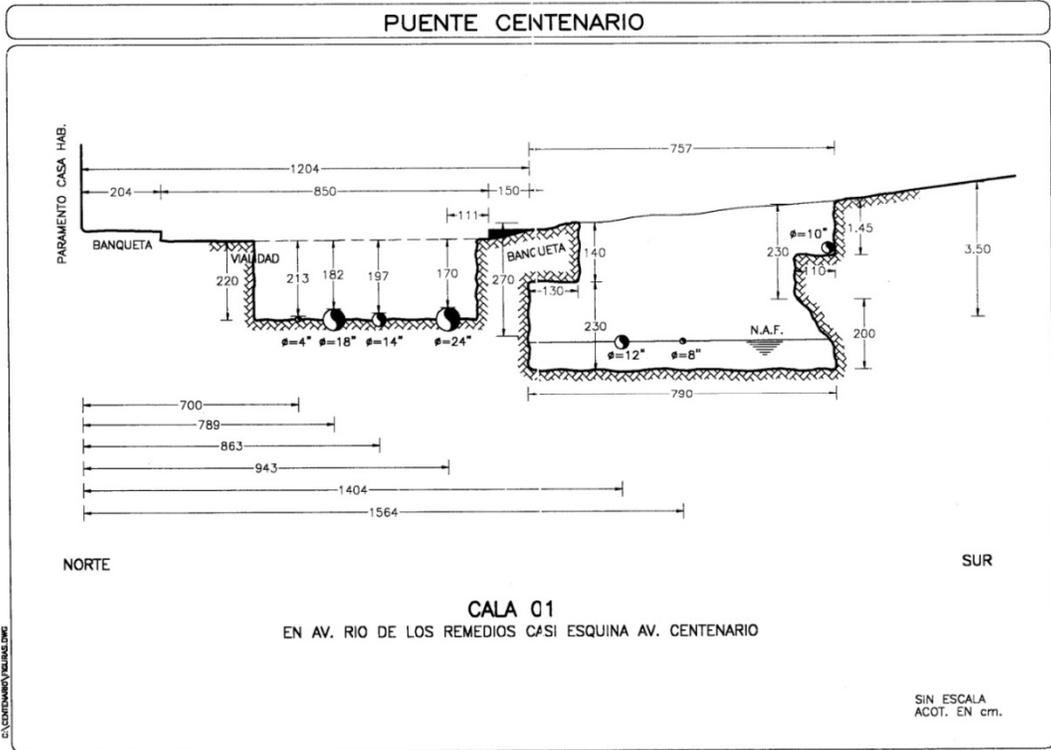
PUENTE CENTENARIO



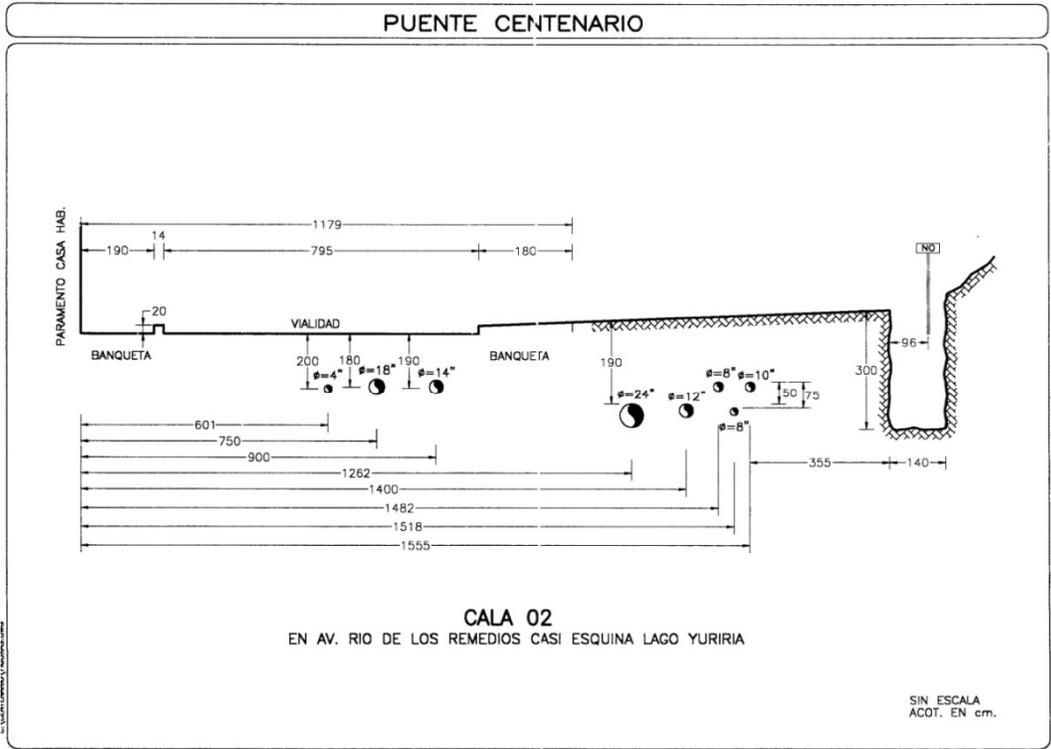
...CENTENARIO Y CALAS.DWG

COLINAS DE BUEN S.A. de C.V.

FIG. 1

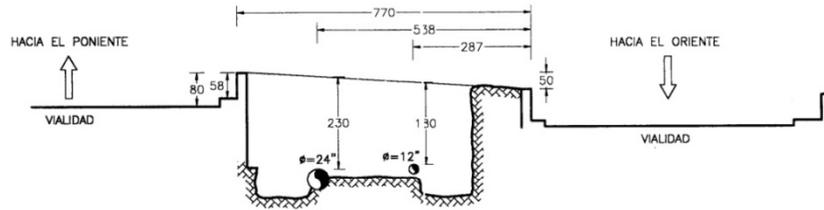


COLINAS DE BUEN S.A. de C.V. FIG. 2



COLINAS DE BUEN S.A. de C.V. FIG. 3

PUENTE CENTENARIO



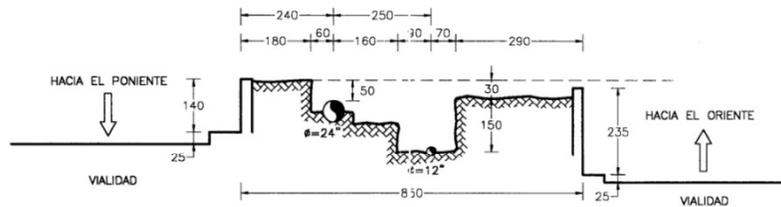
CALA 03  
EN AV. RIO DE LOS REMEDIOS CASI ESQUINA CALLE MARGARITAS

SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

COLINAS DE BUEN S.A. de C.V.

FIG. 4

PUENTE CENTENARIO

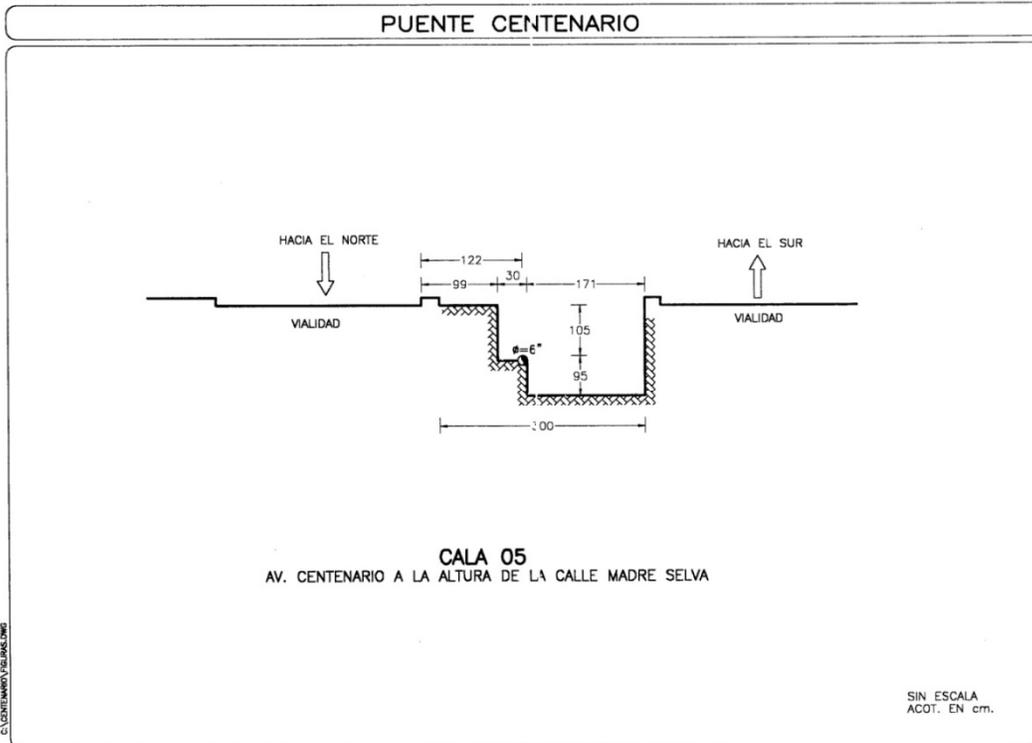


CALA 04  
EN AV. RIO DE LOS REMEDIOS A LA ALTURA DE CALLE DE LAS FLORES

SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

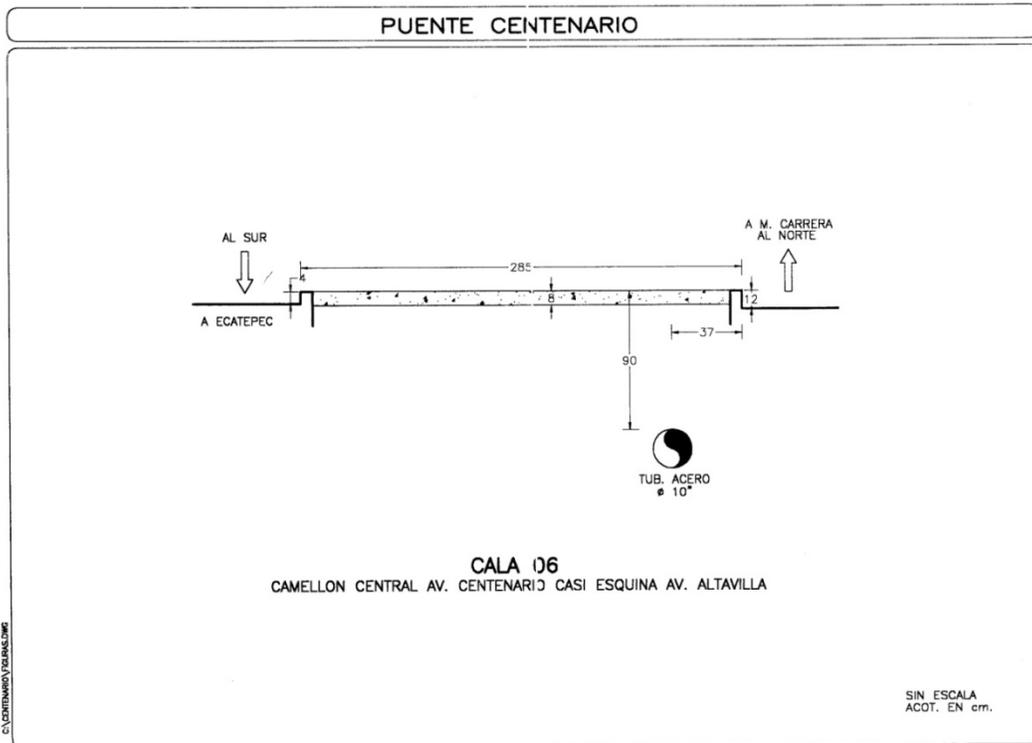
COLINAS DE BUEN S.A. de C.V.

FIG. 5



COLINAS DE BUEN S.A. de C.V.

FIG. 6



COLINAS DE BUEN S.A. de C.V.

FIG. 7



**Fotografía No 1.** Panorámica de la Cala 01 en una de sus etapas.



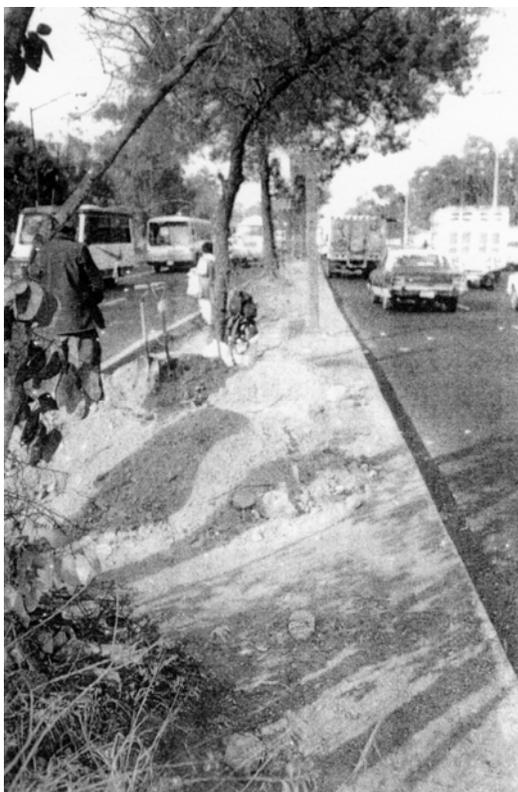
**Fotografía No 2.** Panorámica de la excavación de la Cala 02 en Av. Río de los Remedios casi esquina lago Yuriria.



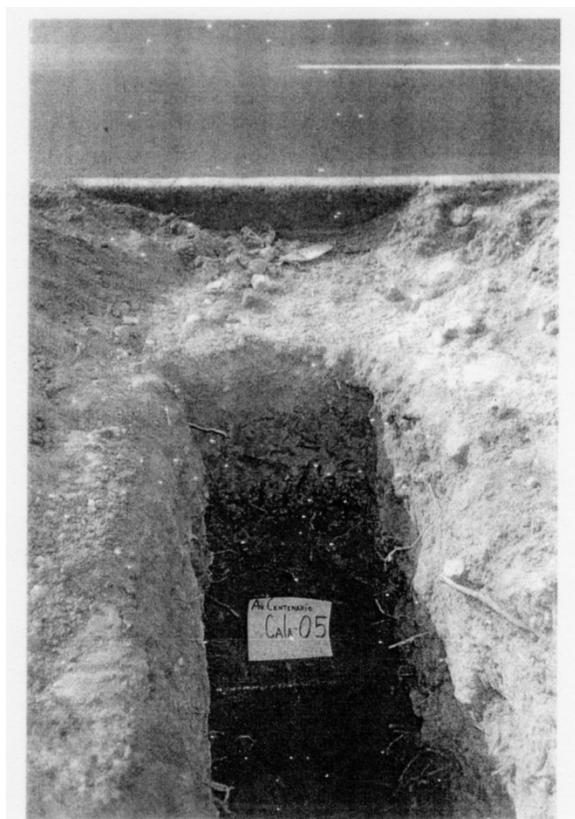
**Fotografía No 3.** Panorámica de la Cala 03 en Camellón del Río de los Remedios, a la altura de la calle Margarita.



**Fotografía No 4.** Ducto de 24" encontrado durante la ejecución de la Cala 04, nótese lo superficial del Ducto.



**Fotografía No 5.** Panorámica sobre Av. Centenario donde se observa la excavación de la Cala 05.



**Fotografía No 6.** Ducto de gas de 6", encontrado en la Cala 05.

# EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

## II EXPLORACIÓN GEOTECNICA.

### 2.1 EXPLORACIÓN Y MUESTREO DEL SUBSUELO.

#### 2.1.1 GENERALIDADES

La investigación del subsuelo tiene como finalidad averiguar el estado natural de un suelo de cimentación antes de la asignación a un predio de un tipo determinado de estructura o de un arreglo de ellas, para lo anterior se programaron ejecutar dos *sondeos profundos uno de tipo mixto y otro de cono eléctrico para conocer las características de los depósitos profundos y cuatro pozos a cielo abierto para determinar los depósitos superficiales.*

Debido a lo heterogéneo y complejo del suelo se han ideado pruebas de campo y laboratorio que permiten obtener en forma aproximada valores y propiedades índice y mecánicas de los suelos. Estos datos permiten tener elementos de cálculo para conocer la capacidad de carga del suelo y el asentamiento que se producirá con lo que podrá dictaminarse la recomendación de la cimentación a emplear.

La exploración del suelo en campo puede realizarse de dos maneras:

- 1.- Exploración Directa
- 2.- Exploración Indirecta

En la *Exploración Directa* se obtienen muestras de suelo alteradas o inalteradas de las cuales se llevarán al laboratorio para su ensaye, mientras que en la *Exploración Indirecta* se obtienen las propiedades físicas del suelo a través de la propagación de ondas sísmicas, conducción de corriente eléctrica, propagación de ondas sónicas.

La Exploración Directa se recomienda para estudios del suelo donde se requiere únicamente tener un criterio general del suelo en el que se cimentara, o bien cuando las construcciones sean de importancia. Ahora bien, si se cimentara en zonas minadas, con oquedades por su misma formación geológica o que contengan grandes capas de rellenos ya sean naturales o artificiales, se considerará conveniente utilizar los métodos de Exploración Indirecta, ya que estos nos permitirían conocer una porción más amplia del terreno.

Respecto al propósito con el que se toman las muestras, estas se dividen en muestras de inspección y muestras para el laboratorio. De las *muestras de inspección* solo se requiere que sean representativas. En cambio, las *muestras destinadas* a estudios de laboratorio deben llenar una serie de requisitos con respecto al tamaño, método de obtención, embarque, etc.

Tanto las muestras de inspección como las de laboratorio pueden ser *inalteradas*, cuando se toman todas las precauciones para procurar que la muestra esté en las mismas condiciones en que se encuentra en el terreno de donde procede y *alteradas* cuando se modifica básicamente su estructura sin cambios químicos. Las muestras de suelo alteradas pueden ser:

- a) Representativas: cuando han modificado su estructura, conservando sus componentes.
- b) No representativas: cuando además de haber modificado su estructura, han perdido alguno de sus componentes.

Para nuestro propósito, la Exploración Directa con cualquiera de los métodos expuestos es recomendable, por la rapidez en la obtención de las muestras y que requiere de equipo menos sofisticado, lo cual implica que sea más económico el estudio y se obtienen buenos resultados. Cabe aclarar que cuando el suelo de cimentación sea conflictivo, en el caso de minas u oquedades por ejemplo, no se restringirá el uso de uno o más de los métodos de Exploración Indirectos.



*EXPLORACION REALIZADA EN EL AREA ANALIZADA*

## 2.2 POZOS A CIELO ABIERTO

Este sondeo es de los comúnmente empleados y recomendados para determinar las propiedades del subsuelo superficial, debido a que las muestras obtenidas son prácticamente inalteradas.

Para conocer las características superficiales del subsuelo se excavaron y muestrearon cuatro pozos a cielo abierto en el interior del predio de interés a 2.0 m de profundidad promedio, para conocer las características superficiales tales como: espesores de capa de suelo vegetal y/o rellenos de mala calidad, obteniendo muestras cúbicas inalteradas de los materiales representativos y determinando la estratigrafía en las paredes de los pozos mediante técnicas de clasificación de campo.

El método queda limitado principalmente al tipo de material y posición del nivel de agua freática, sin embargo si el nivel freático se encontrara antes de cumplir con los objetivos de esta investigación, esto no deberá considerarse como limitante de la profundidad del pozo, el cual deberá continuarse, aunque se requiera utilizar equipo de bombeo. Esta condición nos llevara a encarecer el costo de la cimentación y deberá tomarse en cuenta al escoger el tipo de estructura a construir en el sitio.

El procedimiento consiste en realizar excavaciones a cielo abierto dentro del predio en estudio y profundidad tal que permita determinar las características de los depósitos superficiales (rellenos) y la profundidad a la que se tiene el N.A.F. (Nivel de Agua Freática), que en este caso no se detecto hasta la máxima profundidad explorada por los pozos, ahora bien si las condiciones de los taludes de la excavación lo permiten se profundiza hasta 2 ó 2.5 m, de lo contrario se ampliará la excavación si se considera conveniente.

El pozo debe realizarse con pico y pala, una vez hecha la excavación, en una de las paredes del pozo se va abriendo una ranura vertical de sección uniforme de la cual se obtiene una muestra cúbica de aproximadamente 25 cm. de lado por 20 cm. de profundidad, este trozo de suelo se

empaca debidamente y se envía al laboratorio para su estudio. Si se detectan a simple vista varios estratos de suelo, se tomarán muestras de cada uno de ellos de la misma forma.

Es importante mencionar que la excavación y todos los trabajos realizados deberán estar supervisados por un ingeniero especialista en Mecánica de Suelos, para que ahí mismo realice sencillas pruebas de campo que determinen de manera preliminar el tipo de suelo y algunas de sus características como granulometría, plasticidad, entre otras.

La ubicación y número de pozos a realizar será en función del tamaño del predio, del área que abarque la nueva construcción, del conocimiento previo de las construcciones que existan y de las colindancias.

Se deberá cuidar que la ubicación de los pozos sea tal, que permita la mayor información con el mínimo costo y tiempo dependiendo de las condiciones antes citadas. Los pozos también deben permitir obtener información acerca del desplante de las estructuras colindantes y de las cimentaciones antiguas en el predio mismo en el que caso de que existan.

## 2.3 SONDEOS CON EQUIPO MECÁNICO

Para este proyecto se requirió hacer sondeos de tipo Mixto, (también existe el de Cono eléctrico), denominados SM-1 realizados en el sitio de interés, para determinar la estratigrafía del subsuelo que se tiene por debajo del desplante de la cimentación que se proponga, obteniendo datos más confiables, que serán de gran ayuda en el cálculo de asentamientos y capacidad de carga.

Los sondeos mixtos realizados a 39.80 m (el más profundo) consistieron en combinar el muestreo inalterado empleando el muestreador de pared delgada tipo shelby hincado a presión con el muestreo alterado con la herramienta de penetración estándar (muestras representativas alteradas), con el que se medirá la resistencia que oponen estos materiales a ser atravesados.

El sondeo de Cono Eléctrico a 40 m de profundidad, denominado SCE-1, consiste en el hincado de una punta de acero de 60° de ángulo de ataque y 12.22 cm<sup>2</sup> de área transversal que se encuentra instrumentada con deformímetros eléctricos con una capacidad de carga de 2.0 ton y 1.0 kg de sensibilidad. Esta punta se hincó con la ayuda de un sistema hidráulico de una máquina perforadora Long Year 34 a una velocidad de 1.0 cm/seg, paralelamente al hincado del Cono Eléctrico se llevo a cabo un registro de las lecturas del hincado a cada 10 cm de profundidad. Con este sondeo se conoce la resistencia in situ, pero no se obtienen ningún tipo de muestras.

### 2.3.1 MÉTODO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

Con este método se obtiene principalmente muestras alteradas de suelo, la importancia y utilidad mayores de la prueba de penetración estándar radican en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio en diversos suelos, sobre todo en arenas, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) en arenas y el valor de la resistencia a la compresión simple ( $q_u$ ) en arcillas.

La prueba se realiza dejando caer un martillo que pesa 63.5 Kg. sobre la barra de perforación, desde una altura de 76 cm. El número de golpes N necesarios para producir una penetración de 30 cm. se considera la resistencia a la penetración.

Por considerar la falta de apoyo, los golpes de los primeros 15 cm. de penetración no se toman en cuenta; los necesarios para aumentar la penetración de 15 a 45 cm. constituyen el valor de N.

En el caso de las arenas, los valores obtenidos de N son bastante seguros como para usarlos en el proyecto de las cimentaciones, en el caso de las arcillas plásticas, los valores de N deben tomarse con criterio pues no son tan dignos de crédito.

A continuación se presenta una tabla que correlaciona el número de golpes con la compactación relativa, en el caso de las arenas, y la consistencia en el caso de las arcillas, según Terzaghi y Peck :

**Correlación entre la resistencia a la penetración y las propiedades de los suelos a partir de la prueba de penetración estándar**

<b>ARENAS (BASTANTE SEGURAS)</b>	
No. DE GOLPES POR 30 CM. N	COMPACIDAD RELATIVA
0 - 4	MUY SUELTA
5 - 10	SUELTA
11 - 30	MEDIA
31 - 50	COMPACTA
MAS DE 50	MUY COMPACTA

<b>ARCILLAS (RELATIVAMENTE INSEGURA)</b>	
No. DE GOLPES POR 30 CM. N	CONSISTENCIA
MENOS DE 2	MUY BLANDA
2 - 4	BLANDA
5 - 8	MEDIA
9 - 15	FIRME
15 - 30	MUY FIRME
MAS DE 30	DURA

Para el caso de arenas, en especial las situadas abajo del N.A.F., se tiene una mayor dificultad para obtener la muestra, por lo que se recomienda utilizar Penetración Estándar.

### 2.3.2 MUESTREO CON TUBO DE PARED DELGADA.

Con este método se obtienen muestras inalteradas del suelo, aunque en Mecánica de Suelos se habla de muestras "*inalteradas*" se debe entender en realidad un tipo de muestra obtenida con cierto procedimiento que trata de hacer mínimos los cambios en las condiciones de la muestra "*in situ*", sin interpretar la palabra en su sentido literal.

La aclaración anterior se debe a que la muestra obtenida con esta herramienta alterará inevitablemente las condiciones de esfuerzo que esta tiene en relación al material que la rodea. Sin embargo con este procedimiento, y gracias a una corrección que se hace en el desarrollo de los cálculos, los datos que se obtienen son de gran confiabilidad.

El procedimiento consiste en hincar el tubo de pared delgada en el suelo aplicándole una presión constante, y para alcanzar un grado de alteración mínimo nunca deberá hincarse a golpes o con cualquier método dinámico.

Los muestreadores más comunes son:

- 1.- Muestreador tipo Shelby.
- 2.- Muestreador de Pistón.

En suelos muy blandos y con alto contenido de agua, estos tubos no logran extraer la muestra, esto se evita hincando lentamente el tubo y una vez lleno se deja en reposo cierto tiempo antes de extraerlo.

Las muestras obtenidas serán debidamente protegidas y etiquetadas para ser enviadas al laboratorio, en donde se les realizarán las pruebas de laboratorio necesarias para obtener los parámetros con los que se diseñará la alternativa de cimentación que se juzgue más adecuada.

### 2.3.3 SONDEO DE CONO ELÉCTRICO.

El sondeo de Cono Eléctrico denominado SCE-1, consiste en el hincado de una punta de acero de 60° de ángulo de ataque y 12.22 cm<sup>2</sup> de área transversal que se encuentra instrumentada con deformímetros eléctricos con una capacidad de carga de 2.0 ton y 1.0 kg de sensibilidad. Esta punta se hince con la ayuda de un sistema hidráulico de una máquina perforadora Long Year 34 a una velocidad de 1.0 cm/seg, paralelamente al hincado del Cono Eléctrico se lleva a cabo un registro de las lecturas del hincado a cada 10 cm de profundidad, en el registro del Cono Eléctrico, se obtuvieron las resistencias de punta del subsuelo, estas se grafican con respecto a la profundidad, para posteriormente interpretar dicha gráfica y obtener la columna estratigráfica del sitio analizado.



FOTO DEL SONDEO DE CONO ELECTRICO

El control y coordinación de la exploración de campo y de los ensayos en el lugar se efectuarán por parte de un ingeniero especialista en geotecnia.

### UBICACION DE SONDEOS

En las figuras se muestran los perfiles estratigráficos de los pozos a cielo abierto excavados para conocer las propiedades de los depósitos superficiales y las cimentaciones colindantes.

#### PERFIL PCA's



**FOTOS DE LOS SONDEOS REALIZADOS**



**FOTOS DE LOS SONDEOS REALIZADOS**

## 2.4 ESTUDIOS EFECTUADOS.

Aun cuando no está definida la estructura del puente, se ha planteado inicialmente en términos de que se desarrollará sobre la Av. Centenario, con una longitud del orden de 500 m, salvando el Periférico con seis carriles centrales y cuatro laterales, además del cause del Río de los Remedios al centro del citado Periférico.

Debe mencionarse que además de las instalaciones urbanas convencionales, existen líneas de ductos de PEMEX, una en el camellón central de la Av. Centenario y otra en un bordo del cause del Río de los Remedios.

Es importante, así mismo mencionar que la altura de la estructura deberá permitir el paso de los vehículos de transporte de carga y pasajeros, incluyendo quizás los espacios que requieran las líneas aéreas que necesitan los sistemas de transporte eléctrico. La altura del gálibo deberá tomar en cuenta la magnitud de los hundimientos que sufra la estructura en el transcurso del tiempo, por efecto de las cargas impuestas en ella a un suelo particularmente compresible.

Con relación a las condiciones geotécnicas en el sitio del proyecto, puede decirse que corresponden a la **Zona del Lago**, caracterizada por la presencia de importantes formaciones de arcillas de baja resistencia al esfuerzo cortante y alta compresibilidad.

Localmente el sitio presenta varios aspectos que es necesario comentar. Como ya se mencionó anteriormente, existen en el área varias líneas de ductos de PEMEX, además de las instalaciones urbanas subterráneas y aéreas convencionales. Otro aspecto importante es la presencia de la antigua vía del ferrocarril a Veracruz, que se desarrolla al poniente de la Av. Centenario, en un terraplén del orden de 2 m de altura en promedio sobre las vialidades circundantes. Esta vía actualmente se encuentra fuera de operación, sin embargo, al urbanizarse la zona, fue necesario cruzar el Río de los Remedios con nuevas vialidades, decidiéndose elevar el nivel de la rasante de la Av. Centenario hasta el correspondiente a la vía férrea, teniéndose que construir un terraplén para alojar dicha avenida, generándose rampas para acceder a las vialidades transversales, e inclusive muros de contención de concreto.

El Río de los Remedios corre a cielo abierto actualmente por el carril norte del Periférico, encausado por bordos de tierra. El proyecto de esta vialidad contempla la construcción de los carriles de alta y baja velocidad con dirección oriente – poniente paralelamente a la margen izquierda del río, confinándose éste al centro de la vialidad.

Para determinar las características y propiedades del subsuelo, se llevó a cabo un programa de exploración, muestreo e investigación del estado de presiones del agua del subsuelo fijado por la Dirección, que consistió en la ejecución de 4 sondeos con una longitud total de perforación de 80 m, así como en la instalación de una estación piezométrica, consistente en un pozo de observación y dos piezómetros abiertos. Posteriormente, a la vista de los resultados de los primeros sondeos, se autorizó la ampliación de la exploración hasta una longitud total de perforación de 140 m, aproximadamente. La justificación de este incremento se basa en que para el tipo de estructura en estudio, es indispensable conocer la profundidad de la *Primera Capa Dura*, las características de compresibilidad de los materiales de la parte inferior de la *Formación Arcillosa Superior* y las posiciones y resistencias de los estratos arenosos, que pudieran influir en el hincado y comportamiento de pilotes.

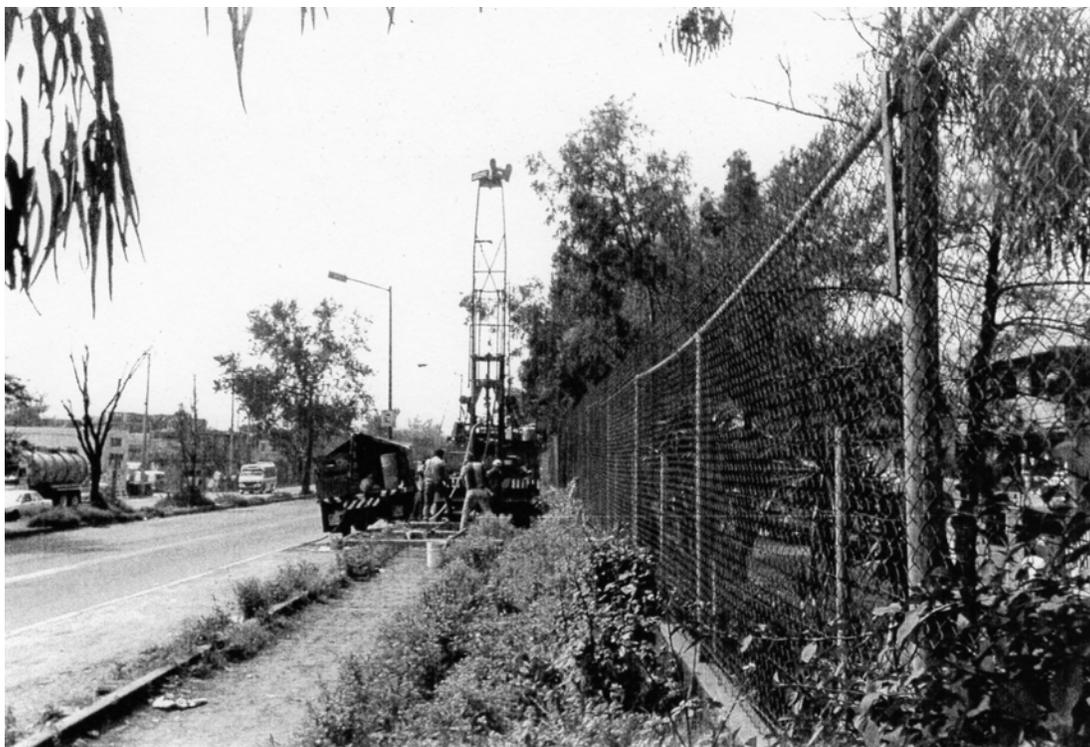
La posición de los sondeos se presenta en la **fig. 1**, en la cual se trató de cubrir la probable longitud de la estructura, así como evitar la interferencia del tránsito y las instalaciones existentes.

Los sondeos se realizaron principalmente por un procedimiento de Penetración Estándar, efectuándose la prueba del mismo nombre, (SPT) y obteniendo muestras alteradas de los materiales del subsuelo. Por otro lado, se obtuvieron muestras inalteradas según un programa selectivo, hincando a presión tubos metálicos tipo Shelby, de 10 cm de diámetro.

En la tabla siguiente se presentan las principales características de los sondeos ejecutados.

Sondeo	Prof. (m)	Prof. Nivel freático (m)
S - 1	35.00	4.10
S - 2	39.80	4.10
S - 3	34.20	3.30
S - 4	34.20	2.60

Las muestras obtenidas fueron sometidas en el laboratorio a un proceso de identificación y clasificación, mediante procedimientos visuales y manuales, realizándose a continuación la determinación del contenido natural de agua y sus propiedades índice, como límites de plasticidad y granulometría. En muestras inalteradas seleccionadas, se efectuaron ensayos de consolidación unidimensional y de resistencia al esfuerzo cortante, en pruebas de tipo no consolidada, no drenada, (UU), así como ensayos con torcómetro.



Ejecución del Sondeo 1.



Calas tipo realizadas (cala1), para verificación de instalaciones.



Ubicación del equipo en el Sondeo 2, desde la calle lateral, observándose el espesor del terraplén.



Ejecución del sondeo 2.



Ejecución del sondeo 3 y de la instalación de la estación piezométrica.

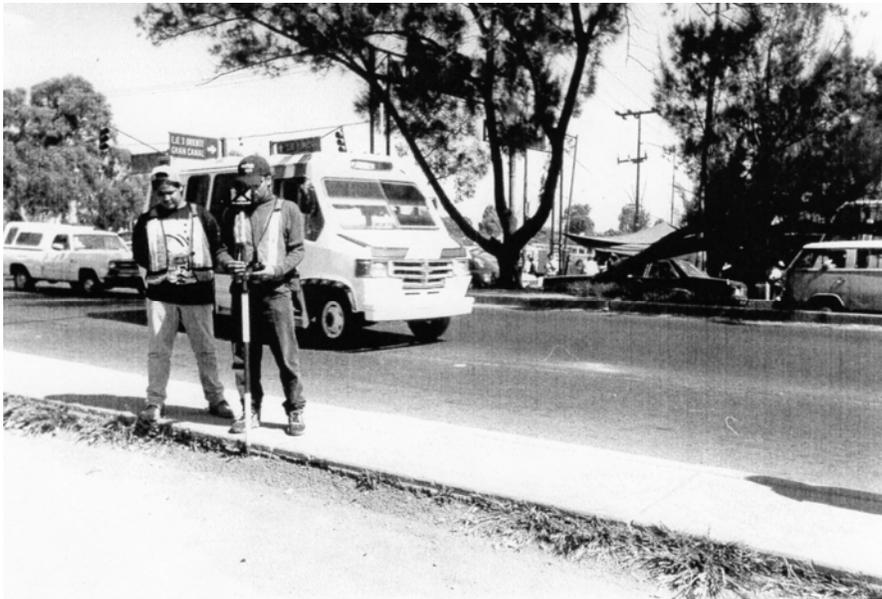


Ejecución del Sondeo 4.

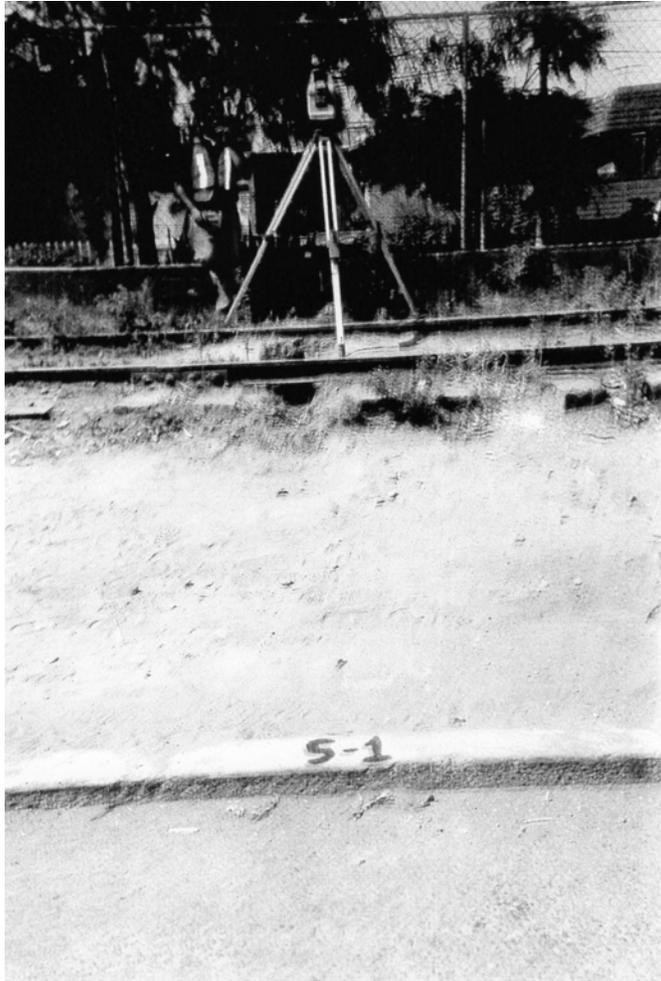


...CION DEL PERFIL DE  
ACUERDO A LA UBICA  
CIÓN DE LOS SONDEOS.  
OBSERVESE EL DESNI  
VEL DE LA VIALIDAD  
CON LAS INSTALACIO  
NES LATERALES.

a  
se el  
aciones



Aspectos de la referenciación topográfica de sondeos y levantamientos efectuados.

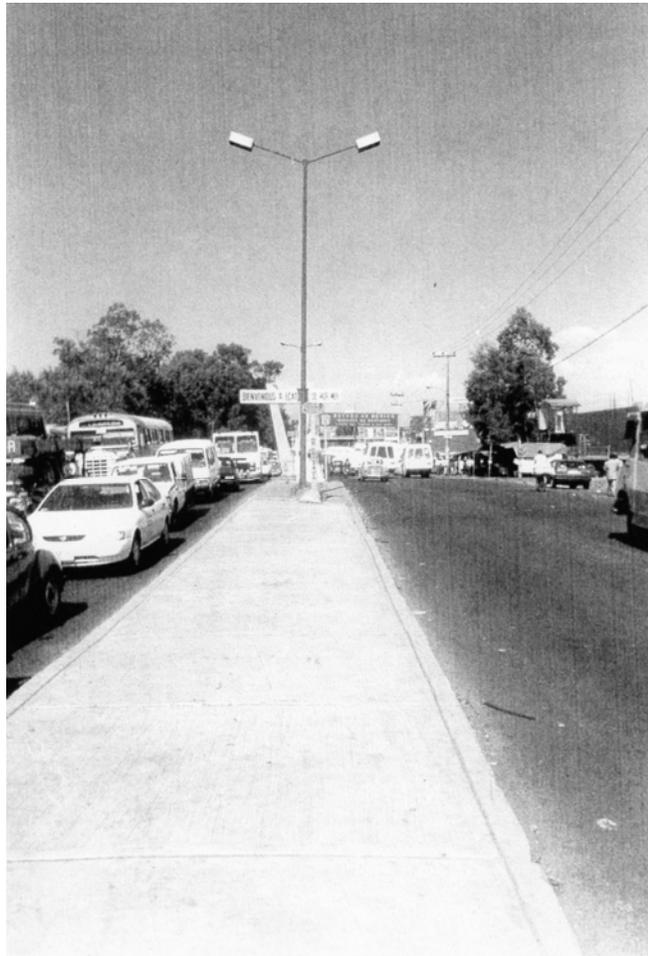


Aspectos de la referenciación topográfica de sondeos y levantamientos efectuados.



Aspectos del cruce, mostrando las señales de las instalaciones de Pemex, ubicadas en las dos vialidades

Principales.



Aspectos del cruce, mostrando las señales de las instalaciones de Pemex, ubicadas en las dos vialidades Principales.

Finalmente debe mencionarse que se llevó a cabo un levantamiento topográfico consistente en la referenciación de los sondeos efectuados, una planta esquemática y secciones transversales en los sitios en que se ejecutaron los sondeos.

## 2.5 ESTRATIGRAFÍA Y PROPIEDADES.

Reuniendo la información obtenida en las etapas anteriores, es posible configurar la estratigrafía del subsuelo a lo largo de la Av. Centenario, tal como aparece en la **fig. 2**, mostrándose la posición de los sondeos en perfil, obtenida de las columnas estratigráficas respectivas de cada sondeo, que se presentan en las **figs. 3 a 6**. En estas columnas se representan los estratos detectados, la variación con la profundidad de la humedad natural y del número de golpes en la (SPT), así como los valores de límites de plasticidad, granulometría, presión de preconsolidación, etc.

La estación piezométrica se ubicó cerca al sondeo S – 3, consistente en un pozo de observación cuya punta se situó a 6.20 m de profundidad, y de los piezómetros P – 1, a 31.60 m y P – 2, a 19.60 m de profundidad, con respecto al nivel del terreno natural.

Con relación al estado de presiones del agua subterránea, los piezómetros instalados detectaron la existencia de abatimientos piezométricos, como puede verse en la siguiente tabla:

Elemento	Profundidad de la Punta (m)	Nivel de agua (m)	Abatimiento piezométrico (t/m <sup>2</sup> )
Pozo de observación	6.20	3.3 <b>(1)</b>	
P - 2	19.60	10.9	7.60
P - 1	31.60	14.6	11.30

### **(1) Posición del nivel freático.**

Como se indicó, la estación piezométrica se instaló junto al sondeo S – 3 y las profundidades reportadas están referidas al nivel del terreno natural.

# ENSAYES DE LABORATORIO

### III ENSAYES DE LABORATORIO.

#### 3.1 ESPECIFICACIONES PARA PRUEBAS DE LABORATORIO.

##### PRUEBAS DE LABORATORIO



Prueba límites de consistencia



Prueba compresión simple



Prueba triaxial



Prueba de consolidación

Las pruebas de laboratorio se realizaron siguiendo las especificaciones establecidas en el Manual de Laboratorio de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Una vez obtenidas las muestras, se emplearon para obtener las propiedades índice y mecánicas del suelo.

### 3.1.1 MUESTRAS ALTERADAS

A las muestras representativas alteradas se les efectuaron las siguientes pruebas de laboratorio:

**Propiedades Índice:**

- 1.- Clasificación Visual y al Tacto
- 2.- Contenido de Humedad
- 3.- Análisis Granulométrico
- 4.- Límites de Consistencia o de Atterberg
- 5.- Densidad de Sólidos

### 3.1.2 MUESTRAS INALTERADAS

A las muestras cúbicas inalteradas se les realizaron las siguientes pruebas:



**Propiedades Índice:**

- 1.- Clasificación Visual y al Tacto
- 2.- Contenido de Humedad
- 3.- Análisis Granulométrico
- 4.- Límites de Consistencia o de Atterberg
- 5.- Densidad de Sólidos



## Propiedades Mecánicas

### 1.- Resistencia al Esfuerzo Cortante

- a) Compresión Simple
- b) Compresión Triaxial Rápida UU

### 2.- Compresibilidad

- a) Consolidación Unidimensional

Todas las muestras obtenidas se clasificaron en forma visual y al tacto, en estado húmedo y seco mediante pruebas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se determinó también su contenido natural de agua. (ver figuras Anexo II).

En estratos representativos se hicieron límites de consistencia y/o porcentaje de finos para conocer su granulometría; se obtuvo en ambos casos la densidad de sólidos, los resultados se muestran en las figuras del Anexo II.

Para conocer los parámetros de resistencia del suelo, se efectuaron en muestras inalteradas ensayos de compresión axial no confinada y compresión triaxial no consolidada-no drenada (pruebas UU).

La ley de resistencia definida por la envolvente de los círculos de Mohr correspondientes a los estados de esfuerzo desviador máximo, obtenidos en pruebas de compresión triaxial no consolidada - no drenada, UU, así como los registros de laboratorio y las gráficas de esfuerzo-deformación unitaria, de las pruebas UU, se presentan en las figuras del Anexo II.

El comportamiento deformacional del estrato compresible que se verá afectado por la construcción de la estructura se obtuvo efectuando en muestras inalteradas (tubo Shelby) la prueba de consolidación unidimensional.

Los parámetros de compresibilidad del suelo, se obtuvieron por medio de la prueba de consolidación estándar realizada en el sondeo profundo del sitio de interés.



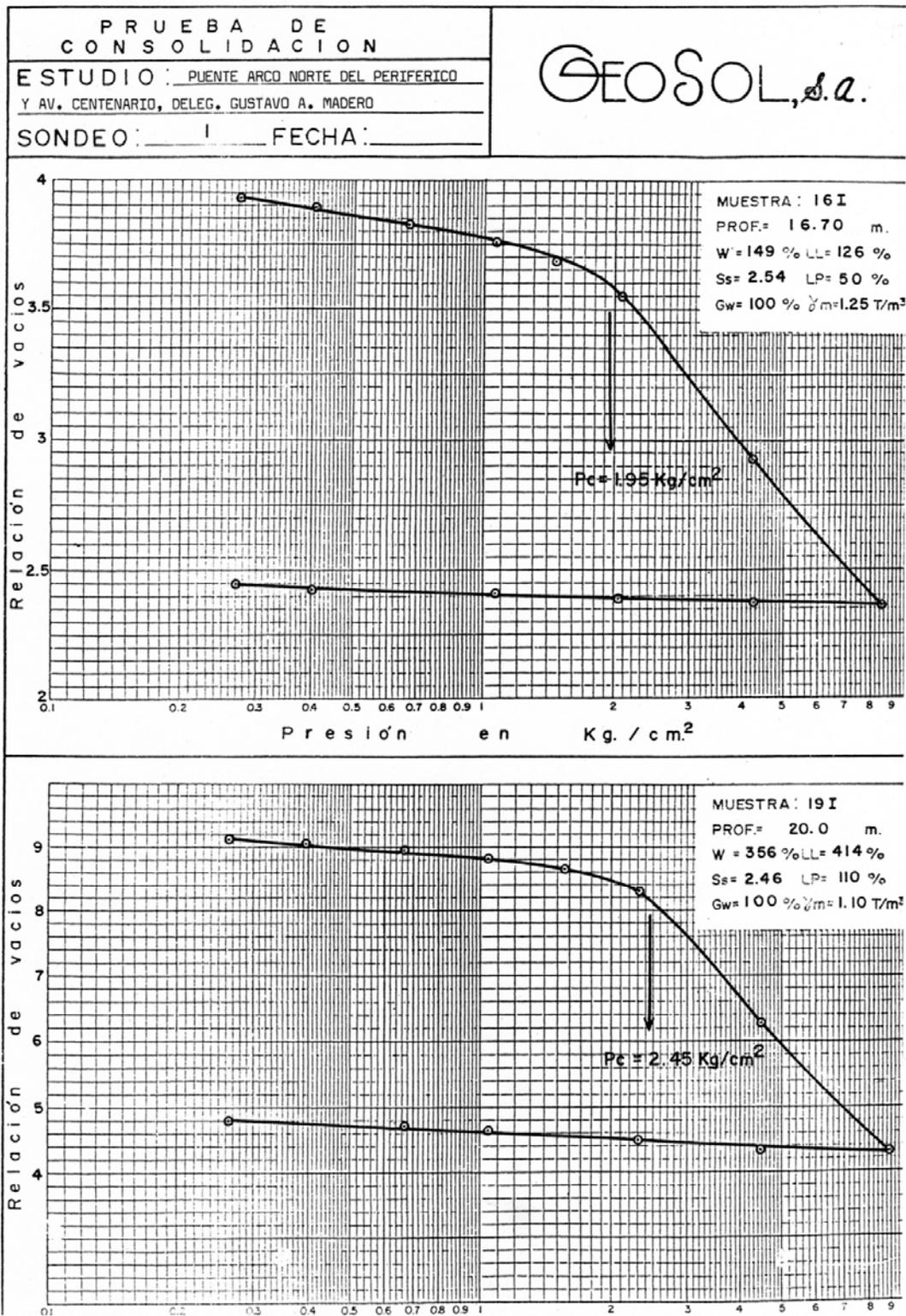


**Foto de muestras cúbicas obtenidas**

En pruebas de compresión triaxial, tipo (UU), efectuadas en estos materiales, se obtuvieron resistencias de 3 a 8  $ton/m^2$ , con tendencia a aumentar con la profundidad. Por lo que respecta a la compresibilidad de estos materiales, en las pruebas de consolidación efectuadas, se obtuvieron valores del coeficiente  $m_v$  de 0.001 a 0.014  $m^2/ton$  en los 10 m superiores y de 0.001 a 0.01  $m^2/ton$  en la porción restante, con una relación de vacíos de 10 en la parte superior de la formación a 5 en la inferior. La presión de preconsolidación,  $\bar{p}_c$ , aumenta con la profundidad, de valores entorno a 14  $ton/m^2$  en los estratos superiores a 25  $ton/m^2$  o más en los inferiores.

En las **figs. 7 a 17** se presentan las curvas  $e - \bar{p}$ , derivadas de las pruebas de consolidación efectuadas y en las **figs. 18 a 37** se presentan los círculos de Mhor correspondientes a las pruebas triaxiales tipo (UU) practicadas.

### 3.2 Pruebas de Consolidación Unidimensional.



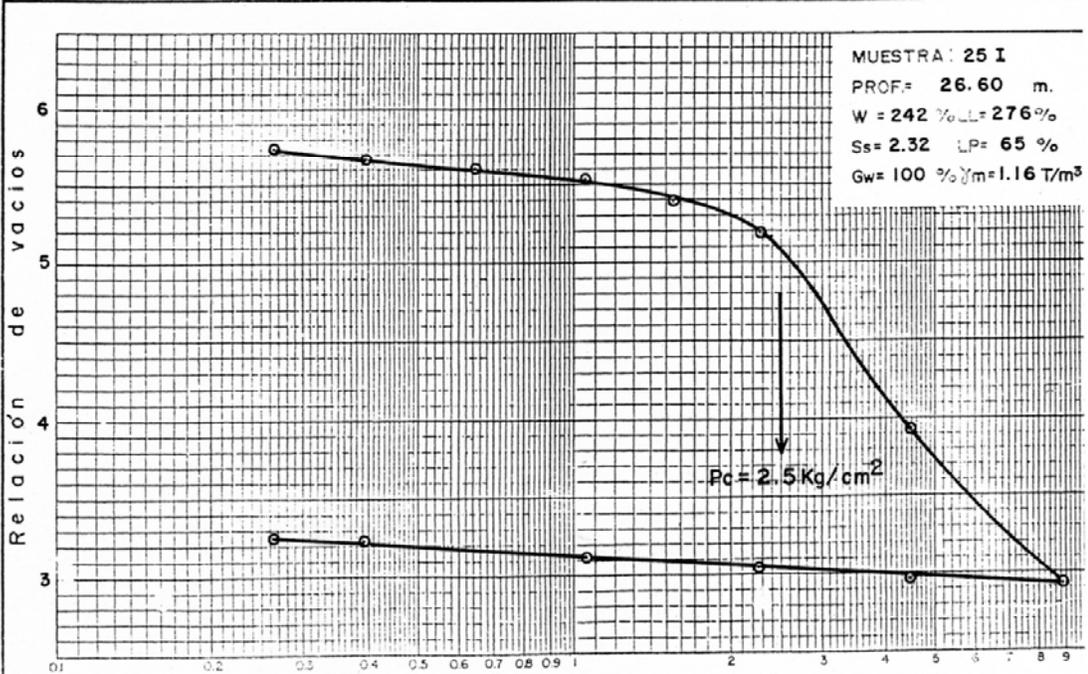
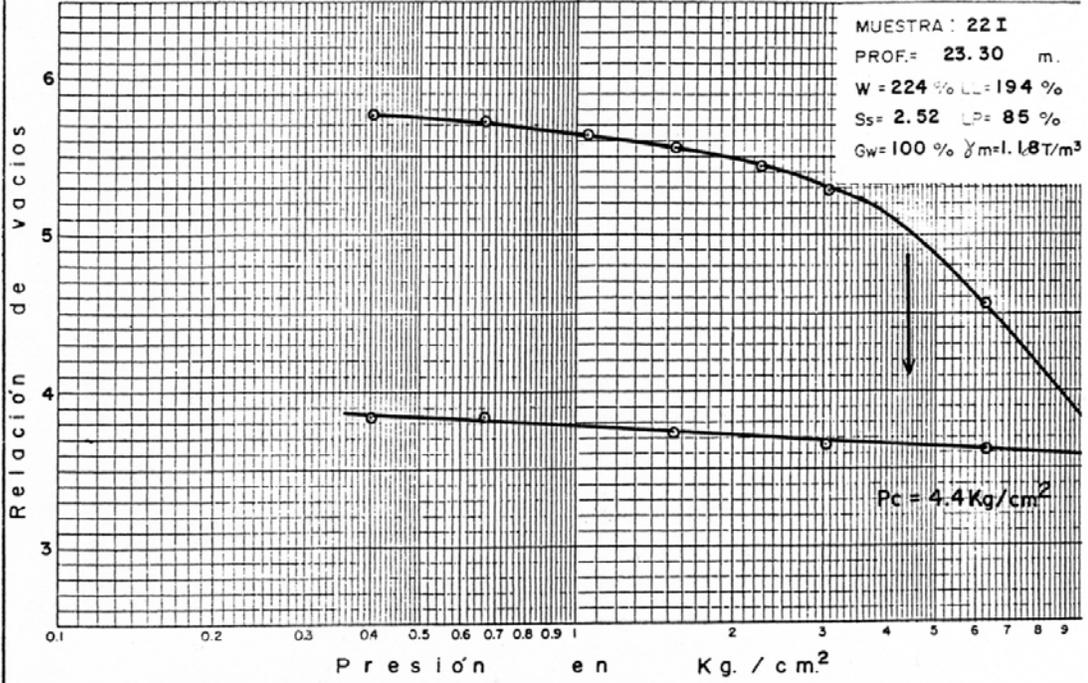
PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO

Y AV. CENTENARIO DELEGACION GUSTAVO A. MADERO

SONDEO : I FECHA :

GEOSOL, S.A.

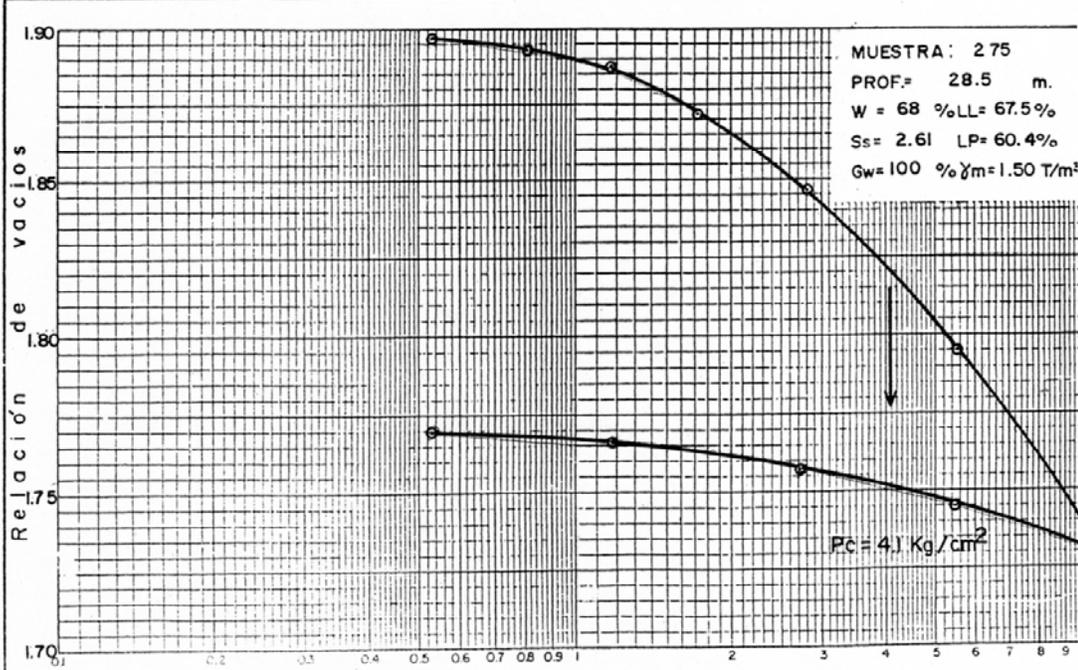
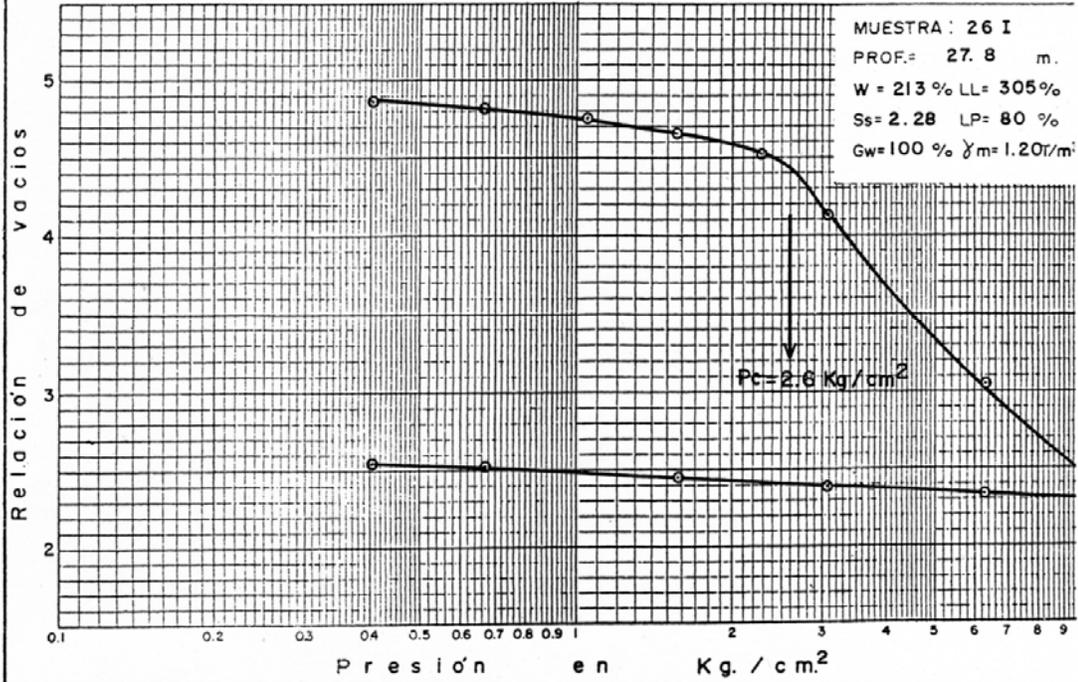


PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO: PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO  
Y AV. CENTENARIO, DELEG. GUSTAVO A. MADERO

GEOSOL, S.A.

SONDEO: 1 FECHA:

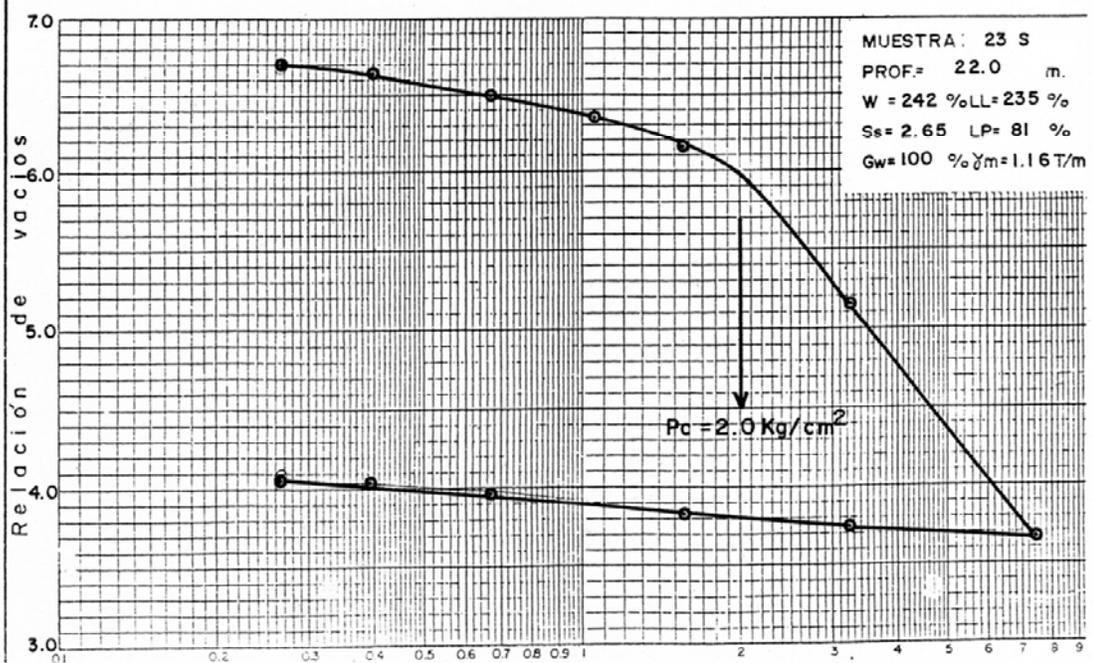
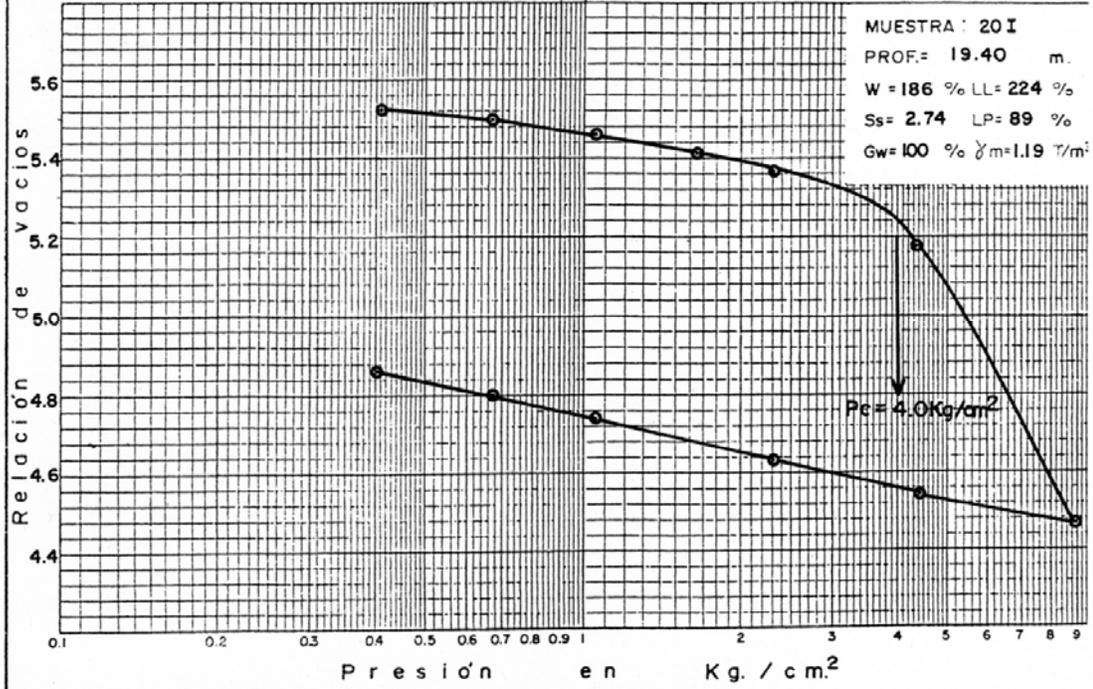


PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO: PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y AV. AV. CENTENARIO DEL. GUSTAVO A. MADERO

GEOSOL, S.A.

SONDEO: 2 FECHA:



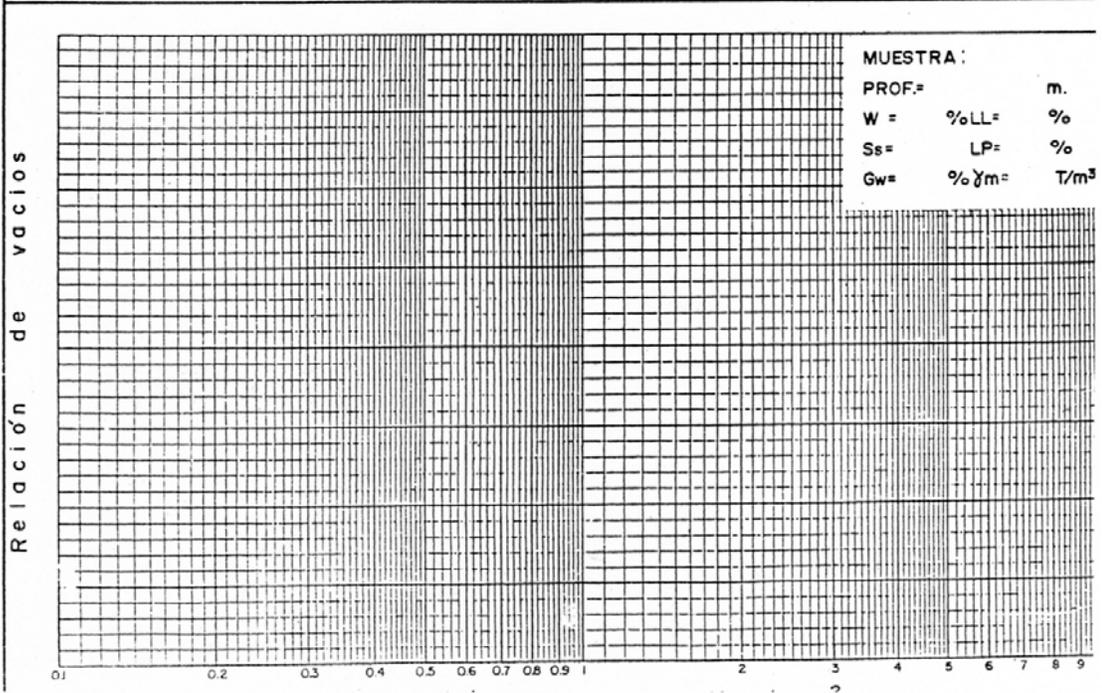
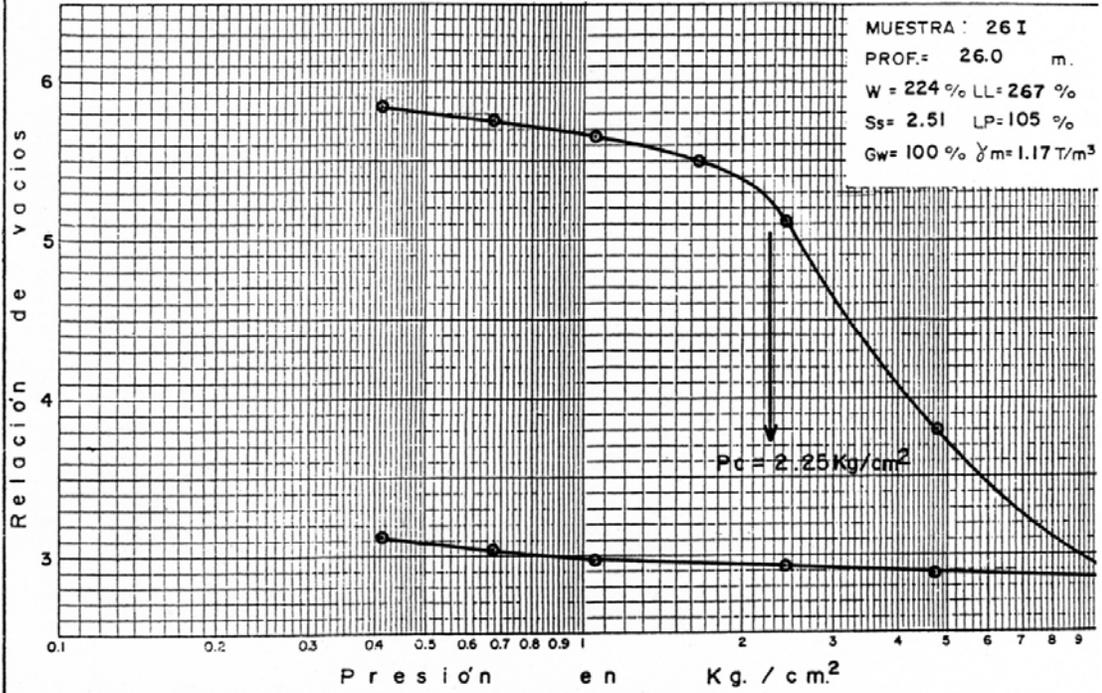
PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO: PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y

AV. CENTENARIO, DELEG. GUSTAVO A. MADERO

SONDEO: 2 FECHA:

GEOSOL, S.A.

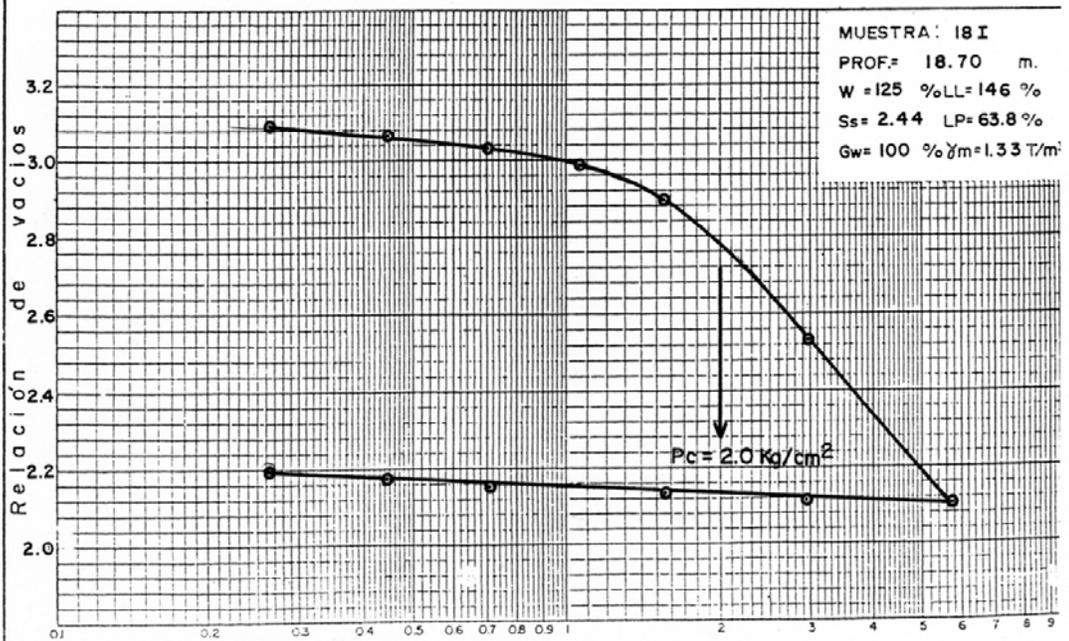
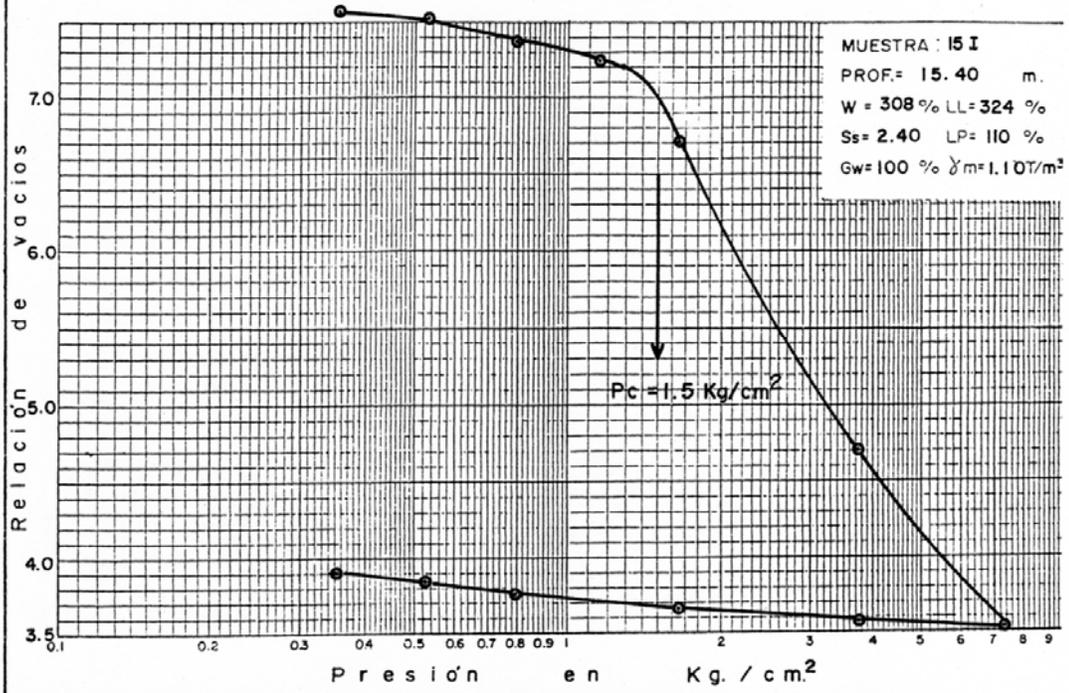


PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO  
 Y AV. CENTENARIO DELEG. GUSTAVO A. MADERO

GEOSOL, S.A.

SONDEO : 3 FECHA :



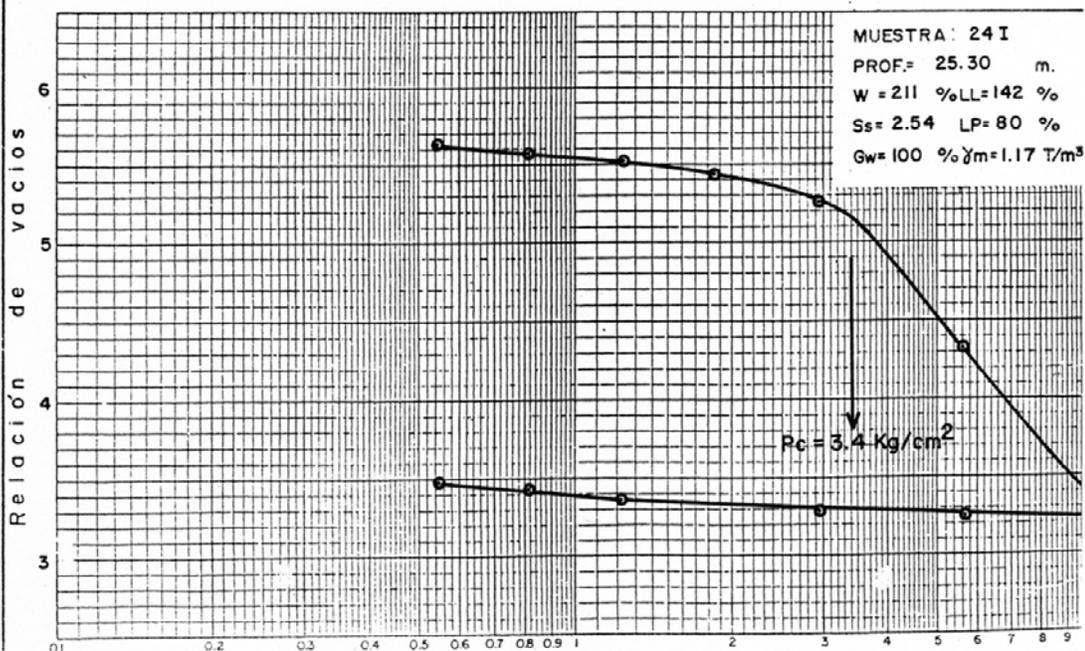
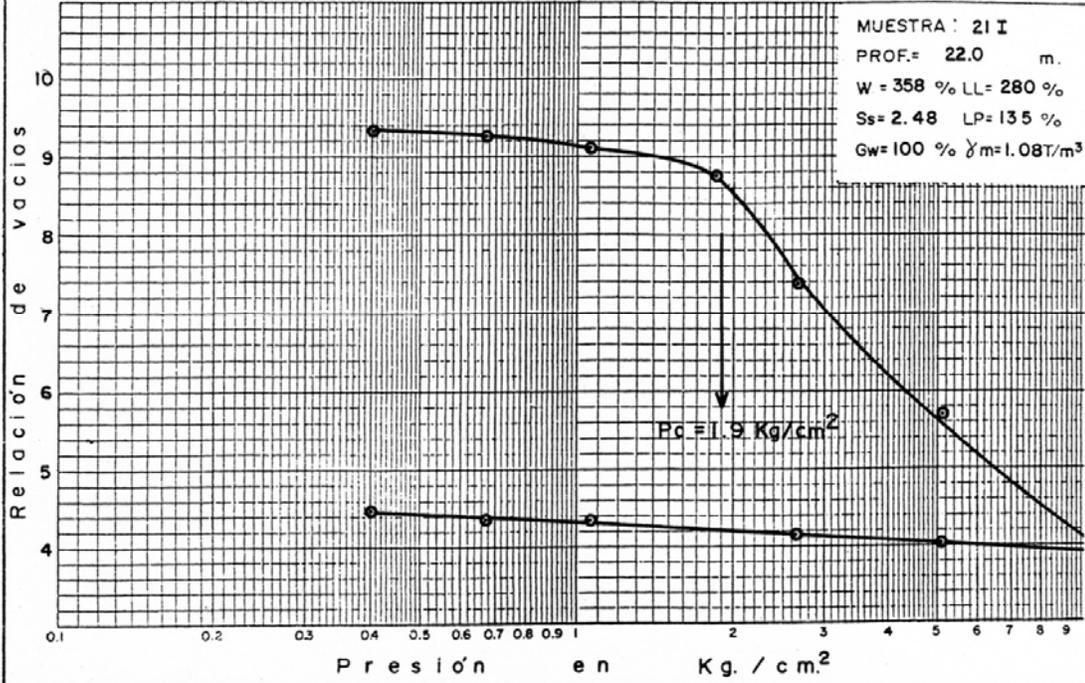
PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO

Y AV. CENTENARIO, DEL. GUSTAVO A. MADERO

SONDEO : 3 FECHA :

GEOSOL, S.A.

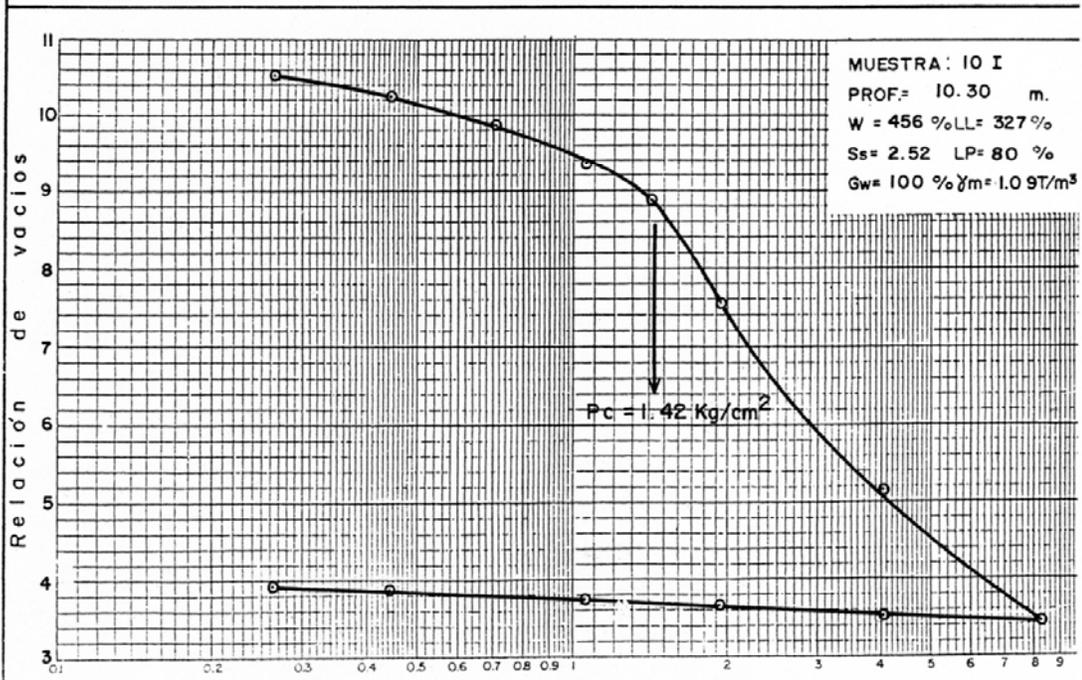
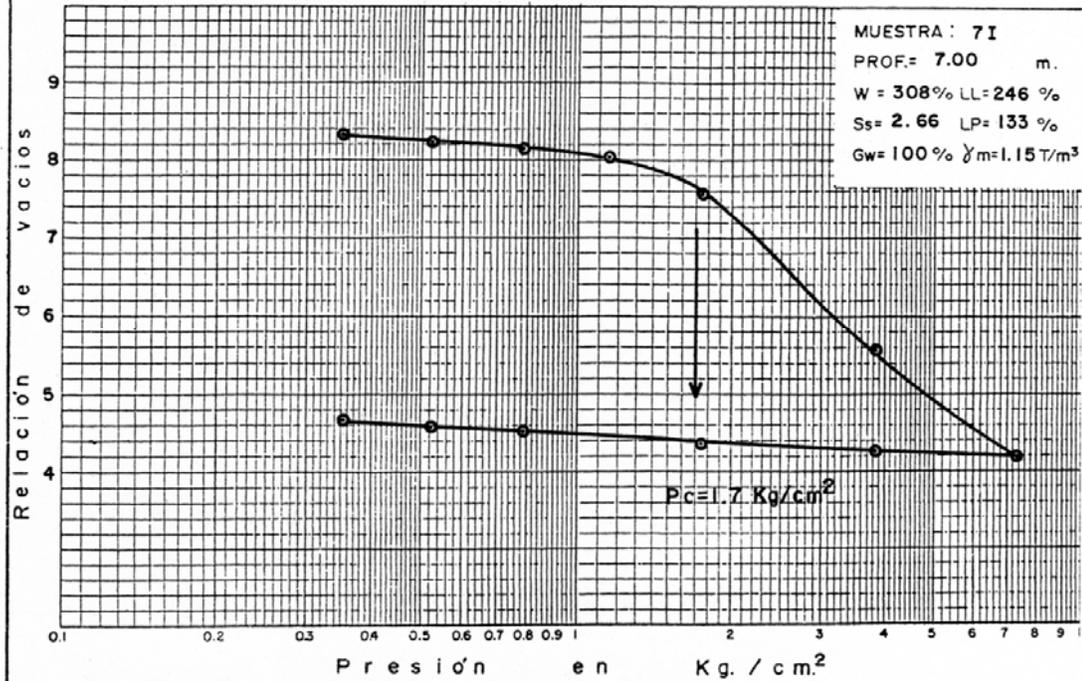


PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y  
 AV. CENTENARIO, DELEGACION GUSTAVO A. MADERO

GEOSOL, S.A.

SONDEO : 4 FECHA : \_\_\_\_\_

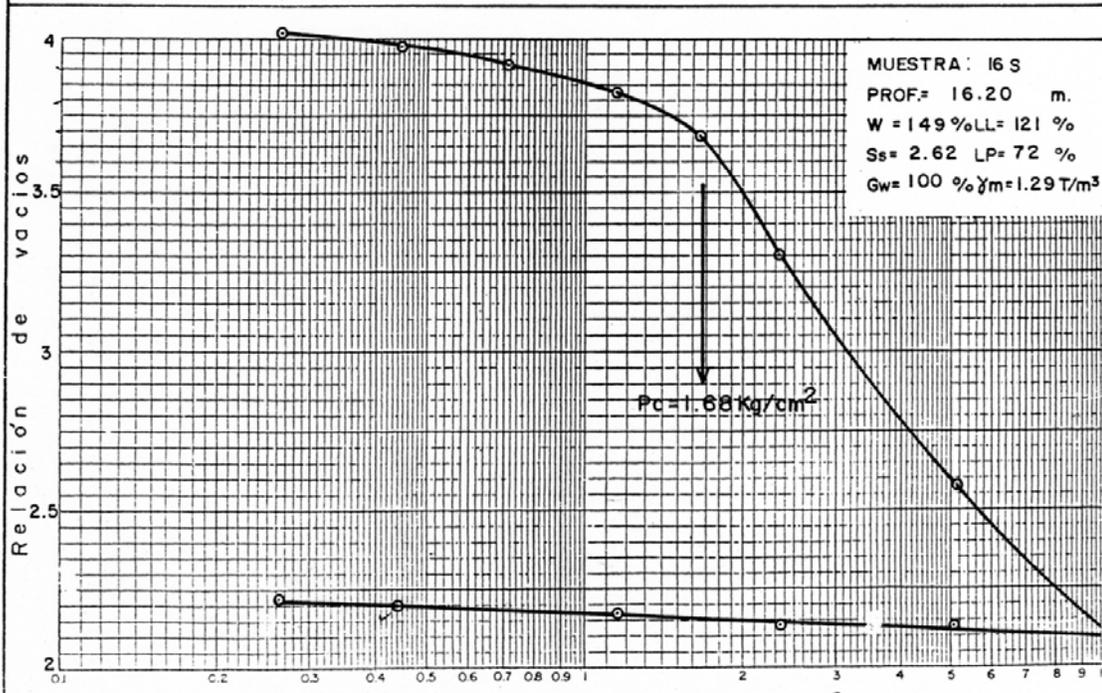
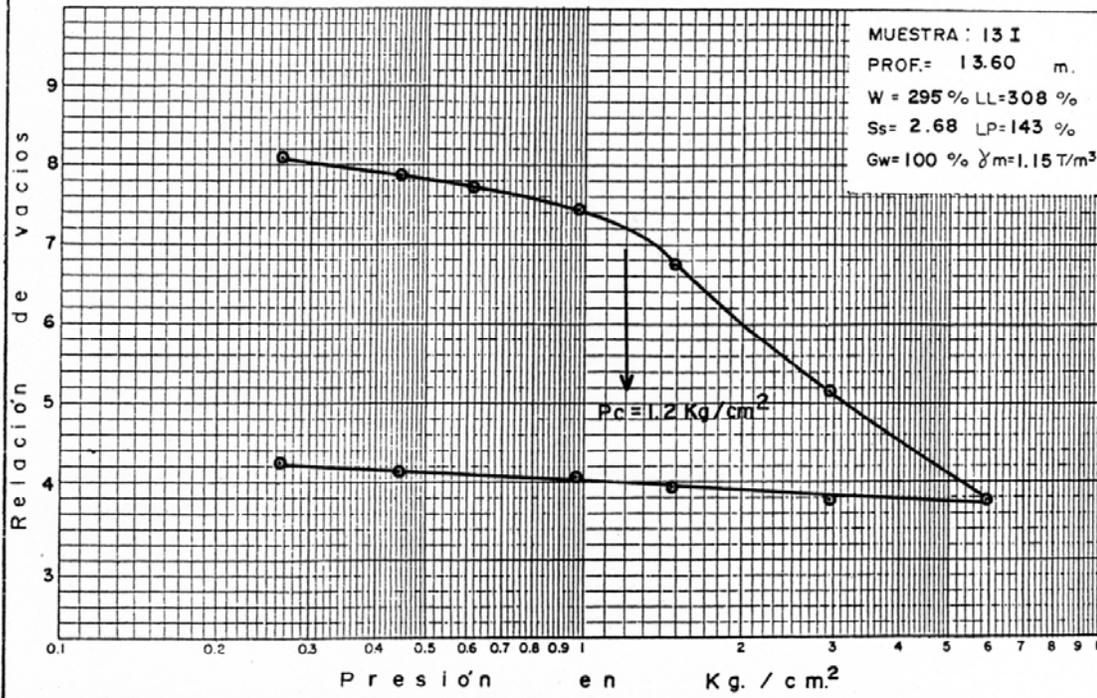


PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO  
Y AV. CENTENARIO, DELEGACION GUSTAVO A. MADERO

GEOSOL, S.A.

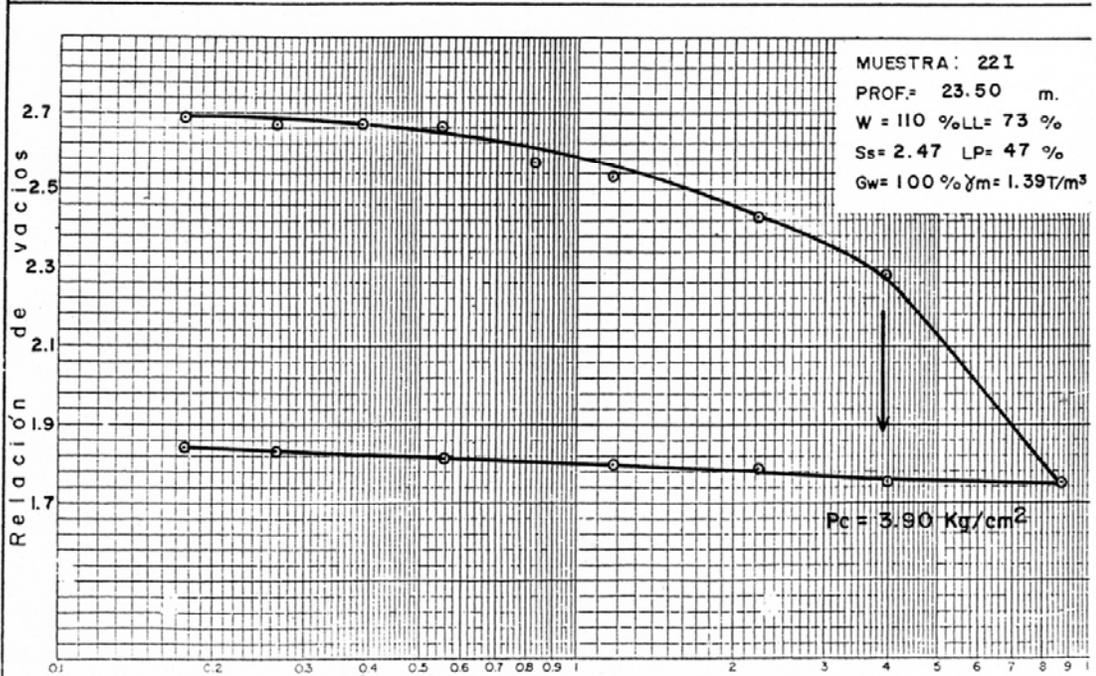
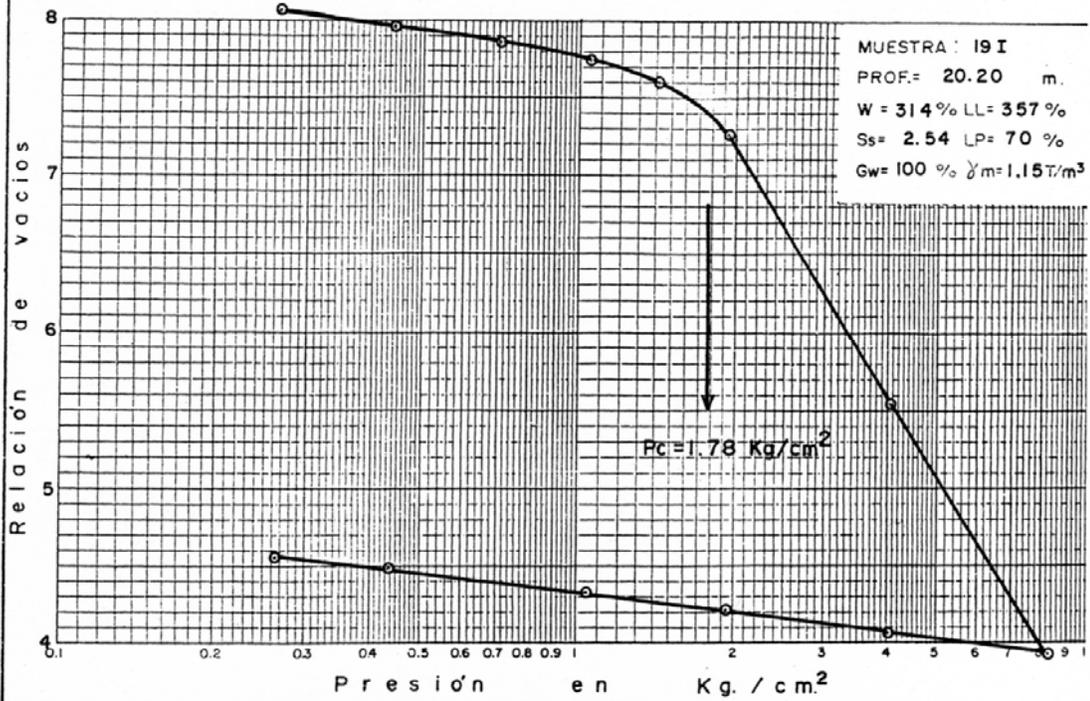
SONDEO : 4 FECHA :



PRUEBA DE CONSOLIDACION

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO  
 Y AV. CENTENARIO, DELEGACION GUSTAVO A. MADERO  
 SONDEO : 4 FECHA :

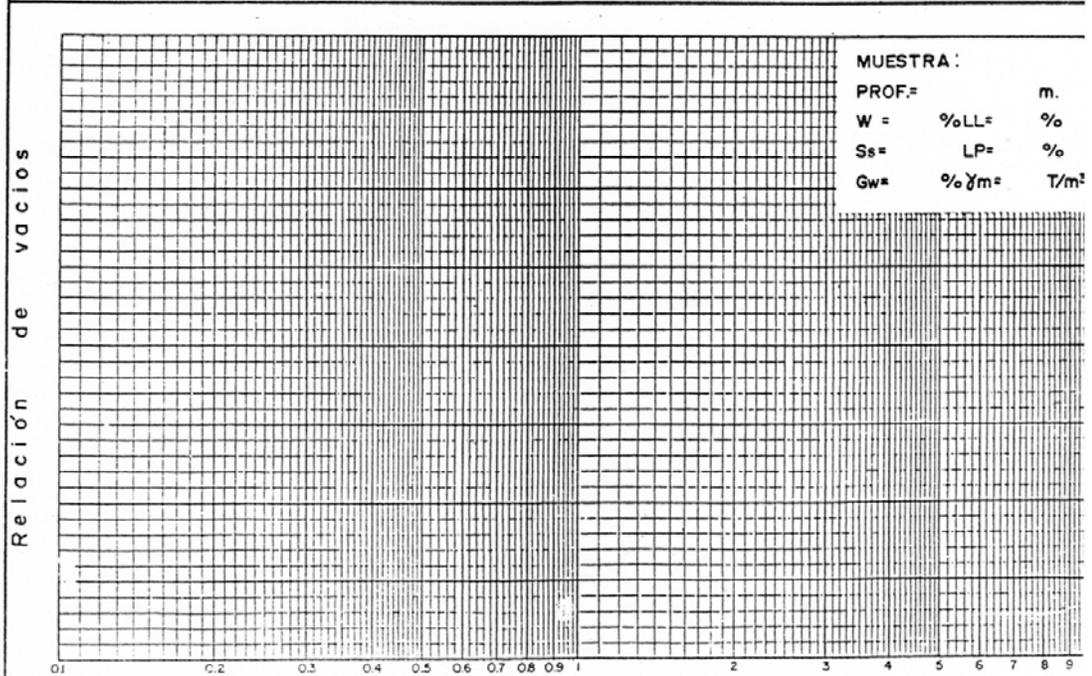
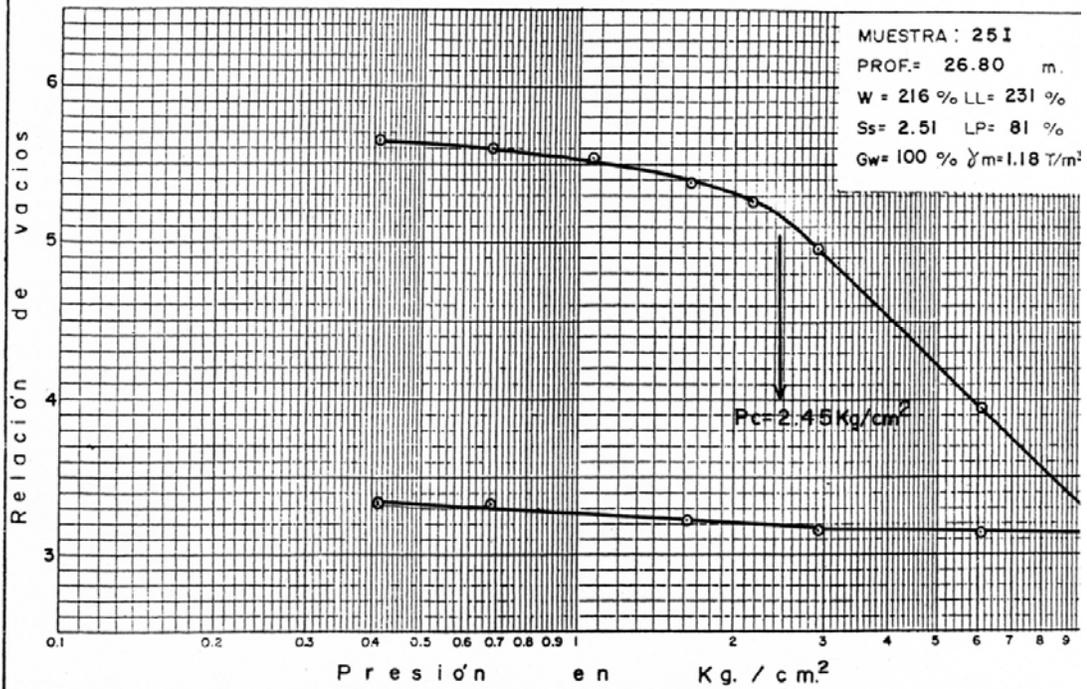
GEOSOL, S.A.



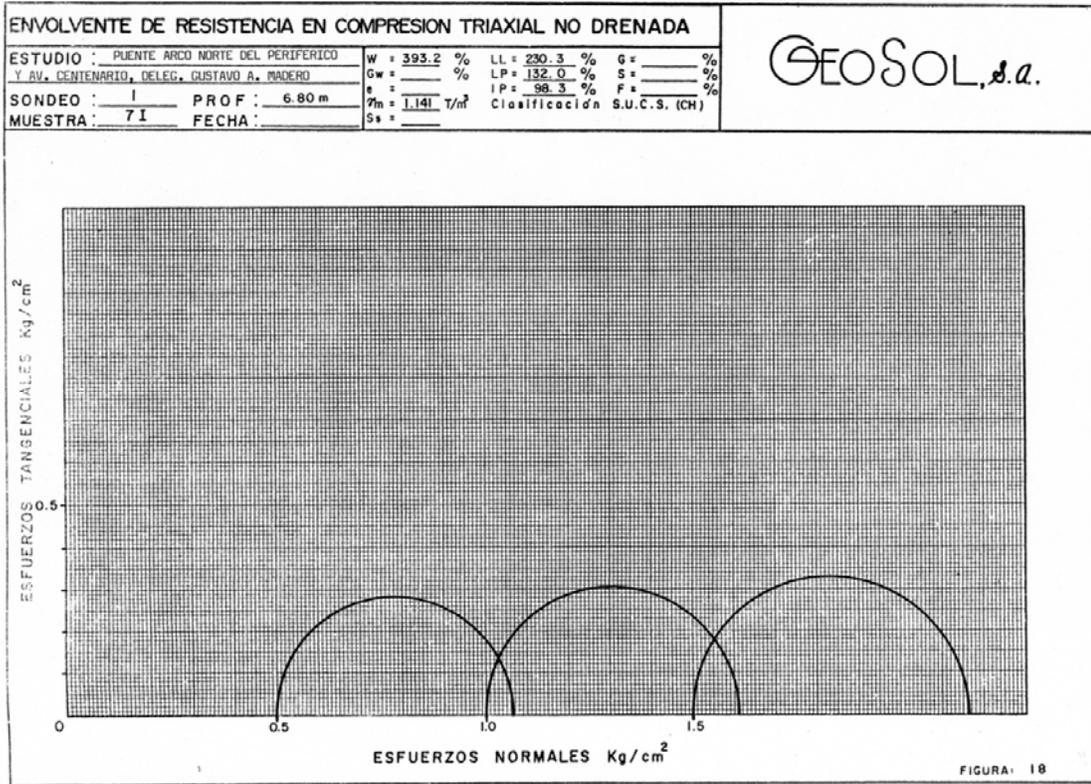
PRUEBA DE CONSOLIDACION

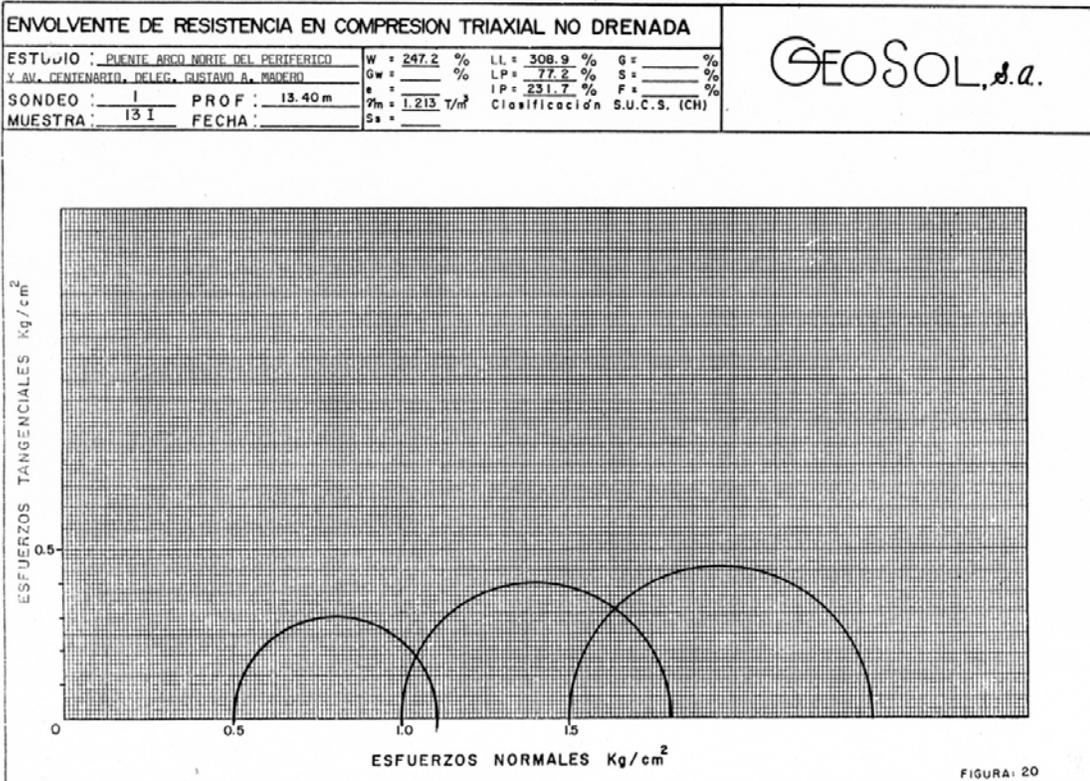
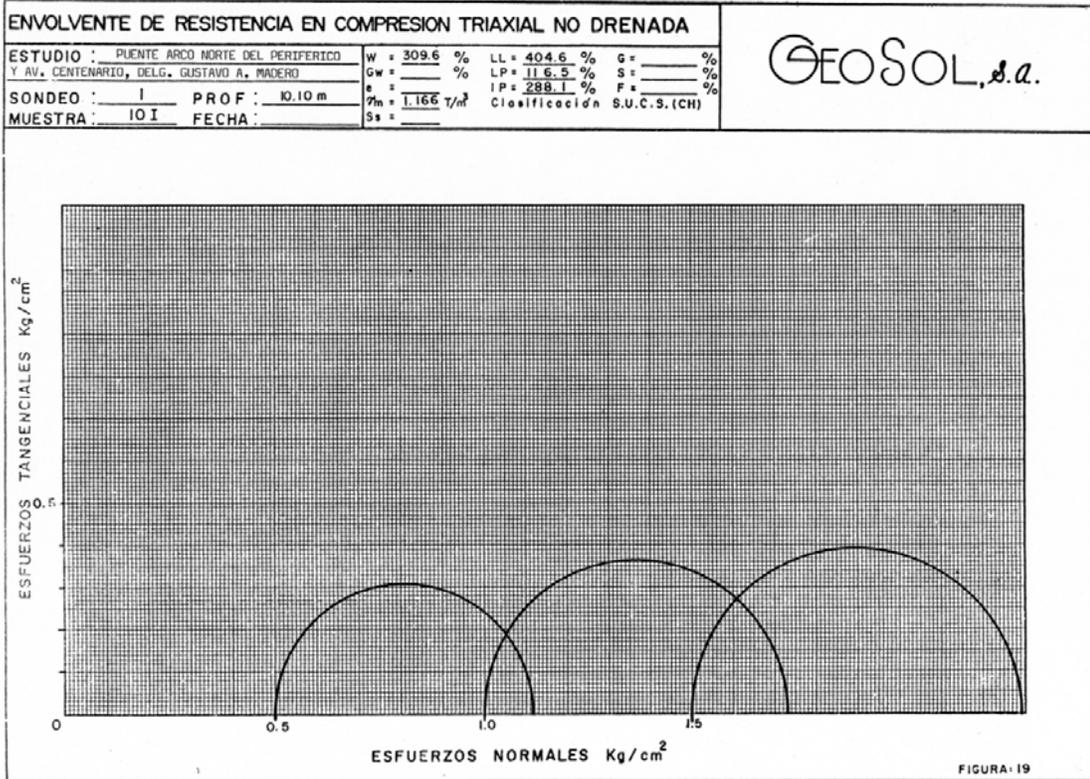
ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO  
 Y AV. CENTENARIO, DELEG. GUSTAVO A. MADERO  
 SONDEO : 4 FECHA :

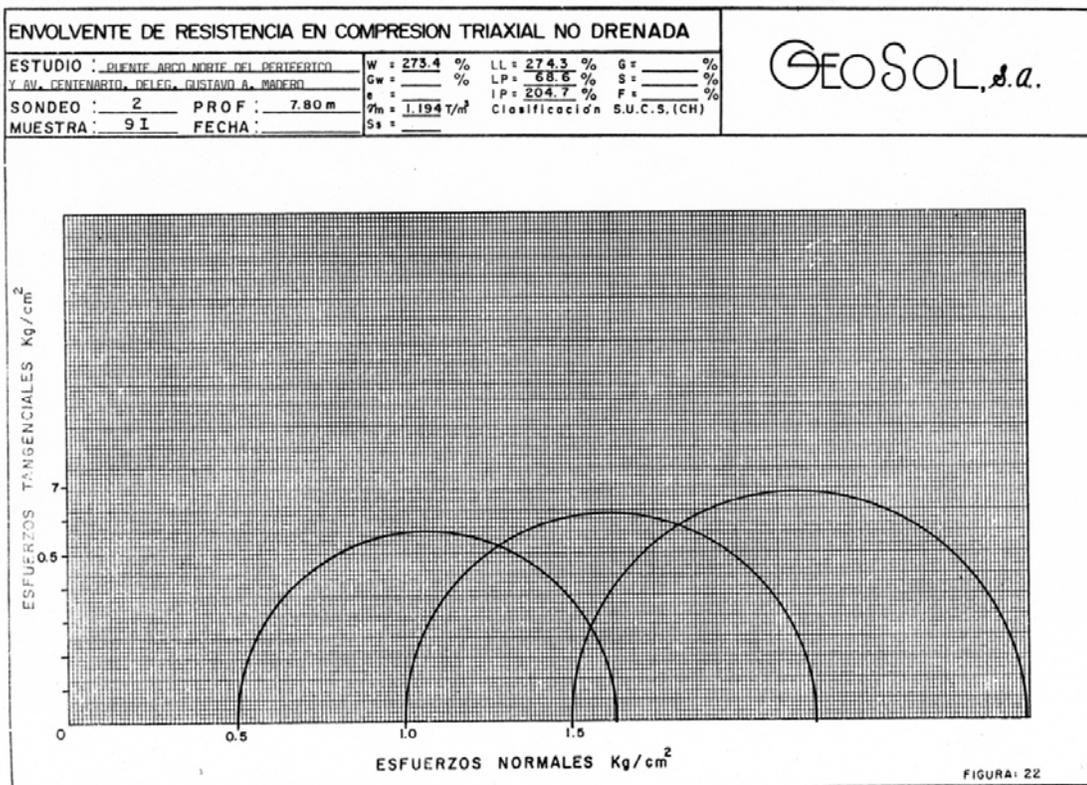
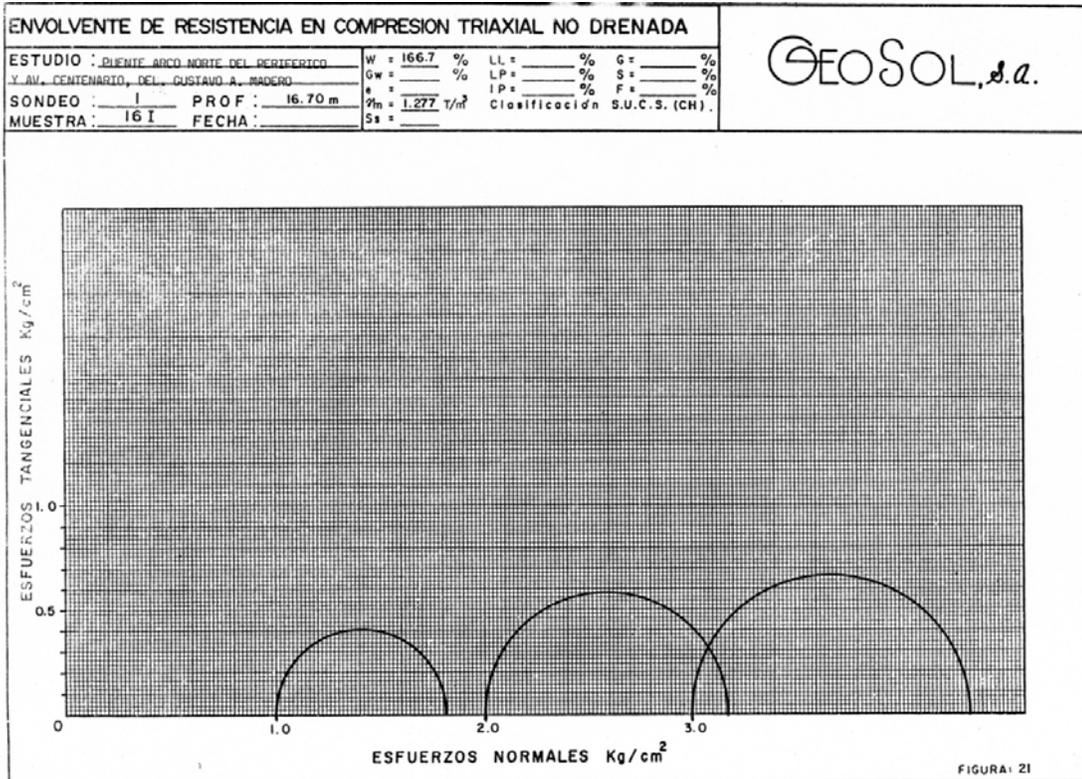
GEOSOL, S.A.

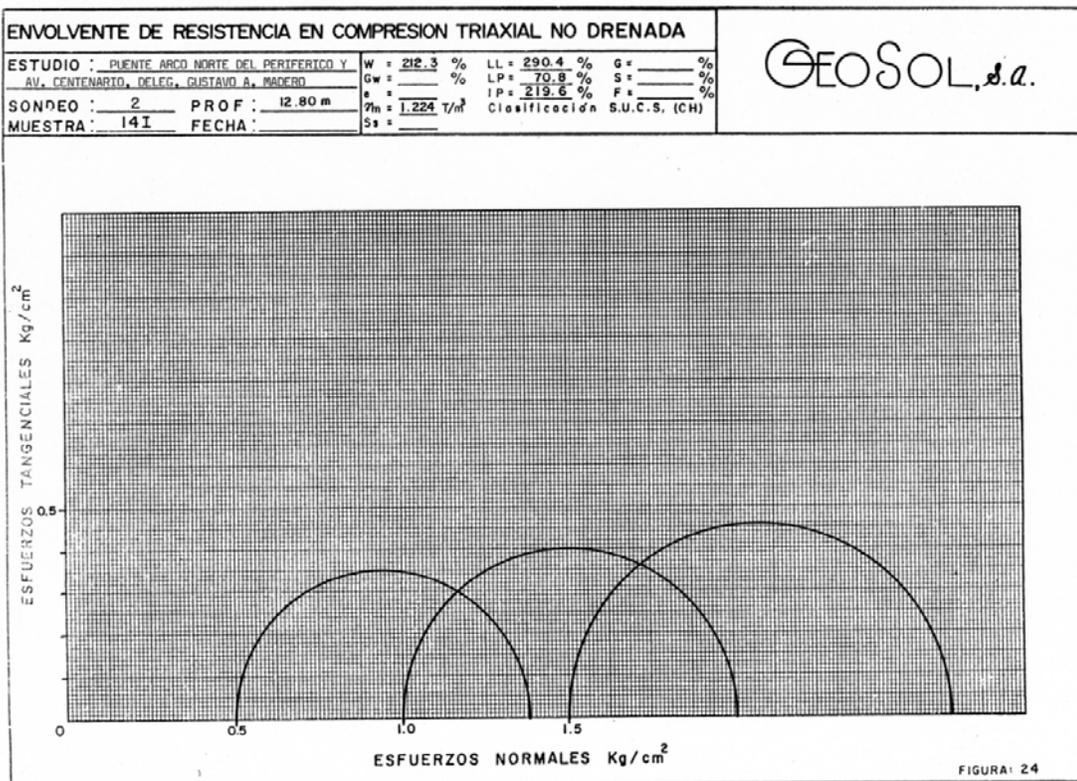
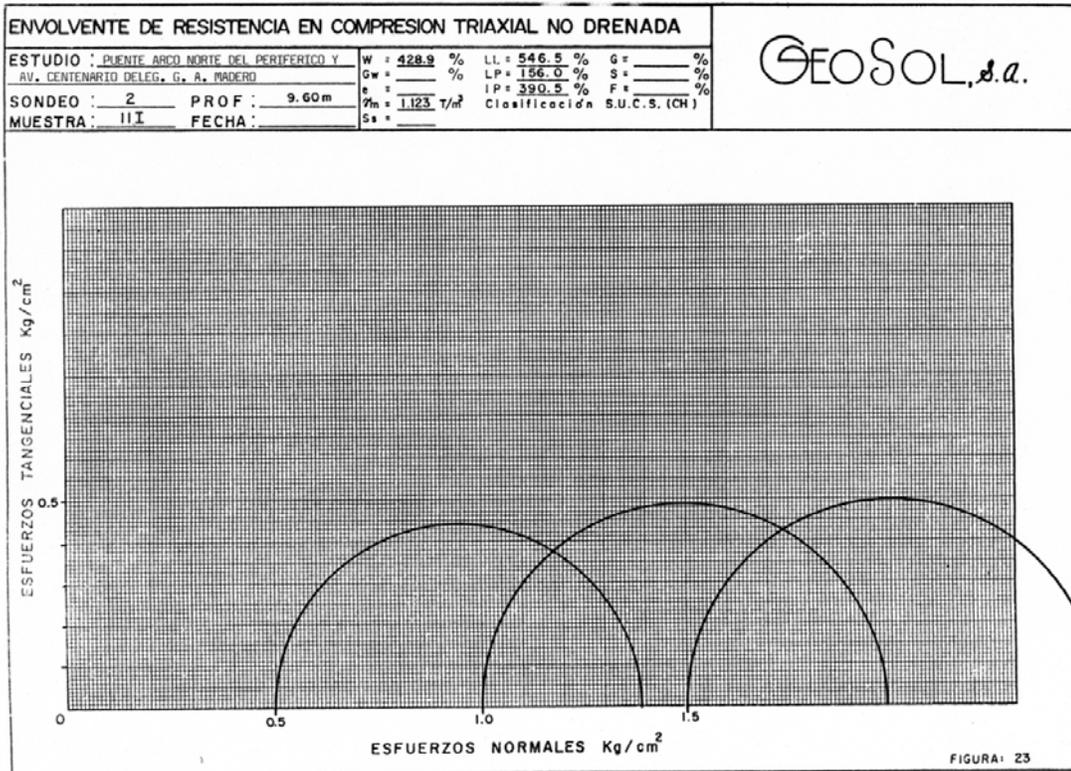


### 3.3 Pruebas de Compresión Triaxial No Drenada y no Consolidada (UU).









**ENVOLVENTE DE RESISTENCIA EN COMPRESION TRIAXIAL NO DRENADA**

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y AV. CENTENARIO, DELEGACION GUSTAVO A. MADERO	W = 214.3 % Gw = % s = % γm = 1.225 T/m <sup>3</sup> Ss =	LL = 266.8 % LP = 76.9 % IP = 189.9 % Clasificación S.U.C.S. (CH)	G = % S = % F = %
SONDEO : 2 PROF : 16.10m			
MUESTRA : 171 FECHA :			

GEO SOL, S.A.

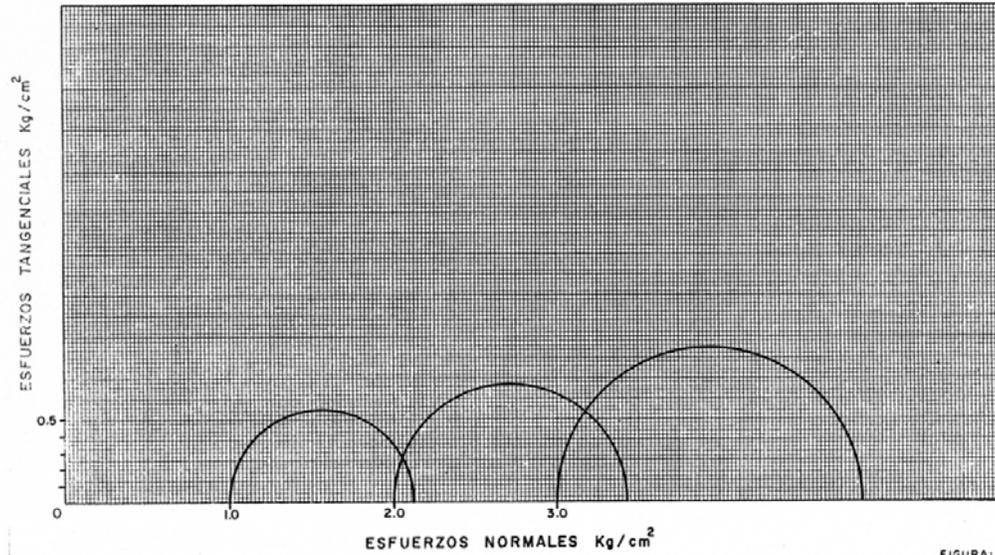


FIGURA 25

**ENVOLVENTE DE RESISTENCIA EN COMPRESION TRIAXIAL NO DRENADA**

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y AV. CENTENARIO, DELEG. GUSTAVO A. MADERO	W = 212.6 % Gw = % s = % γm = 1.211 T/m <sup>3</sup> Ss =	LL = 223.5 % LP = 89.0 % IP = 134.5 % Clasificación S.U.C.S. (CH)	G = % S = % F = %
SONDEO : 2 PROF : 19.40m			
MUESTRA : 20 FECHA :			

GEO SOL, S.A.

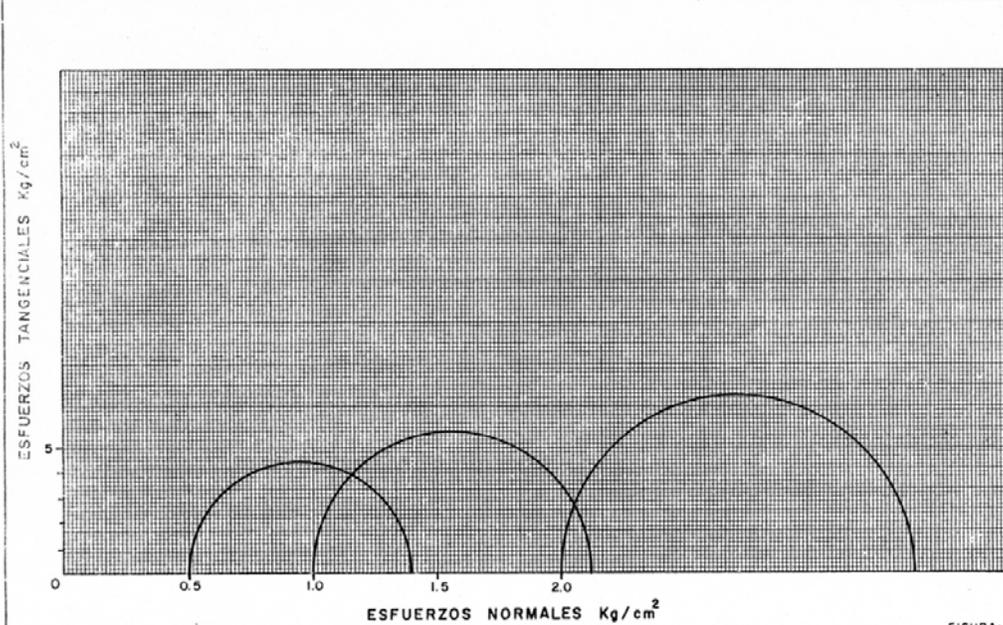
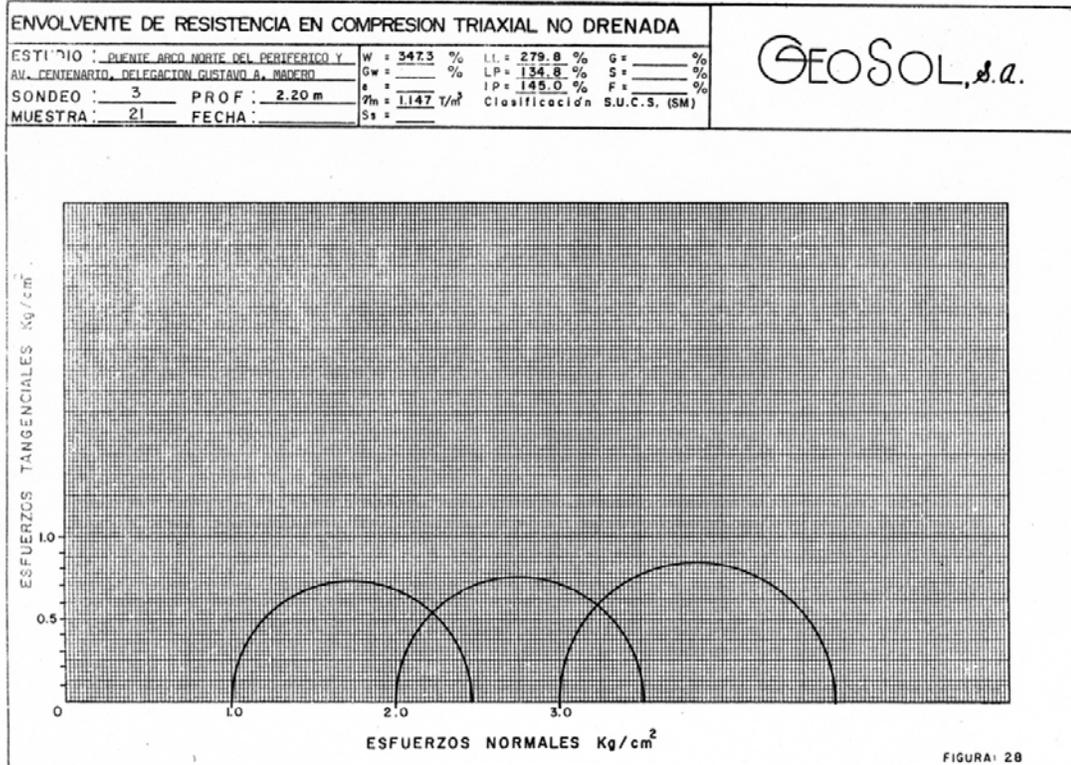
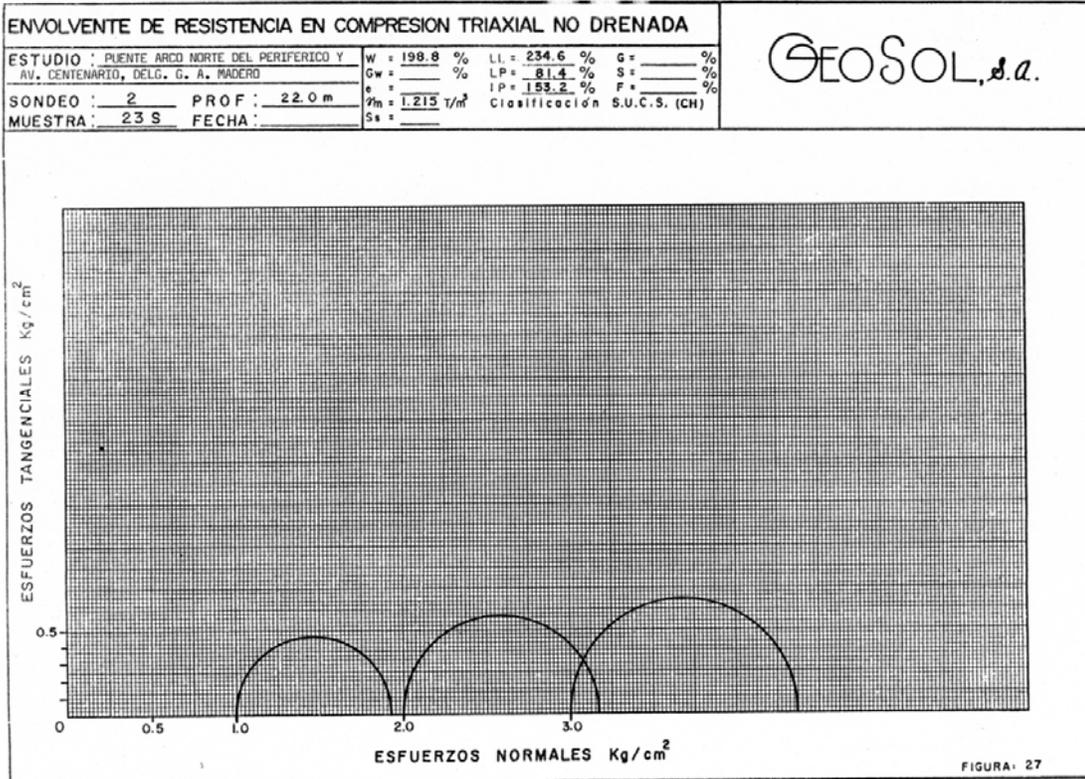
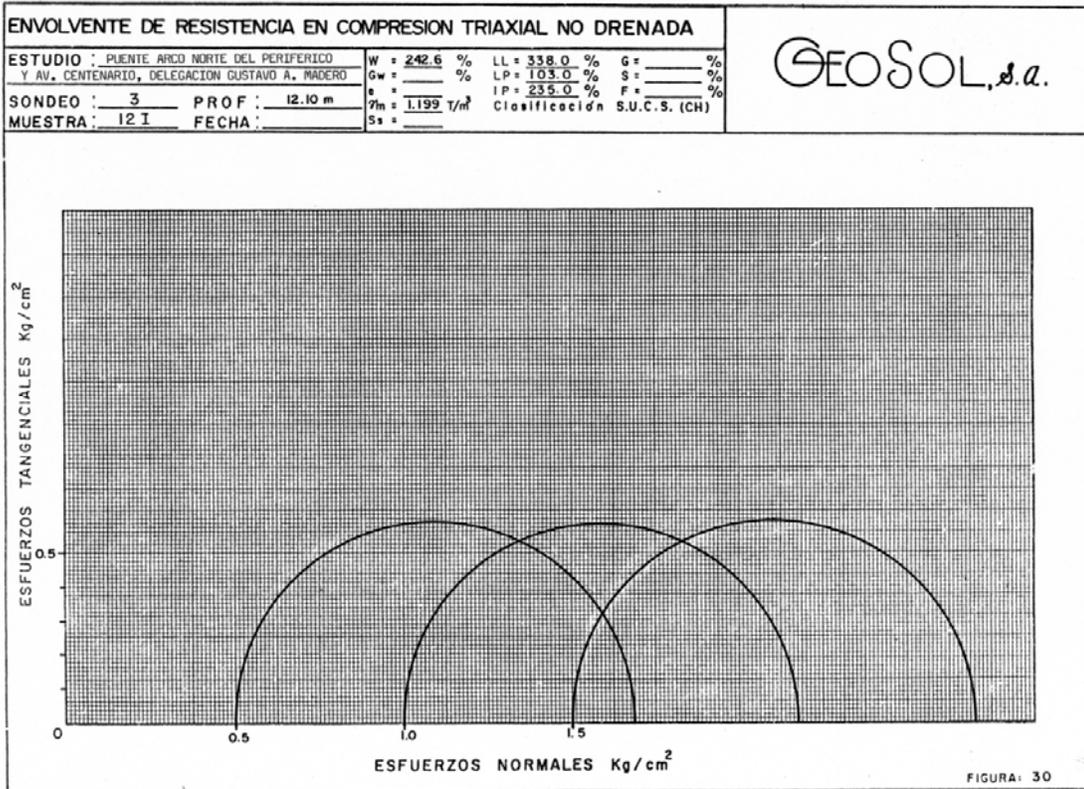
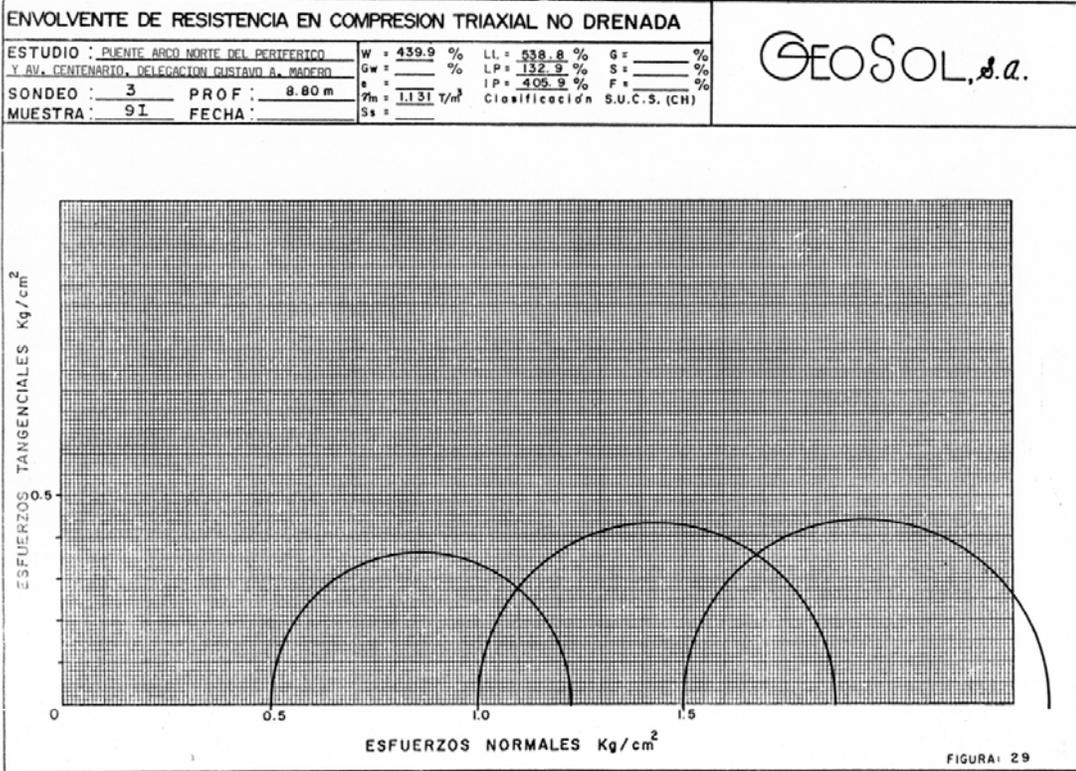


FIGURA 26





ENVOLVENTE DE RESISTENCIA EN COMPRESION TRIAXIAL NO DRENADA

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y AV. CENTENARIO, DELEGACION GUSTAVO A. MADRERO	W = 279.0 %	LL = 324.4 %	G = %
SONDEO : 3 PROF : 14.60-15.50m	Gw = %	LP = 110.0 %	S = %
MUESTRA : 15 FECHA :	e =	IP = 214.4 %	F = %
	$\gamma_m = 1.162 \text{ T/m}^3$	Clasificación S.U.C.S. (CH)	
	S <sub>a</sub> =		

GEO SOL, S.A.

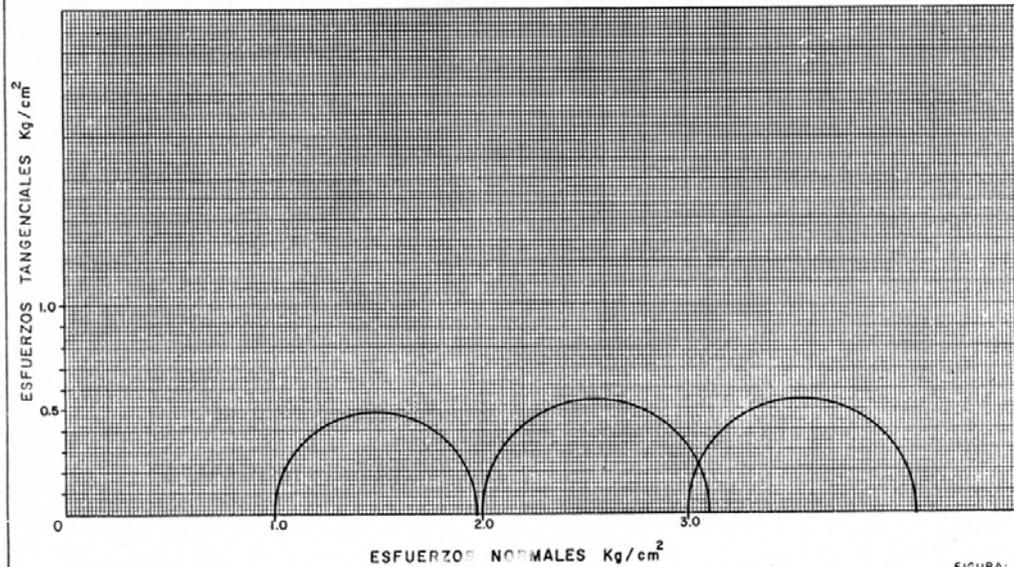


FIGURA: 31

ENVOLVENTE DE RESISTENCIA EN COMPRESION TRIAXIAL NO DRENADA

ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y AV. CENTENARIO, DELEGACION GUSTAVO A. MADRERO	W = 138.4 %	LL = 146.1 %	G = %
SONDEO : 3 PROF : 17.90-18.80m	Gw = %	LP = 63.8 %	S = %
MUESTRA : 18 FECHA :	e =	IP = 82.3 %	F = %
	$\gamma_m = 1.327 \text{ T/m}^3$	Clasificación S.U.C.S. (CH)	
	S <sub>a</sub> =		

GEO SOL, S.A.

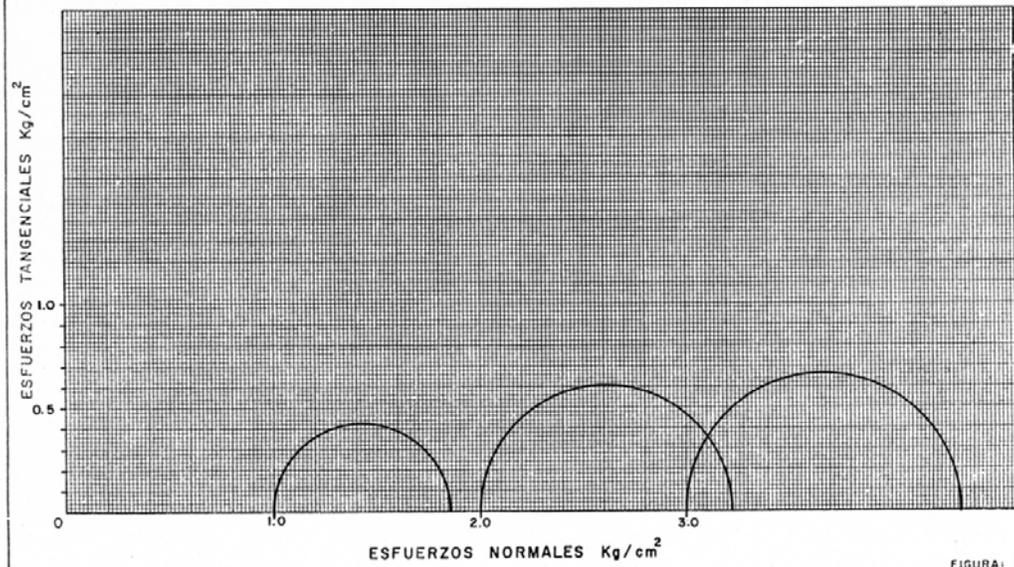
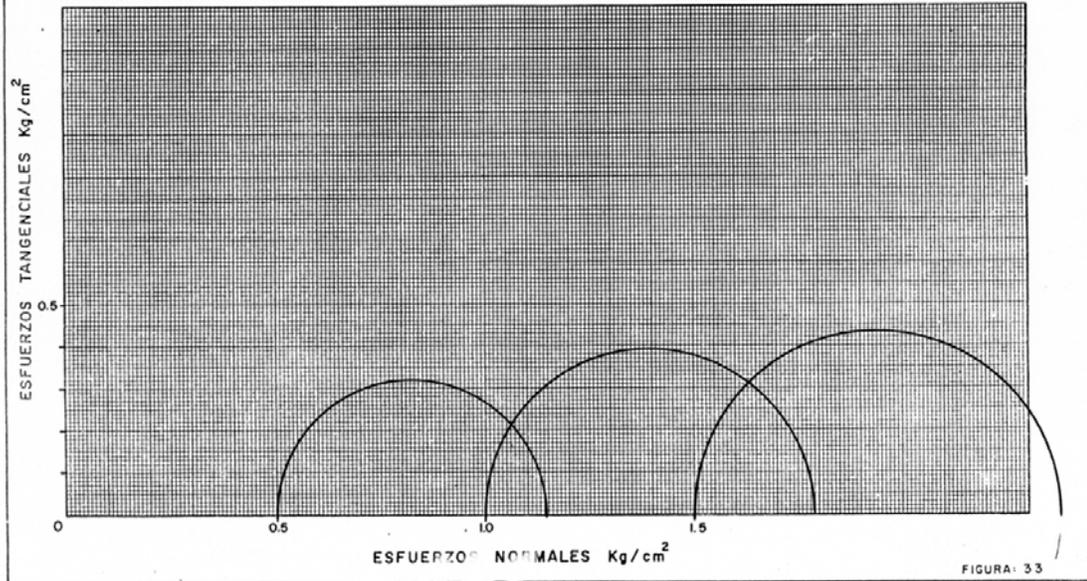


FIGURA: 32

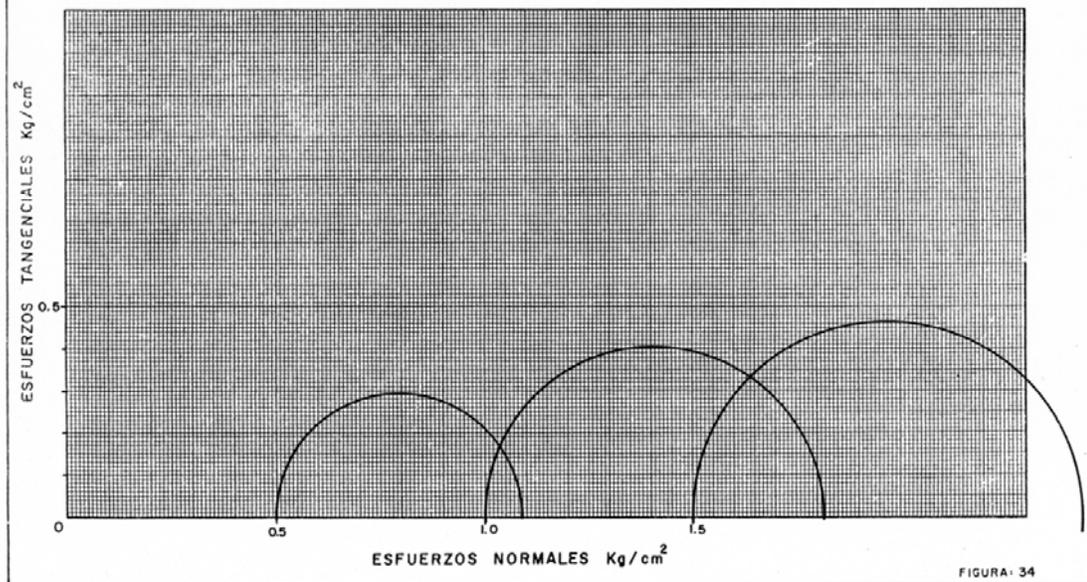
ENVOLVENTE DE RESISTENCIA EN COMPRESION TRIAXIAL NO DRENADA			
ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y AV. CENTENARIO, DELEGACION GUSTAVO A. MADERO	W = 259.8 %	LL = 246.2 %	G = %
	Gw = %	LP = 132.5 %	S = %
SONDEO : 4 PROF : 620-7.10	e =	IP = 113.7 %	F = %
MUESTRA : 7 FECHA :	$\gamma_m = 1.191 \text{ t/m}^3$	Clasificación S.U.C.S. (CH)	
	S <sub>s</sub> =		

GEO SOL, S.A.



ENVOLVENTE DE RESISTENCIA EN COMPRESION TRIAXIAL NO DRENADA			
ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y AV. CENTENARIO, DEL. GUSTAVO A. MADERO	W = 283 %	LL = %	G = %
	Gw = %	LP = %	S = %
SONDEO : 4 PROF : 10.30m	e =	IP = %	F = %
MUESTRA : 101 FECHA :	$\gamma_m = 1.175 \text{ t/m}^3$	Clasificación S.U.C.S. (CH)	
	S <sub>s</sub> =		

GEO SOL, S.A.



ENVOLVENTE DE RESISTENCIA EN COMPRESION TRIAXIAL NO DRENADA			
ESTUDIO : PUENTE ARCÓNORTE DEL PERIFERICO Y AV. CENTENARIO, DELEG. GUSTAVO A. MADERO	W = 260.4 %	LL = 308.3 %	G = _____ %
	Gw = _____ %	LP = 143.2 %	S = _____ %
SONDEO : 4 PROF : 12.8-13.70m	e = _____ %	IP = 165.1 %	F = _____ %
MUESTRA : 13 FECHA : _____	$\gamma_m = 1.169 \text{ T/m}^3$	Clasificación S.U.C.S. (CH)	

GEO SOL, S.A.

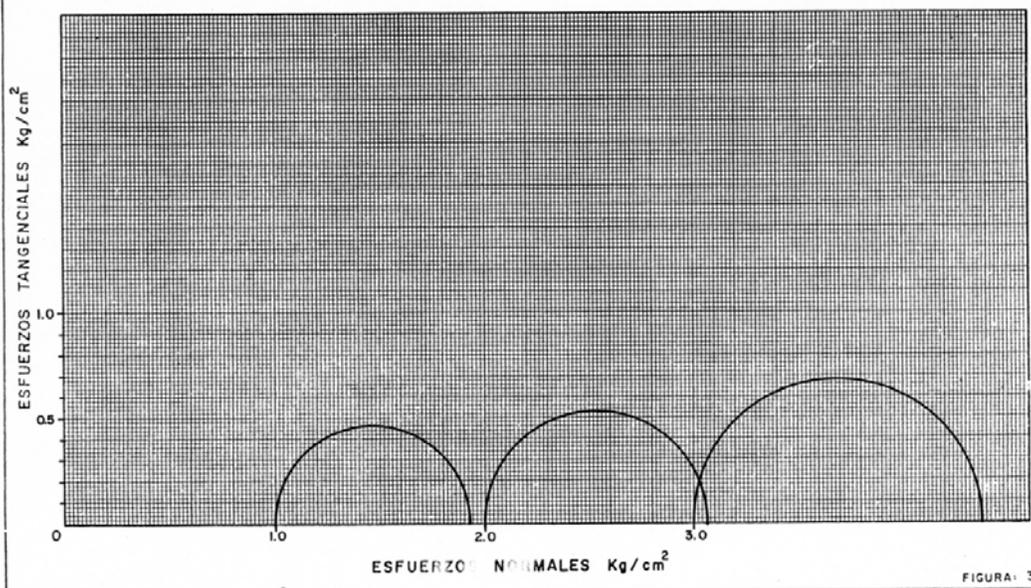


FIGURA: 35

ENVOLVENTE DE RESISTENCIA EN COMPRESION TRIAXIAL NO DRENADA			
ESTUDIO : PUENTE ARCO NORTE DEL PERIFERICO Y AV. CENTENARIO, DELEG. GUSTAVO A. MADERO	W = 129.4 %	LL = _____ %	G = _____ %
	Gw = _____ %	LP = _____ %	S = _____ %
SONDEO : 4 PROF : 16.20m	e = _____ %	IP = _____ %	F = _____ %
MUESTRA : 16 S FECHA : _____	$\gamma_m = 1.373 \text{ T/m}^3$	Clasificación S.U.C.S. (SM)	

GEO SOL, S.A.

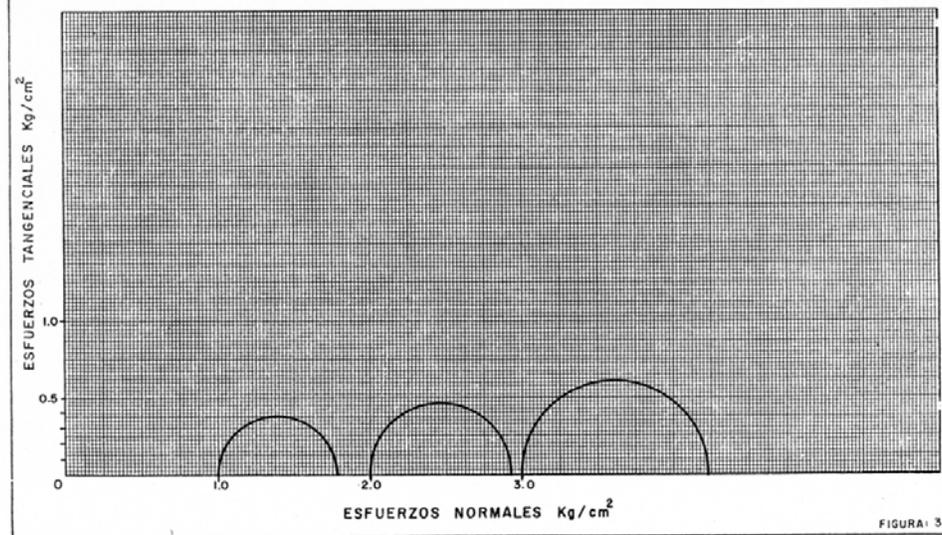
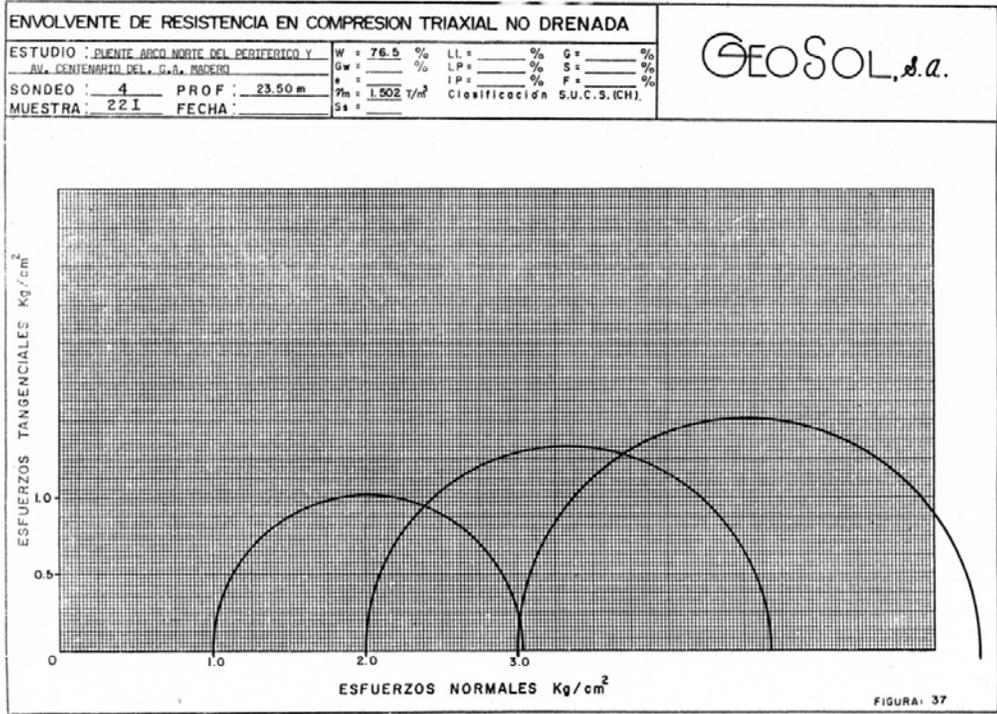


FIGURA: 36



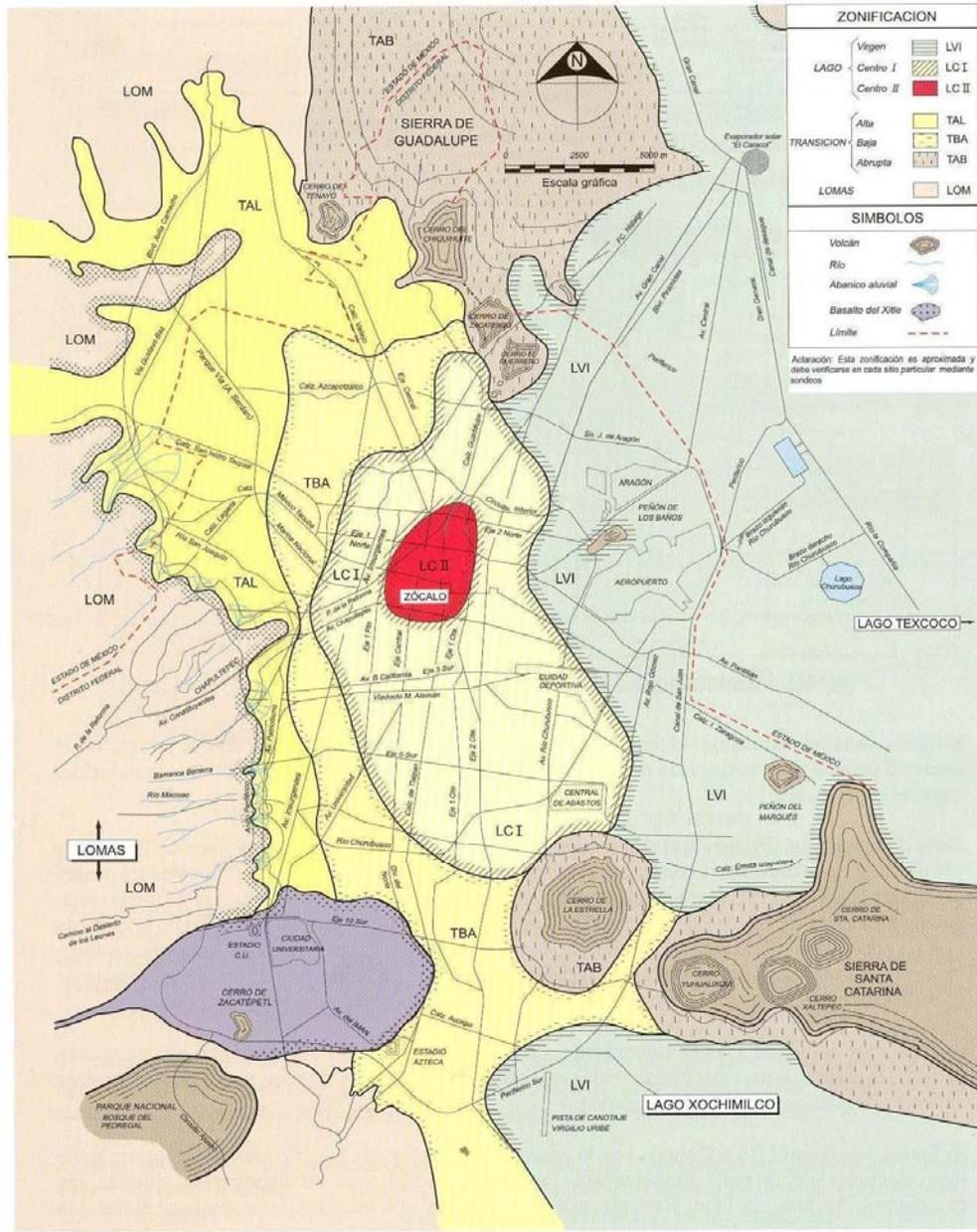
# DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

## IV DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA.

### 4.1 CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRAFICAS Y FÍSICAS DEL SUBSUELO

La zona de interés se encuentra de acuerdo a la zonificación geotécnica que marca el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias de Cimentaciones se ubica en la Zona III denominada Zona de Lago en la que dominan los depósitos arcillosos de baja resistencia y alta deformabilidad. (Ver figura 19).

### **CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS Y FÍSICAS DEL SUBSUELO**



Zonificación geotécnica de la Ciudad de México

El sitio de interés se localiza, en la denominada Zona de Lago, dentro del área que ocupaba el ex Lago de Texcoco, constituido por sedimentos lacustres de arcillas bentónicas de alta compresibilidad, del grupo CH según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, y de consistencia variable entre blanda y muy blanda, con un estado de esfuerzos efectivos de la estructura de los depósitos arcillosos, menor en  $1 \text{ ton/m}^2$ , respecto al esfuerzo de preconsolidación de los depósitos arcillosos; con algunas lentes de limo y arena fina gris, con un espesor de la formación arcillosa superior de 34 m, aproximadamente, de acuerdo a la zonificación de la profundidad de la primera capa dura.

a) **Manto Superficial:** compuesto por depósitos areno – arcillosos a limosos y rellenos artificiales con espesor medio de 3.0 m.

b) **Formación Arcillosa Superior:** esta constituida por arcilla bentonítica de alta compresibilidad, de variados colores, de consistencia variable entre blanda y media, con espesor medio de 30 m; contenido lentes de arenas delgadas e intercaladas aleatoriamente.

c) **Capa Dura:** esta constituida por suelos limo – arenosos compactos o rígidos cementados con carbonato de calcio con espesor medio de 2 m.

d) **Formación arcillosa Inferior:** compuesta por arcilla volcánica semejante a la Formación Arcillosa Superior, pero más resistente, con espesor de 10 m.

De acuerdo a la exploración del subsuelo realizada en el predio de interés los materiales del subsuelo tiene la siguiente secuencia estratigráfica: superficialmente y con espesor de 0.60 m, se tiene materiales de relleno constituidos por arena poco arcillosa con gravas y restos de cimentaciones antiguas., de compacidad media; enseguida se tiene el manto superficial constituido por capas interestratificadas de arcilla limosa poco arenosa, limo arcilloso poco arenoso, arcilla limosa y arena limosa, con espesor medio de 3.0 m. contenido de agua medio de 20% de consistencia variable entre blanda y firme, y el índice de resistencia a la penetración estándar es variable entre 22 y 25 golpes.

A continuación se tiene la primera formación arcillosa, entre 3.0 y 34 m de profundidad esta constituida por arcilla de alta plasticidad, el contenido de agua media que es variable entre 4.0 y 6.0 m de profundidad es de 130%, entre 6.0 y 14.5 m de profundidad es variable entre 200 y 400% y de 14.5 y 32 m de profundidad varía entre 200 y 300%; la consistencia de los materiales varía entre muy blanda y blanda, el índice de resistencia a la penetración estándar es variable entre 1 y 6 golpes. En esta formación se tiene intercalaciones delgadas de arena arcillo-limosa, arcilla limosa y arena limosa, con contenido de agua media de 30% en estado suelto.

Subyaciendo a la formación arcillosa superior se tiene la primera capa dura a partir de 34 m, con espesor medio de 2 m, constituida por arena limosa y limo arenosos, con contenido de agua medio de 45%, en estado compacto e índices de resistencia a la penetración estándar (IRPE) mayor a 50 golpes.

De acuerdo a información de un sondeo realizado cerca al predio de interés se tiene por debajo de la primera capa dura la formación arcillosa inferior a partir de 36 m de profundidad, contenido de agua variable entre 75 y 300%, de consistencia y muy firme.

La estratigrafía detallada del sondeo realizado se describe a continuación:

#### SONDEO MIXTO SM-1

**Profundidad**

**Descripción**

(m)	
0.00-0.60	Arcilla poco limosa café grisáceo con poca arena fina y fragmentos de tabique rojo, con contenido de agua de 15%, de consistencia blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 23 golpes.
0.60-3.00	Arcilla poco limosa café grisáceo con poca arena fina, con contenido de agua medio de 20%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 a 6 golpes.
3.00-3.60	Arcilla gris con escasa arena fina y arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 20%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 5 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
3.60-4.20	Arena fina gris oscuro negrusco con pocos finos de limo no cohesivo y arcilla limosa gris oscuro con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 70%, de consistencia blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes.
4.28-5.00	Arcilla gris oscuro con escasa arena fina, limo poco arcilloso gris oscuro con escasa arena fina y arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 50%, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de presión; de límite líquido igual a 35% y límite plástico de 33%, en su porción fina; granulométricamente formado por 2% de arena y 98% de finos, de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con cohesión de 1.6 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 6° y peso volumétrico de 1.45 ton/m <sup>3</sup> , determinados en pruebas triaxiales rápidas UU no consolidadas-no drenadas; densidad de sólidos promedio de 2.51.
5.00-6.20	Arcilla poco limosa gris oscuro y arcilla café grisáceo con escasa arena fina, con contenido de agua de 200%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.
6.43-7.00	Arcilla poco limosa café grisáceo y gris verdoso, con contenido de agua medio de 220%, de consistencia blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de presión, de límite líquido igual a 321% y límite plástico de 28%, en su porción fina, granulométricamente formado por 1% de arena y 99% de finos, de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con cohesión de 2.4 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 4° y peso volumétrico de 1.19 ton/m <sup>3</sup> , determinados en pruebas triaxiales rápidas UU no consolidadas-no drenadas; densidad de sólidos promedio de 2.36.

Profundidad (m)	Descripción
-----------------	-------------

7.00-8.80	Arcilla café verdoso con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 250%, de consistencia blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 1/45 y 1/60 golpes.
9.06-9.60	Arcilla gris verdoso y café verdoso con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 370%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de presión, de límite líquido igual a 416% y límite plástico de 31%, en su porción fina, granulométricamente formado por 4% de arena y 96% de finos, de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con cohesión de 1 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 3° y peso volumétrico de 1.15 ton/m <sup>3</sup> , determinados en pruebas triaxiales rápidas UU no consolidadas-no drenadas; densidad de sólidos promedio de 2.30.
9.60-11.40	Arcilla café verdoso con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 300%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta a 1 golpe.
11.40-13.20	Arcilla café rojizo con manchas gris verdoso oscuro, con contenido de agua medio de 400%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.
13.20-15.00	Arcilla gris verdoso oscuro con pequeñas lentes de limo gris claro, con contenido de agua medio de 320%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.
15.20-15.80	Arcilla gris claro con escasa arena fina y arcilla gris verdoso, con contenido de agua medio de 400%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de presión, de límite líquido igual a 556% y límite plástico de 25%, en su

**Profundidad (m)**

**Descripción**

	porción fina, granulométricamente formado por 2% de arena y 98% de finos, de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con cohesión de 0.8 ton/m <sup>2</sup> , ángulo de fricción interna de 3° y peso volumétrico de 1.14 ton/m <sup>3</sup> , determinados en pruebas triaxiales rápidas UU no consolidadas-no drenadas; densidad de sólidos promedio de 2.30.
15.80-17.60	Arcilla gris verdoso, con contenido de agua medio de 565% de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.
17.60-20.00	Arcilla gris verdoso oscuro, con contenido de agua medio de 350%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.
20.14-20.80	Arcilla gris verdoso oscuro y café rojizo, con contenido de agua medio de 300%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de presión, de límite líquido igual a 230% y límite Plástico de 19%, en su porción fina, granulométricamente formado por 3% de arena y 97% de finos, de

acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con cohesión de 1.4 ton/m<sup>2</sup>, ángulo de fricción interna de 5° y peso volumétrico de 1.26 ton/m<sup>3</sup>, determinados en pruebas triaxiales rápidas UU no consolidadas-no drenadas; densidad de sólidos promedio de 2.31.

20.80-21.40 Arcilla café rojizo, con contenido de agua de 280%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.

21.40-23.20 Arcilla gris verdoso oscuro con escasa arena fina, con contenido de agua medio de 400%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
23.20-27.00	Arcilla café verdoso y gris verdoso, con contenido de agua medio de 400%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta; granulométricamente formado por 2% de arena y 98% de finos. .
27.00-28.80	Arcilla gris verdoso oscuro y café verdoso con escasa arena fina, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.
28.80-30.00	Arcilla café rojizo y gris verdoso oscuro, con contenido de agua medio de 270%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta
30.60-32.40	Arcilla gris oscuro con escasa arena fina, de contenido de agua medio 250%, de consistencia muy blanda, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta.
32.40-33.60	Arcilla café verdoso y café rojizo con algunas gravillas y escasa arena fina, con contenido de agua de 100%, de consistencia blanda a dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de peso de herramienta a 49 golpes.
33.60-34.35	Limo poco arcilloso gris oscuro con poca arena fina, con contenido de agua medio de 30%, de consistencia dura, índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 50 golpes.

El nivel de aguas freáticas se encontró en 3.3 m de profundidad con respecto al nivel de banqueta, en la fecha en que se realizó la exploración.

En el Anexo II se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los siguientes ensayos de laboratorio: pruebas de compresión simple, resistencia a la compresión triaxial UU, y los parámetros de compresibilidad obtenidos en pruebas de consolidación con seis incrementos de carga y un ciclo de descarga realizados para determinar las propiedades mecánicas de los suelos muestreados.

El estado actual de los esfuerzos en el subsuelo se representa en la figura 7 mediante la gráfica de la variación con la profundidad de la presión vertical efectiva (determinada como la diferencia entre la presión total y la de poro); donde se indican los intervalos de preconsolidación definidos en los ensayos de consolidación unidimensional efectuados., y se observa que de acuerdo los intervalos de preconsolidación definidos en los ensayos de consolidación unidimensional efectuados, que el suelo esta normalmente consolidado.

Del análisis de los esfuerzos antes mencionados se concluye que el depósito arcilloso localizado entre 0.2 y 3.0 m se encuentra preconsolidado por desecación con un esfuerzo de preconsolidación mayor en  $4 \text{ ton/m}^2$  al esfuerzo efectivo actual, en su parte superior; y de  $0.5 \text{ ton/m}^2$ , en su parte inferior, y a partir de dicha profundidad, y hasta 34 m tienen una diferencia entre los esfuerzos efectivos actuales de la estructura de los depósitos arcillosos y el esfuerzo de preconsolidación, variable entre  $0.99$  y  $0.3 \text{ ton/m}^2$ , decrecentándose con la profundidad, .

Tomando en cuenta todo lo anterior se observa que al subsuelo únicamente se le puede transmitir una carga neta de  $0.5 \text{ ton/m}^2$  para obtener asentamientos admisibles, en caso contrario se obtendrán asentamientos de mayor magnitud que ponen en riesgo la estabilidad del edificio.

Considerando las características de rigidez de la cimentación que más adelante se define, la deformabilidad de los materiales del subsuelo y la presión de contacto aplicada a los materiales de apoyo por la cimentación, el módulo de reacción del suelo deberá considerarse de  $4 \text{ kg/cm}^3$ .

De acuerdo a las características estratigráficas de los depósitos del subsuelo y a la zonificación geotécnica de la Ciudad de México el predio de interés se encuentra en la zona III denominada de Lago, a la que corresponde un coeficiente sísmico de 0.4.

Por lo que respecta a la estratigrafía del subsuelo en el sitio, puede decirse que muestra condiciones de similitud en los cuatro sondeos ejecutados, detectándose los siguientes paquetes principales:

Superficialmente se detectan rellenos artificiales, correspondientes al terraplén de la vía férrea o al efectuado para configurar las vialidades actuales. Estos rellenos tiene espesores de 4.80, 5.60, 3.80 y 5.0 m, respectivamente, estando constituido por materiales heterogéneos, incluyendo tezontle, cascajo, basura, etc., cuyo acomodo es muy irregular, pues en la (SPT) se detectaron desde 5 hasta más de 50 golpes. La altura de los terraplenes, como se muestra en la fig. 1, es de aproximadamente 2 m, con respecto a el nivel de las vialidades circundantes, lo que significa que a través del tiempo dicho terraplén se ha incrustado en el terreno natural unos 2 a 3 m.

A continuación se detectó el manto superficial (MS), constituido por materiales arcillosos, de alta compresibilidad, de consistencia blanda a muy blanda, con contenidos de agua de 30 a 80%.

Posteriormente se identificó la formación arcillosa superior, (FAS), que termina a una profundidad de 28 a 29 m, con respecto al nivel del terreno natural. Está constituida por las arcillas típicas del Valle de México, de origen volcánico, formadas en ambiente lacustre, de alta compresibilidad y consistencia blanda. El contenido natural de agua es elevado, alcanzando valores de 200 a 400% en los 10 m superiores y de 150 a 300% en el resto del espesor. El Límite Líquido en la parte superior varía entre 225 y 550% y entre 175 a 350% en la interior. Por lo que respecta a la resistencia de los materiales de esta formación, en la prueba (SPT) en general se registró un golpe para penetrar 30 cm, excepto en los estratos y lentes de arena y ceniza, en los cuales se llegaron a registrar hasta 15 ó 20 golpes, destacándose los estratos que aparecen a partir de los 15 m de profundidad, cuya presencia deberá ser tomada en cuenta en el comportamiento de la cimentación piloteada.

Posteriormente aparece la capa dura, (CD), constituida por una sucesión de estratos de materiales arenosos o arcillosos de consistencia firme, (SM) y (CH). En la prueba (SPT) se registró un número de golpes entre 12 y más de 50 y el contenido de agua varía entre 30 y 60%. Esta formación tiene un espesor entre 4 y 5 m alcanzando una profundidad de 33 a 34 m.

A partir de esta profundidad apareció la Formación Arcillosa Inferior (FAI), constituida por arcilla de alta compresibilidad, de consistencia media a firme, (CH). Su contenido natural de agua varía entre 130 y 150% y el número de golpes varía entre 3 y 25.

A continuación se muestran las Figs., del 1 – 4 donde se determinaron los diferentes estratos de suelo de acuerdo a la profundidad que le corresponde:

OBRA: PUENTE VEHICULAR EN AV. CENTENARIO Y PERIFERICO.

SONDEO No. 1

FECHA DE INICIO: 20/OCT/1998

FECHA DE TERMINO: 22/OCT/1998

PROF. EN m.	DESCRIPCIÓN	MUESTRA NO.	DE	A	No. DE GOLPES	LONG. RECUP. EN cm.	OBSERVACIONES
0.00	GRAVA ARCILLOSA CAFÉ	1	0.00	0.60	20	42	
0.60	ARENA ARCILLOSA CAFÉ	2	1.00	1.60	52	45	CON TEZONTLE
		3	2.00	2.60	36	48	CON TEZONTLE
		4	3.00	3.60	12	43	
		5	4.00	4.60	22	40	
5.00	ARCILLA CAFÉ	6	5.00	5.60	5	42	
		7	6.00	6.90	P	35	
6.90	ARCILLA VARIOS TONOS	8	7.30	7.90	1	43	COLOR NEGRO, CAFÉ VERDOSO Y ROJIZO
		9	8.30	8.90	1	45	COLOR CAFÉ VERDOSO
		10	9.30	10.20	P	85	COLOR CAFÉ VERDOSO
		11	10.60	11.20	1	47	COLOR CAFÉ Y CAFÉ ROJIZO
		12	11.60	12.20	1	43	COLOR CAFÉ
		13	12.60	13.50	P	70	COLOR GRIS VERDOSO
		14	13.90	14.50	1	45	COLOR CAFÉ
		15	14.90	15.50	1	43	COLOR CAFÉ
		16	15.90	16.80	P	90	COLOR CAFÉ ROJIZO Y GRIS
		17	17.20	17.80	6	45	COLOR GRIS
17.90	ARENA VARIOS TONOS	18	18.20	18.80	15	42	COLOR GRIS
		19	19.20	20.10	P	90	COLOR GRIS VERDOSO
		20	20.50	21.20	2	38	COLOR CAFÉ VERDOSO
		21	21.50	22.10	7	43	COLOR GRIS VERDOSO
		22	22.50	23.40	P	90	COLOR CAFÉ VERDOSO
23.20	LIMO GRIS	23	23.80	24.40	8	40	
23.90	ARCILLA GRIS VERDOSA	24	24.80	25.40	19	45	
25.50	ARCILLA CAFÉ VERDOSA	25	25.80	26.70	P	90	
27.50	LIMO GRIS CON ARENA	26	27.00	27.90	P	90	
28.20	ARCILLA GRIS VERDOSA	27	28.20	28.80	ROT	50	
29.10	ARENA LIMOSA GRIS	28	29.20	29.80	48	37	
30.00	ARENA ARCILLOSA CAFÉ CON GRAVA	29	30.20	30.50	50/15	15	
		30	30.90	31.30	50/25	20	
31.60	LIMO GRIS CON ARENA	31	31.70	32.30	35	30	
32.30	ARENA PUMITICA BLANCA	32	32.70	33.30	50/15	22	CON CENIZA VOLCANICA
33.50	LIMO GRIS VERDOSO	33	33.70	34.30	5	40	
		34	34.40	35.00	5	38	
NOTA.- P INDICA OBTENCIÓN DE MUESTRA INALTERADA CON HINCADO A PRESIÓN, Y							
ROT INDICA QUE SE UTILIZA ROTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE DICHA MUESTRA.							

PROF. EN m.	DESCRIPCIÓN	MUESTRA NO.	DE	A	No. DE GOLPES	LONG. RECUP. EN cm.	OBSERVACIONES
0.00	CARPETA ASFALTICA		0.00	0.05			
0.05	ARENA FINA LIMOSA CAFÉ	1	0.70	1.30	12	35	
1.30	LIMO CAFÉ CON ARENA Y GRAVA	2	1.30	1.90	21	28	
2.00	GRAVA POCO ARCILLOSA (TEZONTLE)	3	2.00	2.60	27	30	COLOR CAFÉ ROJIZO
		4	2.60	3.20	29	33	
3.10	ARENA LIMOSA CAFÉ CON GRAVA	5	3.40	4.00	17	34	
4.00	GRAVA LIMOSA CAFÉ (TEZONTLE)	6	4.20	4.80	23	38	
		7	5.00	5.60	30	30	
5.60	ARENA FINA LIMOSA CAFÉ	8	6.00	6.60	2	35	
6.50	ARCILLA GRIS VERDOSA Y OTROS TONOS	9	7.00	7.90	30 P/60 ROT	80	
		10	7.90	8.80	P	80	COLOR GRIS VERDOSO
		11	8.80	9.70	P	80	COLOR CAFÉ
		12	10.00	10.60	1	20	COLOR CAFÉ Y GRIS VERDOSO
		13	11.00	11.60	1	18	COLOR CAFÉ Y GRIS VERDOSO
		14	12.00	12.90	P	80	COLOR CAFÉ VERDOSO
		15	13.30	13.90	1	35	COLOR CAFÉ VERDOSO
		16	14.30	14.90	1	38	COLOR CAFÉ VERDOSO
		17	15.30	14.20	P	90	COLOR CAFÉ VERDOSO
		18	16.60	17.20	1	40	CON ARENA GRIS
		19	17.60	18.20	5	32	COLOR CAFÉ Y GRIS
		20	18.60	19.50	P	75	COLOR GRIS
		21	19.90	20.50	1	38	COLOR GRIS
		22	20.90	21.50	2	37	COLOR GRIS
		23	21.90	22.80	P	30	CON CENIZA VOLCANICA GRIS
		24	23.20	23.80	8	45	COLOR CAFÉ VERDOSO
		25	24.20	24.80	14	25	CON ARENA CAFÉ
		26	25.20	26.10	P	85	COLOR GRIS
		27	26.50	27.10	3	37	COLOR CAFÉ VERDOSO
		28	27.50	28.10	2	36	COLOR CAFÉ VERDOSO
		29	28.50	28.80	ROT	25	CON ARENA CAFÉ Y GRIS
29.00	LIMO GRIS GRUMOSO	30	29.20	29.80	54	37	
		31	30.20	30.60	50/25	26	
		32	31.00	31.60	30	37	
32.50	CENIZA VOLCÁNICA GRIS	33	32.00	32.60	33	25	
		34	33.00	33.60	13	28	
		35	34.00	34.60	54	26	
34.90	ARCILLA CAFÉ VERDOSA	36	35.00	35.40	33	18	
		37	36.00	36.60	6	35	
		38	37.00	37.80	ROT	70	
		39	38.20	38.80	7	45	
		40	39.20	39.80	23	40	
NOTA.- P INDICA OBTENCIÓN DE MUESTRA INALTERADA CON HINCADO A PRESIÓN, Y							
ROT INDICA QUE SE UTILIZA ROTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE DICHA MUESTRA.							





# ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

## V ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.

### 5.1 RECOMENDACIONES.

De acuerdo a las características del subsuelo anteriormente descritas, todo indica que el tipo de cimentación más apropiado para el desplante de los apoyos del puente, es el de pilotes de fricción ligados en sus cabezas a cajones formados por losas y contratrabes.

Los cajones quedarán huecos con el fin de compensar parcialmente el incremento de presión transmitido por las cargas, como consecuencia de la descarga producida por la excavación del terreno, y se podrán desplantar a una profundidad aproximada de unos 2 m.

Por su parte, los pilotes tendrán una longitud tal que entre sus puntas y la capa resistente quede un espacio libre vertical no menor que unos tres metros, con el fin de absorber los hundimientos regionales, pero al mismo tiempo evitando que se apoyen en las lentes duras que aparecen a profundidades de 24 a 25 m respecto a la superficie actual del terreno, para lo cual será necesario traspasar dichas lentes mediante las perforaciones previas al hincado de los pilotes, que se recomienda efectuar más adelante.

Tomando en cuenta a su vez que la capa dura aparece a profundidades de 28 a 29 m en los diferentes sondeos (Fig. 1) y que el peralte de las contratrabes será aproximadamente 2 m, la longitud de los pilotes estará comprendida entre unos 23 a 24 m, recomendándose una sección de 0.40 x 0.40 m.

Para el diseño geotécnico del conjunto cajón – pilotes, el procedimiento usual consiste en proponerse en forma iterativa una cierta geometría del cajón y grupo de pilotes, revisándose a continuación el correspondiente cumplimiento de los Estados Límites de Falla y de Servicio de acuerdo al Reglamento de Construcciones del D.F., una vez determinadas las acciones que actuarán en cada uno de los apoyos, las cuales se desconocen al presente por no estar diseñada aún la estructura.

En cuanto a las propiedades del suelo que intervienen en la mencionada revisión, se recomienda adoptar los valores obtenidos de los ensayos de laboratorio que se resumen en el inciso 3.1.

En el diseño de los respectivos tramos de acceso al puente, deberá procederse de acuerdo a lo indicado en el inciso 4.3.

Dada la importancia que ejercen los procedimientos constructivos en el comportamiento de las cimentaciones, a continuación se formulan los lineamientos que nuestro juicio deberán ser tomados muy en cuenta.

## Hincado de Pilotes.

- a) El hincado de los pilotes se llevará a cabo previamente a la excavación requerida para el desplante de las zapatas, con el fin de minimizar las expansiones debidas a la descarga del subsuelo, producida por dicha excavación.
- b) Antes de hincar los pilotes se deberán efectuar perforaciones previas en el sitio de cada pilote, cuyo diámetro deberá ser de 0.75 del lado; dichas perforaciones tendrán una doble función: por una parte servir de guía al pilote para poder atravesar las lentes de material resistente que se detectaron en los sondeos y facilitar por lo tanto que las puntas de los pilotes lleguen a la profundidad específica; por otra parte dichas perforaciones permitirán reducir sustancialmente el desplazamiento del material del subsuelo provocando por la hincada de los pilotes, al extraer buena parte del material durante la perforación.  
En virtud de que en la cercanía de las puntas de los pilotes se localiza una lente dura que podría interferir su penetración, se recomienda poner especial atención para que dichas lentes sean justamente atravesadas por las perforaciones previas antes prescritas.
- c) Para garantizar la verticalidad del hincado los pilotes deberán tomarse las medidas apropiadas, tales como el empleo de una estructura guía debidamente nivelada y mantenida fija al terreno, de tal suerte que el desplome que sufra el eje longitudinal de los pilotes no exceda el 1% de su longitud total.
- d) Con el fin de evitar un excesivo golpeo a los pilotes, se deberá vigilar que el peso del martillo no sea inferior a un 50% del peso del pilote, utilizando por ejemplo un martillo "Delmag-22", o similar. Se recomienda si mismo dar la debida protección al cabezal del pilote para no dañar su estructura.
- e) El orden de hincado de los pilotes deberá ser el siguiente: primero se hincarán los correspondientes al centro y posteriormente los de la periferia, empezando por cualquier esquina y continuando en un mismo sentido de giro.
- f) El hincado de los pilotes deberá efectuarse en la forma más continua posible, sin interrupciones mayores que 90 min, con el fin de evitar que el pilote se adhiera fuertemente a el suelo debido a efectos tixotrópicos, que obliguen a aplicar una mayor energía para proseguir el hincado, lo cual puede ocasionarle daños estructurales al pilote.
- g) Es importante que entre los pilotes y las trabes de cimentación se logre una continuidad estructural, para lo cual se recomienda demoler las cabezas de los pilotes cuando menos en una longitud de un metro, y efectuar en dicho tramo el colado del concreto con el de la trabe a fin de lograr un efecto monolítico de unión entre ambos elementos.
- h) La tolerancia en las profundidades de hincado de los pilotes deberá establecerse dentro del intervalo  $\pm 20$  cm.

## **Excavaciones.**

- a) Una vez realizado el hincado de los pilotes, se procederá a efectuar las excavaciones correspondientes a las zapatas de cada apoyo en particular. El talud perimetral de las excavaciones tendrá una inclinación de 1/4 (horizontal) por 1 (vertical).
- b) Tan pronto se alcance el nivel de fondo de la excavación, se procederá a colocar una plantilla de concreto pobre, de 0.10 m de espesor, y en seguida se efectuará la demolición de las cabezas de los pilotes, colocación del armado de la zapata de cimentación, cimbrado y colado, actividades que deberán efectuarse sin interrupciones mayores tratando de reducir al menor tiempo posible de su ejecución, con el fin de evitar expansiones indeseables en el subsuelo.
- c) Complementariamente a lo indicado en el inciso anterior se deberá lograr que el fondo de la excavación se mantenga "seco", es decir libre de encharcamientos o inundaciones producidas por el agua pluvial o eventuales filtraciones.
- d) Concluida la construcción del cajón, se deberá efectuar el relleno del área de sobre excavación, pudiendo utilizarse el mismo material de las capas superiores. Para ello se deberá colocar el material en capas de espesor no mayor que 0.30 m y compactarse a un grado mínimo del 90% con respecto a la prueba Próctor Estándar.
- e) Con el fin de conocer la magnitud y evolución de los movimientos verticales que sufrirán los cajones de cimentación, se recomienda establecer un mínimo de cuatro puntos de observación, por ejemplo uno en cada lado o esquina de cada cajón, los cuales serán sometidos a nivelaciones periódicas respecto a un Banco de Nivel establecido fuera del área de influencia de las cargas del puente o de cualquier otra construcción. Dichas nivelaciones se iniciarán tan pronto vayan siendo construidos los cajones y se continuarán por espacio no menor a 2 años después de haberse terminado la construcción del puente. Por lo mismo se deberá tener presente la necesidad de trasladar los puntos de referencia a las propias columnas del puente cuando ello resulte aconsejable, para garantizar la continuidad de las nivelaciones.

La frecuencia de tales nivelaciones podrá ser la siguiente: una vez al mes desde el colado de los cajones hasta la terminación del puente y proseguir cada cuatro meses hasta unos 2 años después.

## Diseño de la Cimentación.

### 5.2 TIPO DE CIMENTACIÓN.

Considerando que se trata de una estructura cuyos apoyos transmiten al terreno de cimentación cargas concentradas de gran magnitud, la experiencia obtenida en el diseño de este tipo de puentes en la zona lacustre de la ciudad, conduce a recurrir a cajones parcialmente compensados con contratraves en ambas direcciones, apoyados sobre pilotes de fricción de longitud tal que entre sus puntas y el manto resistente quede un espacio a manera de colchón para absorber los hundimientos regionales.

El procedimiento para el diseño geotécnico de la cimentación, consiste en que una vez conocidas las cargas que actuarán en cada uno de los apoyos se puede poner un cajón de geometría apropiada, apoyado sobre un conjunto de pilotes que tiene como principal misión la de transmitir buena parte de dichas cargas a los mantos inferiores, para reducir los hundimientos a límites admisibles.

Esta obra es un paso vehicular superior, conformado por dos cuerpos con claros de 18.0, 25.0, y 27.50 m.

El puente esta estructurado en el **cuerpo principal** por Trabes Presforzadas de concreto Reforzado de sección Cajón, unidos por una losa del mismo material. En la **zona de rampas**, por Trabes de concreto Reforzado y en la **unión** de esta con el cuerpo principal, por Trabes Postensadas.

Las características de las Trabes Cajón son las siguientes:

Claros	18.0 m 25.0 m 27.5 m
Peralte	1.30 m
La Carpeta con espesor igual a..	11.5 a 13.5 m

Los elementos de la Superestructura se apoyarán en Columnas de concreto Reforzado, de sección **circular huecas** apoyadas en Cajones de Cimentación del mismo material, los cuales se desplantarán a una profundidad mínima de 4.10 m a partir del terreno natural.

#### ***Trabajos Realizados.***

Los trabajos que se realizaron son:

- Análisis estructural del puente.
  
- Diseño de trabes, losas, columnas diafragmas, cabezales y todos los demás elementos que conforman la estructura

### **Materiales Empleados.**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$     | En todos los elementos estructurales.  |
| 2. Concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$                | En tablero, en rampas.   |
| 3. Concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$                | En columnas y cajones de cimentación, Diafragmas, Cabezales, Losas y Aireplenes. |
| 4. Concreto $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$                | En trabes presforzadas.  |
| 5. Concreto $f'c = 100 \text{ y } 200 \text{ kg/cm}^2$ | En plantillas.   |

### **CARGAS VIVAS**

Se consideró circulando simultáneamente, en el cuerpo principal; en zona de rampas un camión.

Se tomó en cuenta el factor de impacto recomendado en las Normas AASHTO

$$F.I. = \frac{50}{L+125}; \quad L \rightarrow \text{en pies}$$

Para efectos de sismo, la estructura se ubica en la **zona lago (terreno) tipo III** con los siguientes parámetros:

$$\mathbf{C.S. = 0.4}$$

$$\mathbf{Q = 2.0}$$

### **NORMAS UTILIZADAS.**

- Manual AASHTO.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto (N.T.C.D.F. 1987).

## PROGRAMAS UTILIZADOS.

Se utilizó el programa STAAD3 versión 21.1, el cual simula las cargas de camión en movimiento. Los elementos mecánicos que se obtienen de la corrida son envolvente de cortante y momentos.

Una vez planteada la cimentación de cada apoyo se deberán revisar los Estados Límite de Falla y de Servicio según el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (Ref. 1)

## ESTADOS LÍMITE DE FALLA.

Se deberá satisfacer la siguiente desigualdad.

$$\Sigma QF_c < R \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

- $\Sigma QF_c$  Suma de las acciones a tomar en cuenta en la condición analizada, afectada de su correspondiente factor de carga.
- $R$  Capacidad de carga del sistema constituido por los pilotes de fricción más la losa de cimentación, que se considera igual al mayor de los dos valores siguientes:
- Capacidad de carga del sistema suelo – cajón despreciando el efecto de los pilotes.
  - Capacidad de carga suelo – pilotes de fricción, que se considerará igual a la suma de las capacidades de carga por punta de los pilotes individuales, más las capacidades de adherencia de los pilotes en las condiciones más desfavorables de las dos situaciones que considera el propio Reglamento (Ref. 1).

La Capacidad de Carga por Adherencia Lateral de un pilote de fricción individual se calculará como sigue:

$$C_f = A_L f F_R \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- $F_R$  Factor de resistencia en condiciones estáticas = 0.70
- $F_R$  Factor de resistencia en condiciones sísmicas =  $0.70 (1 - s/2)$
- $s$  Relación entre los máximos de la sollicitación sísmica y la sollicitación total que actúa sobre el pilote.
- $C_f$  Capacidad por adherencia,  $t$

$A_L$	Área lateral del pilote, $m^2$
$f$	Adherencia lateral media pilote – suelo, $t/m^2$

Para la revisión del Estado Límite de Falla en Condiciones Sísmicas, se deberá tomar en cuenta según el Reglamento, la acción simultánea en las dos direcciones ortogonales, con intensidad de 100% en la más desfavorable y de 30% en la más favorable. Además se deberá verificar que la desigualdad (1) se cumpla considerando el área reducida por la excentricidad provocada por el sismo y el número reducido de pilotes correspondiente.

### ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO.

Los asentamientos en este tipo de cimentación se calcularán tomando en cuenta la penetración de los pilotes y las deformaciones del suelo de apoyo bajo las carga actuantes en ellos.

### 5.3 EJEMPLOS DE ANÁLISIS EN UN APOYO DADO.

Al presentarse se desconoce aún la distribución de los apoyos y por consiguiente la magnitud de las cargas que habrán de actuar en cada uno de ellos. Se sabe sin embargo por experiencia en puentes similares, que dichas cargas deben ubicarse en un intervalo del orden de 1,500 ton  $\pm$  30%. Con fines ilustrativos resolveremos un ejemplo partiendo de los siguientes datos:

#### Acciones (supuestas).

$$\Sigma Q = 2,000 \text{ ton}$$

$$M_x = 2,600 \text{ ton-m}$$

$$F_C = 1.4$$

$$F_R = 0.70 \text{ (estático)}$$

$$F_R = 0.50 \text{ (sísmico)}$$

#### Parámetros del suelo.

$$\gamma_m = 1.6 \text{ ton}/m^3 \text{ (peso volumétrico del suelo del manto superficial)}$$

$$C_U = 4.5 \text{ ton}/m^2 \text{ (en el área de influencia del cajón)}$$

$$C_U = 6.0 \text{ ton}/m^2 \text{ (en el área de influencia de la punta de los pilotes)}$$

$$f = 3.5 \text{ ton}/m^2$$

#### Arreglo del apoyo.

Cajón hueco con contratrabes ortogonales de 2 m de peralte y de 13 x 13 m de sección, apoyados sobre 6 hileras de pilotes de 6 pilotes cada una, de 23 m de longitud y sección cuadrada de 0.40 x 0.40 m.

**CONDICIONES ESTÁTICAS.**

- a) Capacidad de carga suelo – cajón despreciando efecto de los pilotes.

$$\Sigma Q^{FC}/A < C_U N_C F_R + P_V$$

$$N_C = 5.14 \left( 1 + 0.25 D_f/B + 0.25 B/L \right) = 5.14 \left( 1 + 0.25 \times 2/13 + 0.25 \times 13/13 \right) = 6.62$$

$$C_U N_C F_R + p_V = \left[ 4.50 \text{ t/m}^2 (6.62)(0.7) \right] + \left[ 1.60 \text{ t/m}^3 (2.0\text{m}) \right] = 24.05 \text{ t/m}^2$$

$$Q_a = (13\text{m})(13\text{m}) \left( 24.05 \text{ t/m}^2 \right) = 4,064 \text{ t}$$

$$\Sigma Q^{FC}/A = 2000\text{t} \left( 1.40/169\text{m}^2 \right) = 16.57 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore 16.57 \text{ t/m}^2 < 24.05 \text{ t/m}^2$$

- b) Capacidad de carga de pilotes

**Por fricción:**

$$C_f = A_L f F_R = 4(0.4\text{m})(23\text{m})(3.5)(0.7) = 90.16 \text{ t/pilote}$$

$$\text{Grupo: } C_f N^{\circ} \text{ pilotes} = 90.16 \text{ t} (36) = 3,246 \text{ t}$$

$$\text{Bloque: } A_L f F_R = 4(13\text{m})(23\text{m}) \left( 3.5 \text{ t/m}^2 \right) (0.7) = 2930 \text{ t}$$

**Por punta:**

$$C_p = [C_U N_C F_R + p_V] A_p$$

$$C_p = [(6)(7)(0.35) + 32] 0.16 = 7.50 \text{ t/pilote}$$

$$\text{Grupo: } 7.5(36) = 270 \text{ t}$$

Capacidad de carga total de los pilotes.

$$2930 + 270 = 3,200 \text{ t} < 4064 \text{ t}$$

Como puede observarse en este caso la capacidad de carga del cajón es sensiblemente mayor que la del conjunto de pilotes.

### CONDICIONES SÍSMICAS.

$$\text{Excentricidad: } e = M/Q = 2,600 \text{ t-m}/2,000 \text{ t} = 1.30 \text{ m}$$

$$\text{Área reducida: } B(B - 2e) = 13\text{m}(13\text{m} - 2(1.30\text{m})) = 135\text{m}^2$$

$$\left[ \frac{\Sigma Q F_c}{A} \right]_{\text{sismico}} = 16.57 \text{ t}(169\text{m}^2) / 135 \text{ m}^2 = 20.74 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore 20.74 \text{ t/m}^2 < 24.05 \text{ t/m}^2$$

Se cumple la desigualdad dentro de un margen razonable y por lo tanto no ameritaría modificarlo, o si se prefiere se puede hacer un nuevo tanteo para lograr una mayor cercanía entre los valores de la desigualdad.

### Revisión del Estado Límite de Servicio.

Los asentamientos a largo plazo para cargas estáticas se pueden valorar mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta H = \Sigma \left[ \frac{\Delta e}{(1 + e_0)} \right] \Delta z \quad (\text{Ref. 1})$$

Considerando por una parte los resultados de las pruebas de consolidación efectuadas y por otro el criterio simplificado de distribución de esfuerzos usualmente utilizado en la ciudad de México y sustituyendo valores, se obtiene que el hundimiento local de la cimentación con respecto al terreno circundante no excede de 0.10 m, valor que se juzga admisible.

Sobre este último aspecto cabe comentar que al examinar con detalle la estratigrafía determinada en los diferentes sondeos, se aprecia que a una profundidad media de aproximadamente 24 m, existe una delgada lente dura, es decir en coincidencia prácticamente con la profundidad recomendable para desplantar las puntas de los pilotes a fin de dejar un colchón de unos 3.0 m de espesor. Dado el espesor de la lente y su aparente resistencia, es de esperarse que en la práctica los pilotes no logren seguir los hundimientos regionales y pudieran tender a emerger con respecto al terreno circundante si no se toman de antemano algunas medidas apropiadas. En este caso se sugiere efectuar las perforaciones previas al hincado de los pilotes, precisamente hasta atravesar dichas lentes, esta profundidad podrá conocerse con toda precisión al efectuar la primera

perforación para alojar el primer pilote de cada conjunto correspondiente a cada uno de los apoyos.

Con respecto a los terraplenes de acceso, los análisis de compresibilidad efectuados indican que estos deberán limitarse a una altura máxima de 1.0 m, a fin de que los asentamientos resultantes no excedan de 0.15 m, valor que se ha considerado admisible. Para mayores alturas podría recurrirse bien sea a un aireplén diseñado de manera tal que el incremento de presión aplicado al subsuelo no exceda de  $1.5 \text{ ton}/\text{m}^2$  o bien a tramos en viaducto.

# PROCESO CONSTRUCTIVO

## VI PROCESO CONSTRUCTIVO

### ❖ ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LOS CAJONES DE CIMENTACIÓN DEL PUENTE VEHICULAR CENTENARIO, UBICADO EN EL CRUCE DEL RÍO DE LOS REMEDIOS.

La solución de cimentación consiste en cajones integrales de compensación parcial con pilotes de fricción; todos los cajones se desplantarán a una profundidad de 4.10 m medidos a partir del nivel medio del terreno natural actual (en el área que abarcará cada cajón). Los pilotes de fricción serán de sección cuadrada de 40 x 40 cm y 20.0 m de longitud efectiva. Los cajones tendrán diferentes dimensiones en planta en función de las cargas y posición respecto a la vialidad actual.

Tomando en cuenta sus dimensiones los cajones serán en cuatro tipos: *Cajón tipo I*, tendrá 21.80 x 7.50 m en planta, el área de excavación total será de 9.30 x 23.60 m, contará con dieciséis pilotes. De este tipo de cajones se tendrá cinco, dos al Norte del río y tres al Sur y dos adyacentes al río, todos se ubicarán en el cuerpo principal. *Cajón tipo II*, sus dimensiones en planta serán de 7.50 x 10.60 m, el área de excavación será de 9.30 x 12.40 m, contará con diez pilotes. De este tipo de cajón se tendrán cuatro, dos al lado Norte y dos al lado Sur del río. *Cajón tipo III*, de este tipo se tendrá sólo un apoyo que se localizará adyacente al río, en planta ocupará 6.00 x 10.00 m, contará con doce pilotes y su excavación será de 7.80 x 11.80 m. *Cajón tipo IV*, se tendrá tres cajones de este tipo, la planta será de 8.00 x 8.00 m, su excavación será de 9.80 x 9.80 m y contará con diez pilotes.

En general para la construcción de los cajones se excavará toda el área simultáneamente, sin embargo para el caso de los cajones *tipo I*, debido a su longitud, se excavará en tres etapas (A,B y C), la etapa "A" tendrá una longitud de 7.80 m y estará limitada longitudinalmente por taludes definidos por la relación 0.5 horizontal x 1.0 vertical. Las etapas "B" y "C" tendrán 7.90 m de longitud.

### 6.2 GENERALIDADES.

Para una mejor comprensión de esta especificación, en lo sucesivo se denominará "Sistema de ademe" al conjunto formado por la ataguía metálica o por el sistema constituido de viguetas metálicas y tablonas que limitarán la excavación; "**Ataguía metálica**" al perfil estructural de este tipo que será hincado en las zonas adyacentes al río; "**Panel de hincado**" al conjunto de ataguías metálicas que se hincarán en etapas sucesivas; "**Estructura de guía**" al conjunto de elementos estructurales que permitirán el alineamiento y verticalidad de las ataguías metálicas durante su hincado; "**Enfilado de paneles**" se entenderá al proceso de alineación y colocación de los paneles de hincado (ataguías) dentro de la estructura de guía; "**Empaque amortiguador**" al elemento utilizado para proteger la cabeza de las ataguías y de los pilotes de los impactos recibidos durante su hincado; "**Sistema de apuntalamiento**" al conjunto de vigas mdrinas y troqueles que se colocarán durante el proceso de excavación; "**Losa de fondo**" a la losa ubicada en el desplante de la cimentación que estará en contacto con la plantilla; "**Trabes de cimentación**" corresponde a los muros perimetrales y trabes interiores; "**Tocón de concreto**" al elemento que se colocará corrido al nivel de desplante de la losa de fondo y en un espesor de 20 cm, cuya finalidad es servir de troquel a este nivel.

En general para la construcción de los cajones de cimentación no adyacentes al río se deberán realizar excavaciones verticales además mediante un sistema de viguetas verticales hincadas en

terreno y tablonces de 50 mm de espesor, polines y cuñas de madera. Las viguetas tendrán una sección *tipo IR* con una longitud total de 11.50 m, las cuales se empotrarán 3.50 m por debajo del nivel máximo de excavación y se colocarán a una distancia tipo de 120 cm, ver *Fig. 2 a 8*.

Para el caso de los cajones adyacentes al Río de los Remedios, ver fig. 1, para realizar la excavación se requiere colocar en tres de las caras de la excavación, formando una “U”, una ataguía metálica, y en lado restante, opuesto al río, un sistema de viguetas metálicas y tablonces como los descritos en el párrafo anterior.

En ambos casos se deberá colocar un “**sistema de apuntalamiento**” constituido por viguetas horizontales (madrinas) de sección IR, y troqueles a base de perfiles tubulares tipo OC, que se instalarán en dos niveles a – 0.40 y – 2.60 m respecto al nivel de terreno natural, ver *Fig. 8*.

### 6.3 SECUENCIA CONSTRUCTIVA TIPO.

Previo al inicio de la excavación y construcción de la cimentación se deberán realizar los trabajos preliminares como localizar, retirar, proteger o desviar, según sea el caso, las interferencias.

Se requiere localizar con equipo topográfico, en campo, la posición de los pilotes, viguetas verticales y ataguías.

Se iniciará con el hincado de los pilotes y se continuará con el hincado de las viguetas y/o ataguías. La excavación se realizará mediante avances verticales de 0.90 m en los que se irán colocando los tablonces y el sistema de troquelamiento, hasta alcanzar el fondo de la excavación; últimos 15 cm se excavarán manualmente, se afinará el fondo y se colocará la plantilla.

Una vez que la plantilla alcance su fraguado inicial se procederá demoler la cabeza de los pilotes para realizar el armado y colado de la losa de fondo, dados y parte inferior de muros; dicho proceso no podrá posponerse por más de tres días.

Cuando la losa alcance el fraguado inicial (4 horas mínimo), se colocará un tocón de concreto. Cuando el tocón alcance su fraguado inicial podrá retirarse el segundo nivel de apuntalamiento para continuar con el colado complementario de los muros y losa tapa.

Posteriormente se colocarán los rellenos en el respaldo de los muros perimetrales cuando el concreto de éstos hayan alcanzado el 70% de su resistencia de proyecto (aproximadamente a los 7 días de colados), se retirará el primer nivel de troqueles y se realizará el colado y armado de la losa tapa.

Finalmente se retirarán las viguetas verticales y ataguías metálicas.

Durante el tiempo que duren los trabajos descritos en esta especificación y en caso de ser necesario, con el objeto de ejecutarlos “en seco” se deberá realizar un **bombeo de achique**.

### 6.3.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

A continuación se describe el *procedimiento constructivo tipo para un cajón*. Las dimensiones de la excavación para cada caso se presentan en las *figuras 2 a 7*, así como la localización de las viguetas y ataguías.

### 6.3.2 TRABAJOS PRELIMINARES

Previo al inicio de la excavación y construcción de la cimentación se deberán localizar las interferencias (ductos, tuberías, cimentaciones anteriores, instalaciones) y proceder a su retiro, protección o desvío según sea el caso.

Esta etapa comprenderá además el trazo y localización de los cajones, así como la demolición y retiro de banquetas y guarniciones.

### 6.3.3 PERFORACIÓN E HINCADO DE PILOTES

Inicialmente deberá localizarse la posición de los pilotes con equipo topográfico debidamente calibrado y aprobado dejando en campo las referencias necesarias; posteriormente se realizarán perforaciones previas de 305 mm (12") de diámetro sin extracción de material, que servirán como guía para el hincado de pilotes, hasta una profundidad de 24.50 m atravesando los rellenos y los lentes duros del subsuelo. Con la ayuda de una grúa se izará y colocará el pilote en su posición y se realizará su hincado hasta alcanzar el nivel de apoyo (nivel – 24.10 m). Se utilizará un martinete tipo D – 22 o de energía similar.

La cabeza de los pilotes deberán protegerse con un empaque amortiguador para evitar que sean dañados durante el proceso de hincado y se deberá contar con mordazas para sujetarlo durante el hincado en caso de que este se suspenda.

### 6.3.4 PERFORACIÓN E HINCADO DE VIGUETAS

Concluido el hincado de pilotes se procederá al hincado del “**Sistema de ademe**” el cual estará constituido por viguetas metálicas, que se empotrarán 3.50 m por debajo del nivel máximo de excavación y deberán sobresalir 40 cm por arriba del nivel de terreno natural. La longitud total de la misma será de 8.00 m.

Se deberá localizar en campo, con equipo y personal topográfico la posición exacta de las viguetas, dejando en campo las referencias correspondientes.

Para el hincado de viguetas se requerirán perforaciones previas de 152 mm (4") y de diámetro las cuales se ejecutarán con equipo mecánico hasta alcanzar una profundidad de – 4.00 m medidos a partir del nivel de terreno natural, debiéndose verificar la verticalidad del barreno. Inmediatamente después se hincarán las viguetas.

Para facilitar el hincado las viguetas éstas deberán estar provistas del extremo inferior terminado en punta, ver detalle 3 en *Fig. 9*.

### 6.3.5 PERFORACIÓN E HINCADO DE ATAGUÍAS

Independientemente o simultáneamente al hincado de viguetas se hincarán las ataguías. Se deberá localizar en campo, con equipo y personal topográfico, la posición exacta de las ataguías, dejando las referencias correspondientes.

Se requiere de perforación previa de 304.80 mm (12") de diámetro; que se ejecutarán con equipo mecánico hasta alcanzar una profundidad de – 4.00 m medidos a partir del nivel de terreno natural, debiéndose verificar la verticalidad del barreno. Inmediatamente después se hincarán las ataguías que se empotrarán 3.50 m por debajo del nivel máximo de excavación y deberán sobresalir 40 cm por arriba del nivel de terreno natural. La longitud total de las mismas será de 8.00 m.

Para el hincado de la ataguía se requerirá una estructura guía móvil que se ubicará sobre la superficie del terreno natural, que servirá para mantener fijo el pie de las ataguías metálicas durante el proceso de hincado, así como para prevenir desviaciones laterales de éstas.

Para el enfilado de las ataguías desde la superficie, será necesario asegurar los paneles con la ayuda de una estructura adicional que mantenga fija en todo momento la cabeza de las mismas y evitar que sufran desviaciones de la vertical.

El proceso de hincado de las ataguías se ha dividido en dos fases:

#### FASE 1: ENFILADO DE PANELES

Sobre la superficie del terreno natural se formarán los "**Paneles de hincado**", que consistirán en el conjunto de cuatro ataguías metálicas numeradas que se acoplarán entre sí, engrasando a la vez cada una de sus juntas al ser embonadas; mediante una grúa de brazo suficientemente largo se procederá a su izaje y colocación dentro de la estructura guía previamente instalada (ver Fig. 10).

Las ataguías deberán contar con preparaciones para su manejo, transporte y extracción posterior.

#### FASE 2: HINCADO DE PANELES

Una vez realizado lo anterior se procederá al hincado de las ataguías metálicas utilizando para ello equipo mecánico, el cual podrá ser una piloteadora provista de un martillo trepidante. Una vez colocado el "**Panel de hincado**" dentro de la estructura de guía, se procederá al hincado de las mismas atendiendo la siguiente secuencia:

- El hincado de la ataguía mediante paneles de cuatro elementos.
- El primer panel se deberá colocar en uno de los extremos del lado de la excavación en proceso de ademado.
- Para la colocación (enfilado) de un segundo panel el inmediato anterior deberá haber sido hincado al menos en una tercera parte de su longitud total.

- Para cada uno de los paneles, las ataguías deberán marcarse e identificarse de acuerdo a su posición y turno de hincado.
- La secuencia de colocación de las ataguías deberá ser la que se indica en la *Fig. No. 11*.
- Las ataguías deberán hincarse en avances verticales no mayores de 1.50 m y el golpe del martillo trepidante se deberá realizar en el centroide de la ataguía, atendiendo las recomendaciones señaladas en el **capítulo 4**.

Todas las ataguías deberán estar en perfectas condiciones antes de ser hincadas. Aquellas ataguías que presenten deformaciones deberán ser rechazadas por la supervisión y no deberán ser hincadas, asimismo éstas deberán acoplarse perfectamente en sus juntas (*ver Fig. 12*).

Las ataguías que sean dañadas durante el hincado deberán retirarse y sustituirse por otras en perfecto estado.

Una vez hincada cada una de las ataguías se obtendrá el nivel de la cabeza, se verificará nuevamente cuando se terminen de hincar el total de las ataguías, debiendo corresponder al indicado en proyecto.

El hincado de las ataguías, deberá ejecutarse de tal forma que se garantice su correcta colocación, de tal modo que cumpla con el objetivo planteado en el proyecto.

### 6.3.6 EXCAVACIÓN Y COLOCACIÓN DEL ADEME

Una vez que se haya concluido el hincado de los pilotes, viguetas y/o ataguías se procederá a efectuar la excavación, mediante avances parciales verticales de 90 cm, en toda el área del apoyo o zona de excavación según sea el caso, hasta alcanzar el nivel máximo de excavación. Al término de cada avance se afinarán manualmente las paredes verticales y se colocarán los tablonces de 50 mm de espesor en forma horizontal los que deberán quedar en contacto con el terreno **acuniándolos** contra las viguetas verticales, por medio de polines y **cuñas** de madera, *ver Fig. 9*.

El equipo de excavación podrá ser una **almeja** o similar, la cual deberá sustituirse sobre la **corona del talud** a una distancia mínima de 3.00 m medidos a partir del hombro de la excavación. Los últimos 15 cm deberán excavarlos manualmente.

Durante los trabajos de excavación deberán evitarse en lo posible golpes del cucharón sobre las paredes de la excavación o sobre el sistema de ademe, a fin de que no se generen zonas inestables.

El producto de la excavación deberá retirarse inmediatamente fuera de la zona de la construcción, a fin de no generar sobrecargas a la corona de los taludes.

En el caso particular de los apoyos **tipo I**, debido a su longitud, éstos se excavarán en tres etapas longitudinales como se muestra en las *Figs. 2 y 3*. El proceso a seguir será el descrito en los párrafos anteriores; el talud que limitará cada zona estará definido por la relación 0.5 horizontal x 1.0 vertical. Una vez que se haya concluido el colado de la losa de fondo, dados y parte inferior

de muros y trabes, para poder abrir una nueva etapa de excavación se deberá colocar sobre la losa un lastre de  $1.5 \text{ t/m}^2$ , con el fin de evitar o minimizar los efectos de las expansiones elásticas.

### 6.3.7 COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE APUNTALAMIENTO

Al llegar la excavación al nivel donde se colocará el primer o segundo nivel de apuntalamiento, constituido por mdrinas y troqueles, se colocaran las vigas mdrina en su posición, suspendidas por el equipo de izaje, y se aplicará una línea de soldadura en la parte superior del contacto entre las mdrinas y las viguetas verticales.

A continuación se colocarán los troqueles, los cuales se fijarán con puntos de soldadura en la parte superior de éstos y las vigas mdrinas que deberán estar provistas de dos pares de atiesadores en los puntos de apoyo de los puntales.

Todos los puntales y mdrinas se introducirán a la excavación en posición horizontal, mediante una grúa o similar, que las izará y colocará en su posición, debiendo tener cuidado durante las maniobras de no golpear ningún elemento del sistema de ademe o troqueles adyacentes.

Como medida de precaución los puntales deberán sujetarse a las viguetas verticales por medio de **estrobos** (elementos de succión), y cables.

Por ningún motivo se permitirá que la excavación continúe si los troqueles no han sido aprobados en su colocación por la supervisión.

El sistema de apuntalamiento deberá estar en contacto con la ataguía y con viguetas verticales. La posición y forma de colocación de los mismos deberá consultarse en el proyecto estructural correspondiente.

### 6.3.8 AFINE DEL FONDO Y COLADO DE PLANTILLA

Una vez que la excavación alcance una profundidad de  $- 3.95 \text{ m}$ , se continuará en forma manual hasta alcanzar la profundidad de desplante de la plantilla ( $- 4.10 \text{ m}$ ), con el objeto de obtener una superficie uniforme, evitando de esta manera sobreexcavaciones y remoldeo en la superficie del material de apoyo.

Posteriormente, se procederá al colado de la plantilla de concreto pobre de  $f'c = 100 \text{ k/cm}^2$ , con el espesor y características indicadas en el proyecto estructural correspondiente, esta actividad deberá terminarse a más tardar 24 horas después de que la excavación haya sido afinada.

### 6.3.9 DESCABECE DE PILOTES, ARMADO Y COLADO DE LA LOSA DE FONDO, DADOS DE CIMENTACIÓN Y PARTE INFERIOR DE MUROS

Una vez que el concreto de la plantilla de desplante haya alcanzado el fraguado inicial, se procederá a demoler la cabeza de los pilotes para ligar posteriormente el acero de éstos con los dados y losa de fondo.

Posteriormente se efectuará el armado y colado de la losa de fondo, dados y parte inferior de los muros perimetrales y traveses de cimentación (80 cm inferiores), de acuerdo a los planos y especificaciones estructurales correspondientes.

Se deberá dejar las preparaciones necesarias para continuar con el colado de los muros.

### 6.3.10 COLADO DE TOCÓN DE CONCRETO Y RETIRO DEL SEGUNDO NIVEL DE APUNTALAMIENTO

Concluida la etapa anterior se procederá a realizar el colado de un **tocón de concreto** de 30 cm de espesor cuya finalidad será la de permitir el retiro del segundo nivel de apuntalamiento.

Una vez que la losa de fondo y los muros laterales colados en la etapa anterior hayan alcanzado el 70 % de la resistencia de proyecto, se retirarán los troqueles y maderas correspondientes al segundo nivel de apuntalamiento.

### 6.3.11 ARMADO Y COLADO COMPLEMENTARIO DE MUROS

Concluido y aprobado lo anterior, se procederá a efectuar el armado y colado complementario de los muros y traveses del cajón hasta alcanzar el nivel de lecho bajo de la losa tapa, de acuerdo a los planos y especificaciones estructurales.

### 6.3.12 COLOCACIÓN DE RELLENOS, RETIRO DEL PRIMER NIVEL DE APUNTALAMIENTO Y COLADO DE LA LOSA TAPA

Una vez que los muros hayan alcanzado el 70 % de su resistencia de proyecto, se procederá a efectuar la colocación de los **rellenos en el respaldo de los muros laterales** hasta una distancia de 10 cm por debajo del nivel inferior de la losa tapa, dicha actividad se realizará con material arenoso limoso proveniente de banco (tepetate) aprobado por la supervisión, que cumplan con los siguientes requisitos de calidad: Límite Líquido no mayor de 30 %, cantidad de finos (material que pasa por la Malla No. 200) no mayor del 28 %, y tamaño máximo de las partículas no mayor de 76 mm (3") de diámetro.

El material seleccionado previamente homogeneizado, se colocará en capas no mayores de 20 cm de espesor, las cuales se compactarán hasta alcanzar el 90 % de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo con la Norma AASHTO Estándar T99-74, variante "A" con una energía de compactación de  $6.04 \text{ kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3$ . El material se colocará y compactará con una humedad cercana a la óptima, preferentemente del lado seco de la curva de compactación, determinada mediante ensayos de laboratorio previos.

La compactación se realizará con equipo manual con (balarinas, rodillos o similares).

Se efectuarán pruebas de control de calidad de compactación mediante la realización de cuatro calas en cada tres capas tendidas y compactadas, **debiendo desfasar el muestreo** entre capas para evitar crear planos susceptibles de falla.

Durante esta Etapa se deberán retirar de dos en dos los tablonces del sistema de ademe a medida que se coloquen las capas de relleno, es decir, se retirarán dos tablonces cuando los rellenos se encuentren 5 cm por debajo del nivel inferior de los tablonces por retirar.

Una vez colocados los rellenos se procederá a retirar los troqueles y madrinan correspondientes al nivel de troquelamiento superior (primario).

Finalmente se procederá al cimbrado, armado y colado de la losa superficial de acuerdo a los planos y especificaciones estructurales correspondientes.

### 6.3.13 RETIRO DE ATAGUÍAS, VIGUETAS VERTICALES Y CONCLUSIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PUENTE

Concluidos los trabajos correspondientes al colado de la losa tapa y una vez que ésta adquirió la resistencia de proyecto, se procederá a retirar el sistema de ademe.

La extracción de las ataguías y viguetas verticales deberá realizarse con equipo mecánico.

En el caso de las ataguías, su extracción es en función del hincado, un panel bien hincado será más fácil de extraer que otro cuyos elementos estén torcidos, desviados y desajustados.

Como las ataguías retiradas del suelo son destinadas de nuevo en otras obras, es importante tener el mínimo de desperfectos durante su extracción.

En el caso de las viguetas verticales éstas deberán estar provistas de un ojal en la parte superior, que será el punto de apoyo para su izado y extracción.

Posteriormente se colocará un relleno sobre la tapa hasta alcanzar el nivel de terreno de proyecto. El material será un tepetate que se colocará en capas de 20 cm y se compactará.

## 6.4 RECOMENDACIONES PARA EL HINCADO DE LA ATAGUÍA.

El hincado de las ataguías se efectuará con equipo mecánico, para lo cual se podrá utilizar una maquina piloteadora provista de un martillo trepidante. Se deberá proteger con un empaque amortiguador el extremo superior de las mismas.

Para la correcta colocación e hincado de las ataguías será necesario e indispensable tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. Con el fin de tener un mejor control del hincado y colocación de las ataguías, éstas se deberán hincar en paneles y por etapas sucesivas.

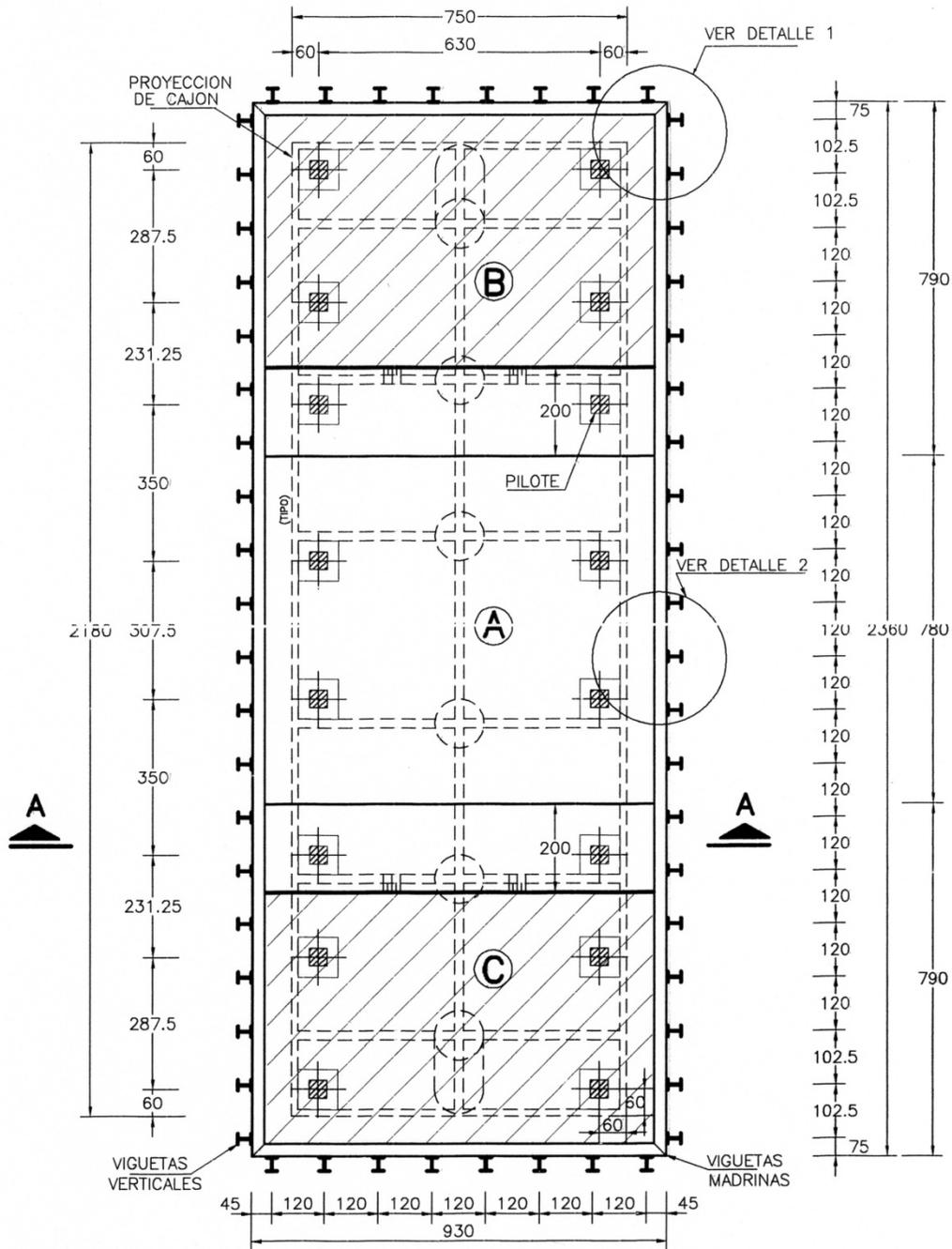
- b. Para obtener una buena alineación y control de la verticalidad de las ataguías durante su colocación, se recomienda el uso de una estructura guía con la finalidad de minimizar el riesgo de dificultades en el proceso de hincado y problemas de desviación o desplomes.
- c. Durante el proceso de izaje e hincado de las ataguías se deberá verificar constantemente mediante equipo topográfico de precisión, su alineación y verticalidad.
- d. Para evitar el estiramiento en los perfiles dobles en Z en su parte inferior, debido a la posible formación de un tapón de tierra generado durante el hincado, se deberán unir éstos por medio de un plano soldado (*plano estabilizador*) sobre las paredes inferior y superior de la sección de la ataguía (ver Fig. 13).
- e. Dado que las ataguías se ligan entre sí, durante el proceso de hincado no es posible evitar la acumulación de material (suelo) en la unión de los paneles, lo que provoca una resistencia al panel que se encuentra en proceso de hincado, esta fuerza resistente combinada con la fuerza del impacto de hincado provocan un par o momento que tenderá a girar a la ataguía en proceso de hincado. Para evitar esta desviación de la cabeza, es aconsejable hacer golpear el martillo “hacia atrás” sobre el elemento para reducir el par de fuerza.
- f. Durante el hincado de las ataguías se presenta un “*arrastre*” de la mitad de la última ataguía hincada, generado por el frotamiento entre ataguías. Para evitar este arrastre deberá fijar la *junta común* de la última ataguía por medio de un cordón de soldadura.

## 6.5 RECOMENDACIONES GENERALES.

- i. Durante la etapa constructiva deberá restringirse el tránsito de vehículos hasta una distancia de 3.50 m como mínimo, medidos a partir del borde de excavación.
- ii. Durante el proceso de hincado se cuidará la verticalidad de las viguetas, cuyo desplome no excederá de  $1/250 H$ , siendo H la longitud de la vigueta.
- iii. Deberá utilizarse un producto engrasante en las juntas de unión entre ataguías con la finalidad de reducir la fricción y facilitar su extracción.
- iv. Será de suma importancia cuidar la verticalidad de las ataguías durante el hincado en todo momento, cualquier tendencia de desviación deberá ser corregida inmediatamente.
- v. Los tablonces del *sistema de ademe* deberán quedar en contacto con el suelo.
- vi. El armado y colado de los elementos estructurales se efectuarán siguiendo los lineamientos establecidos en los planos y especificaciones estructurales correspondientes.
- vii. Se deberá implementar un sistema de bombeo de achique, constituido por drenes perimetrales, que deberán reconocer a *cárcamos* donde se alojarán *bombas sumergibles* para lodos de 4 HP como mínimo.

- viii. De acuerdo con la información de Mecánica de Suelos, para los cajones de cimentación localizados en los extremos del cuerpo principal, el tirante de agua esperado será de aproximadamente 1.10 m, por lo que en estos casos deberán de tenerse un mayor número de cárcamos y bombas.
- ix. En caso de que los materiales que se utilizarán para realizar los rellenos se encuentren parcialmente saturados, deberán orearse para lograr la humedad óptima de compactación, determinada mediante ensayos de compactación previos.
- x. Para la construcción de los terraplenes se recomienda la utilización de una mezcla de material constituido por el 30% de tezontle, con tamaño máximo de partículas de 3", y 70% de tepetate, medido en peso. Este material deberá tenderse en capas y compactarse al 90% de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo con la Norma AASHTO Estándar T99-74, variante "A" con una energía de compactación de  $6.04 \text{ kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3$ . el material se colocará y compactará con una humedad cercana a la óptima.

# PUENTE CENTENARIO



SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

**PLANTA DIMENSIONAL DE EXCAVACION  
CAJON TIPO I**

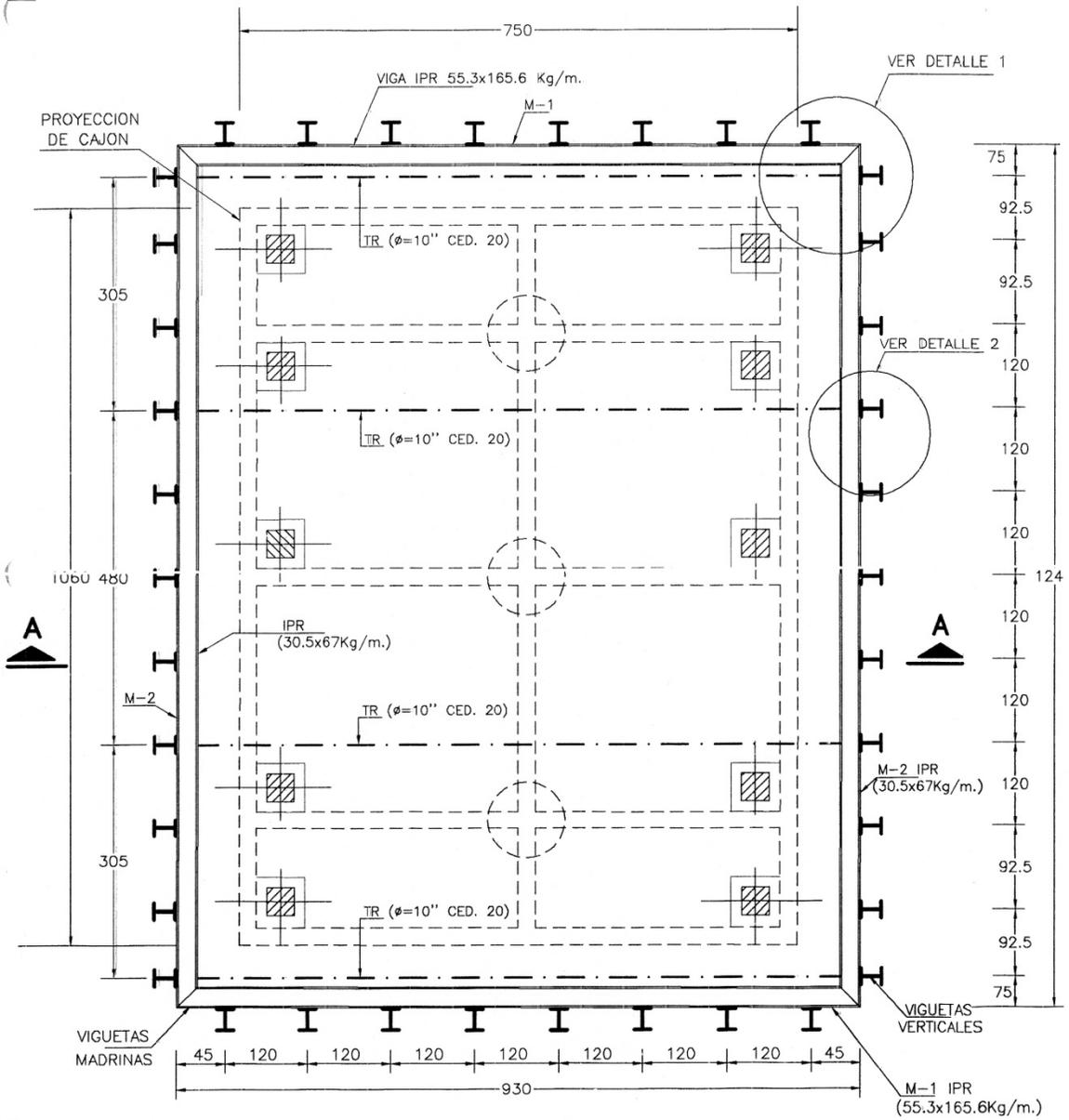
**FIG. 2**







# PUENTE CENTENARIO

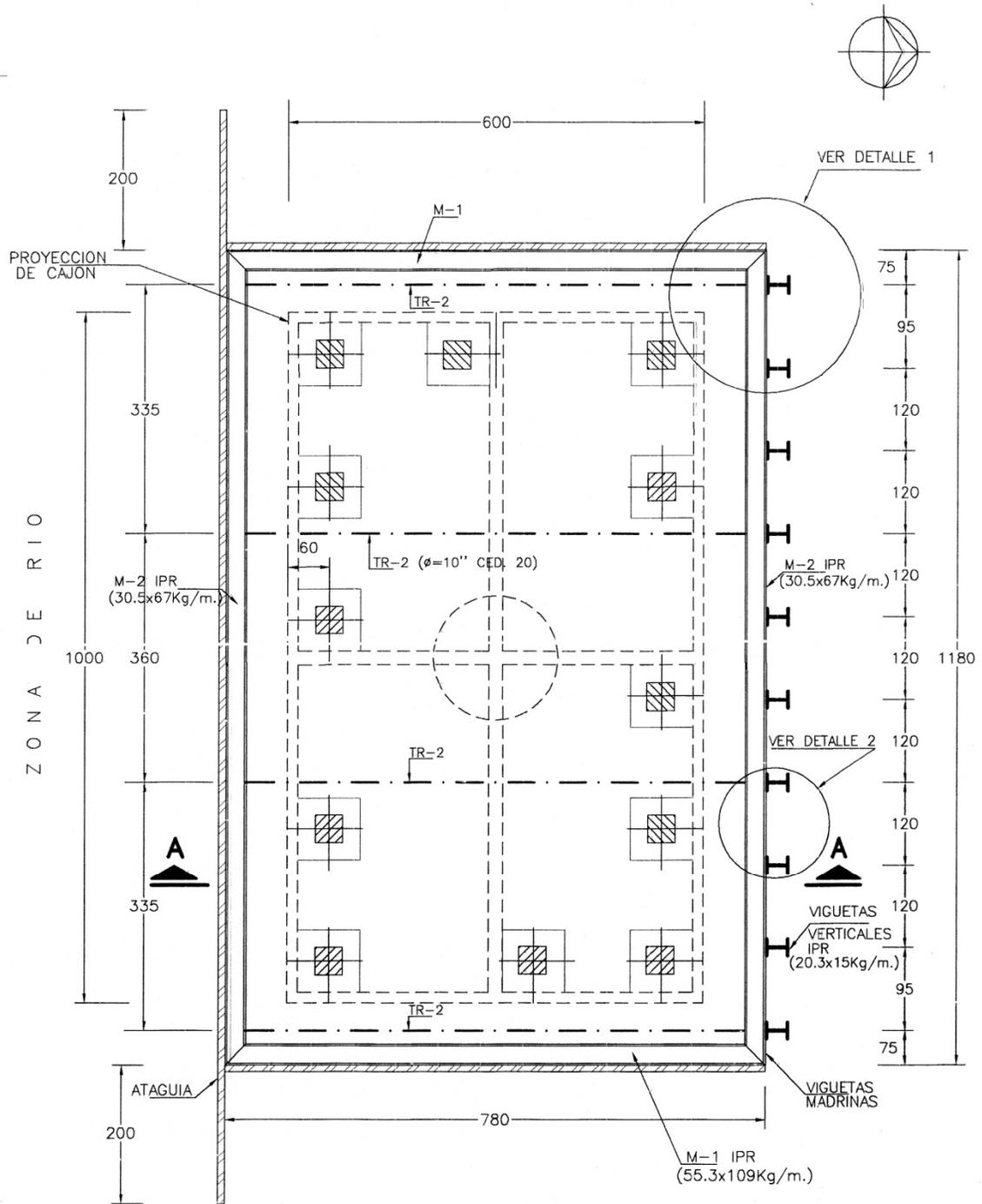


SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

PLANTA DIMENSIONAL DE EXCAVACION  
CAJON TIPO II

FIG. 6

# PUENTE CENTENARIO



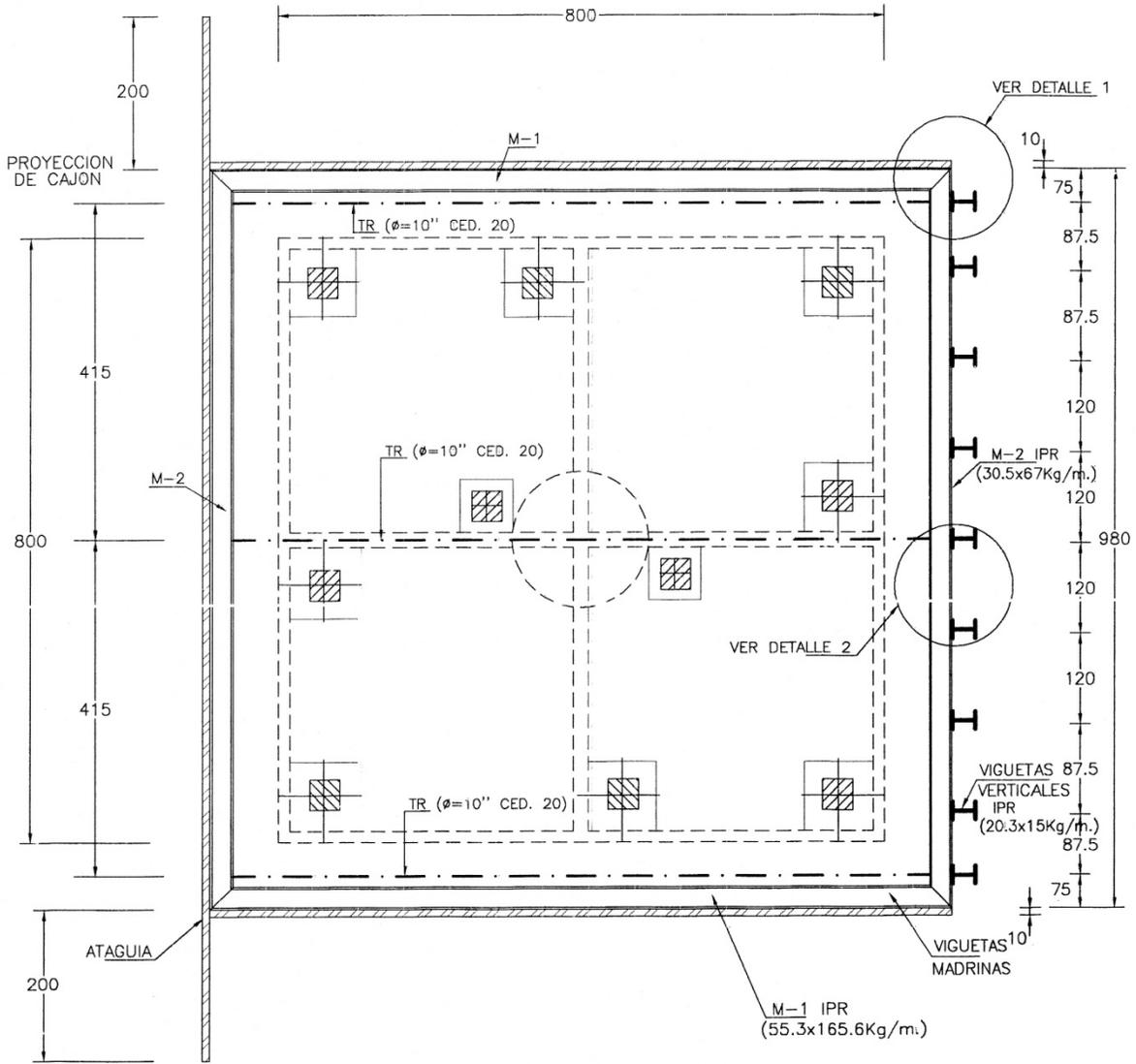
SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

**PLANTA DIMENSIONAL DE EXCAVACION  
CAJON TIPO III**

**FIG. 7**



# PUENTE CENTENARIO

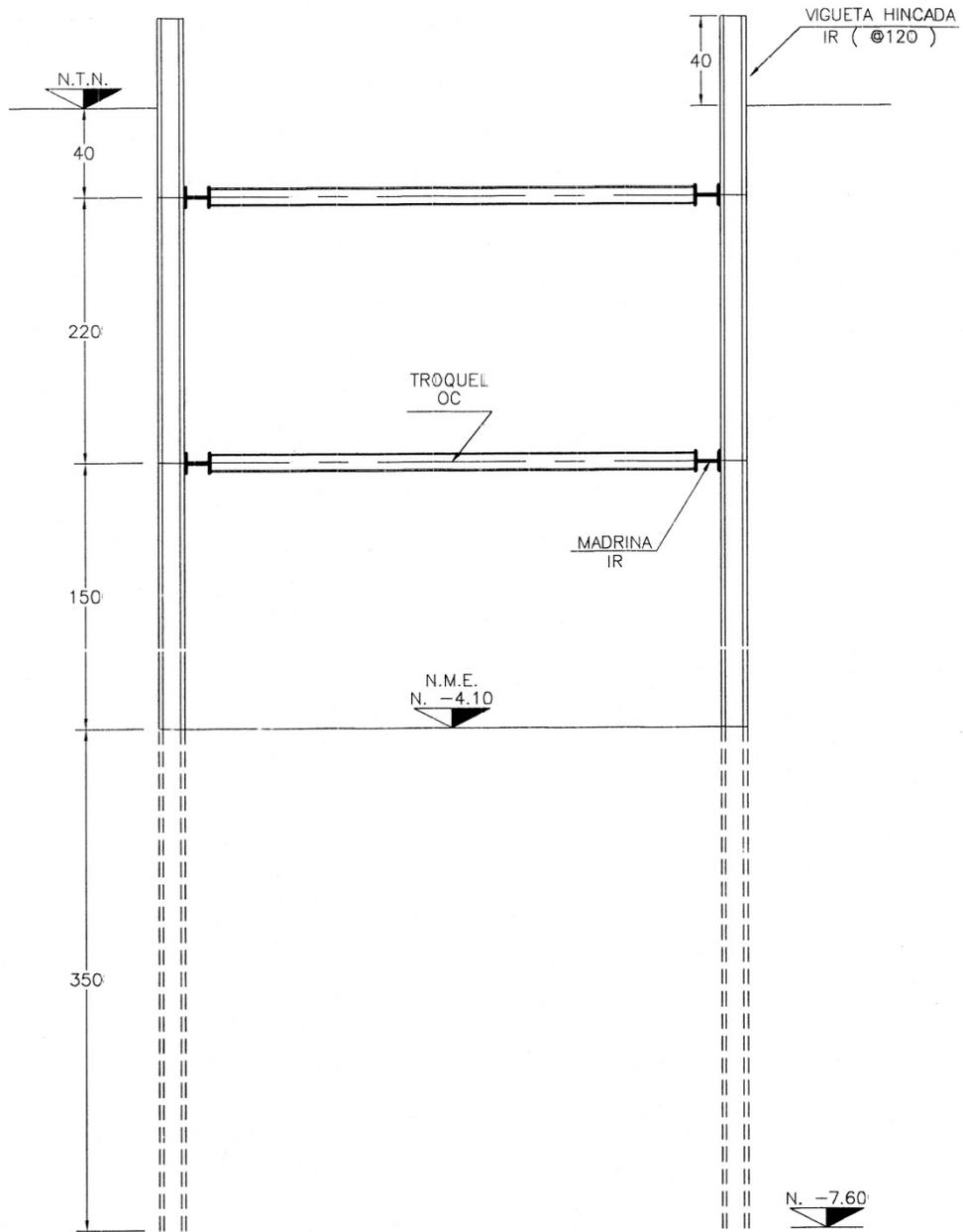


PLANTA DIMENSIONAL DE EXCAVACION  
CAJON TIPO IV ADYACENTE AL RIO

SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

FIG. 9

# PUENTE CENTENARIO

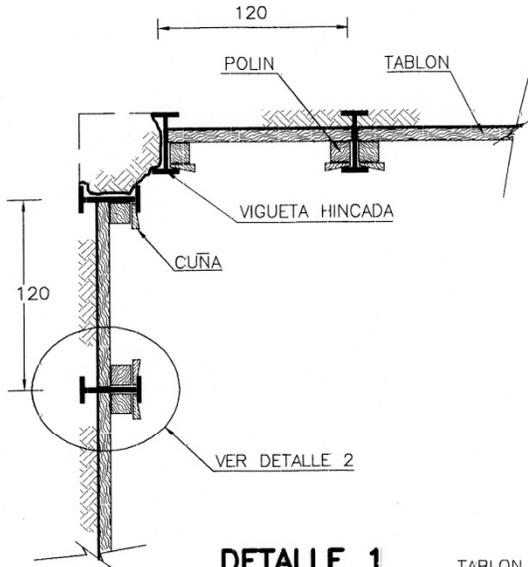


SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

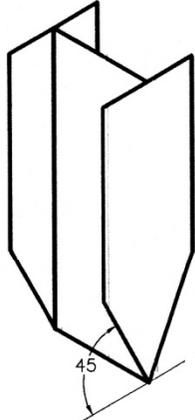
**SECCION A - A**  
( TIPO )

**FIG. 10**

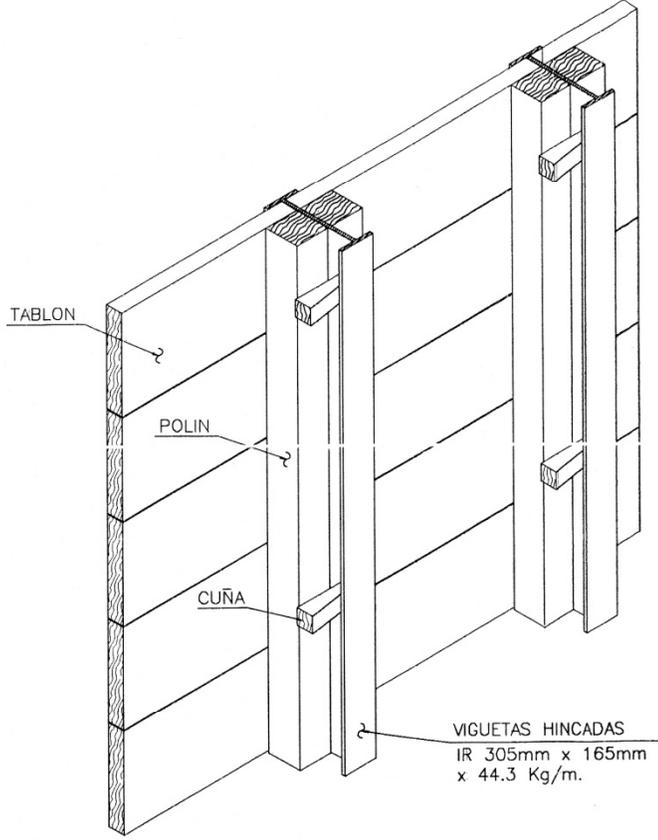
# PUENTE CENTENARIO



**DETALLE 1**



**DETALLE 3**  
TERMINACION EN PUNTA DE  
VIGUETAS HINCADAS



**DETALLE 2**  
SISTEMA DE RETENCION

SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

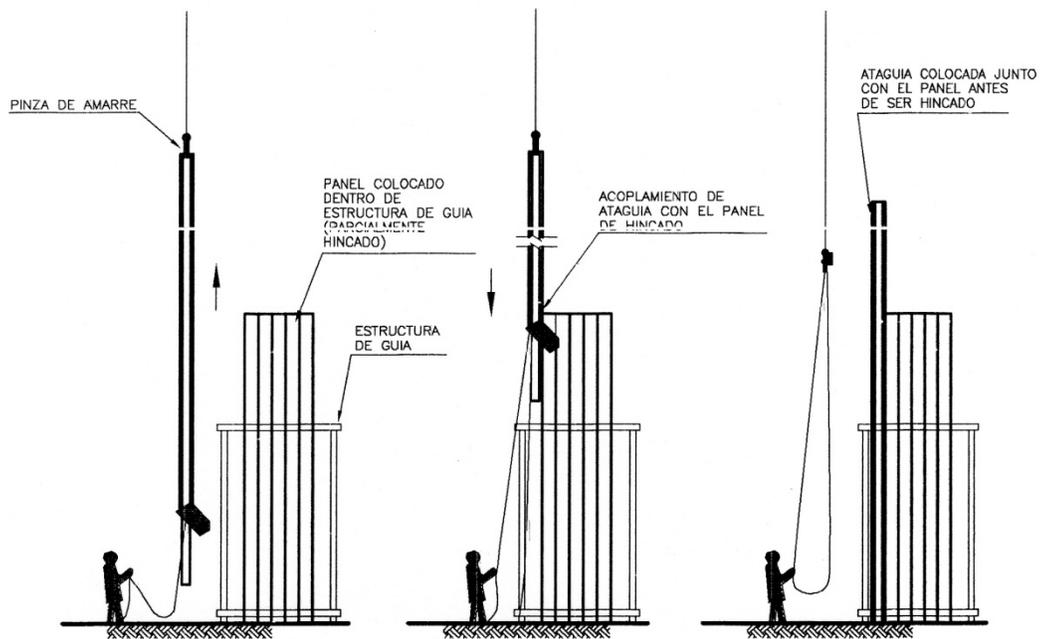
## DETALLES DE SISTEMA DE ADEME CON VIGUETAS Y TABLONES

**FIG. 11**

# PUENTE CENTENARIO



## AMARRE E IZAJE DE ATAGUIA

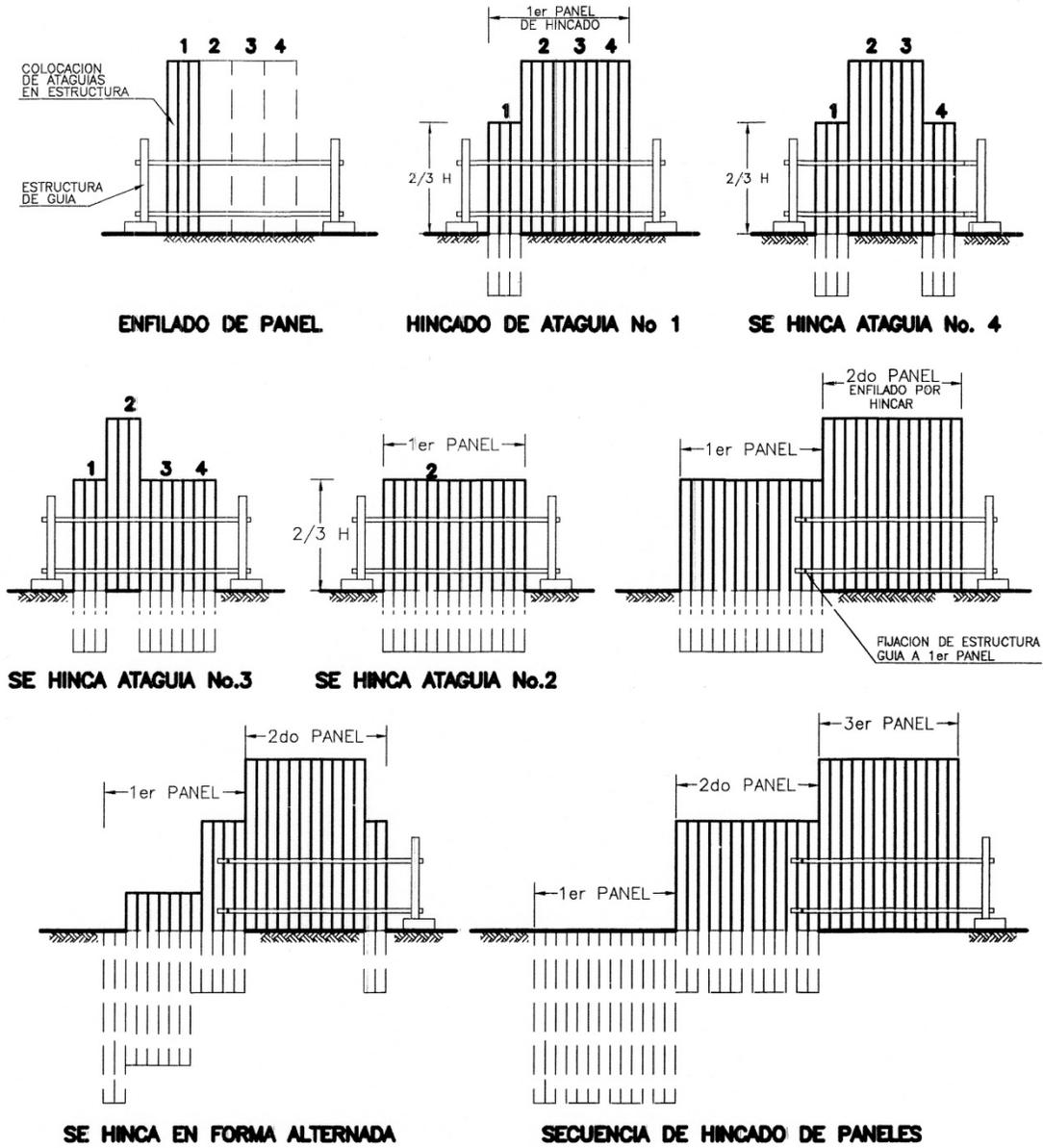


## ENFILADO DE PANELES Y COLOCACION DE ATAGUIA DENTRO DE LA ESTRUCTURA GUIA

SIN ESCALA

FIG. 12

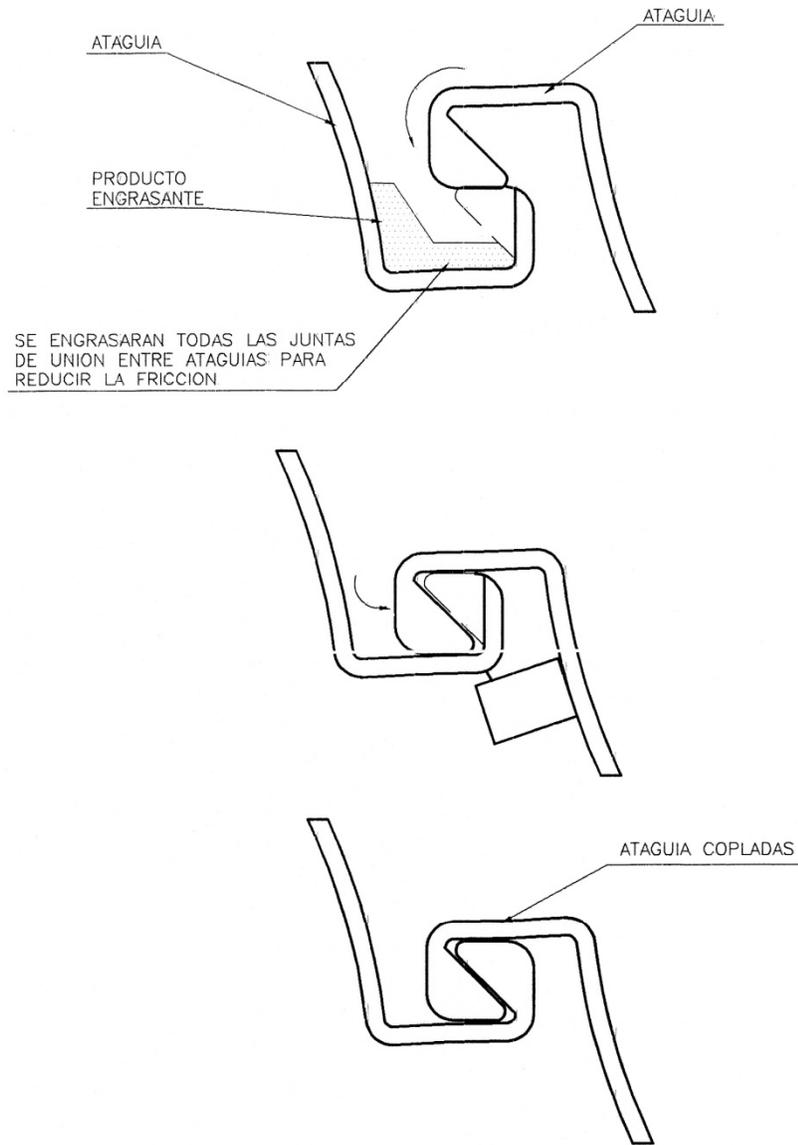
# PUENTE CENTENARIO



SECUENCIA DE COLOCACION  
E HINCADO DE ATAGUIAS

FIG. 13

# PUENTE CENTENARIO

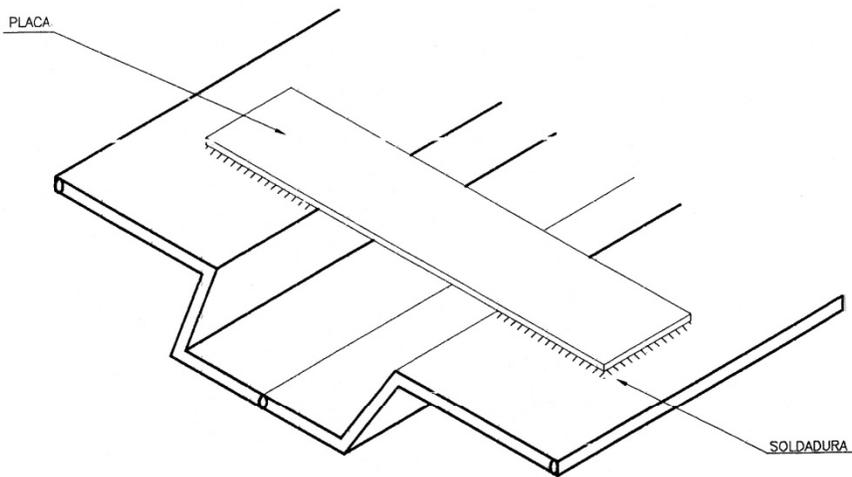


**UNION DE JUNTAS ENTRE ATAGUIAS  
(PLANTA)**

SIN ESCALA

**FIG. 14**

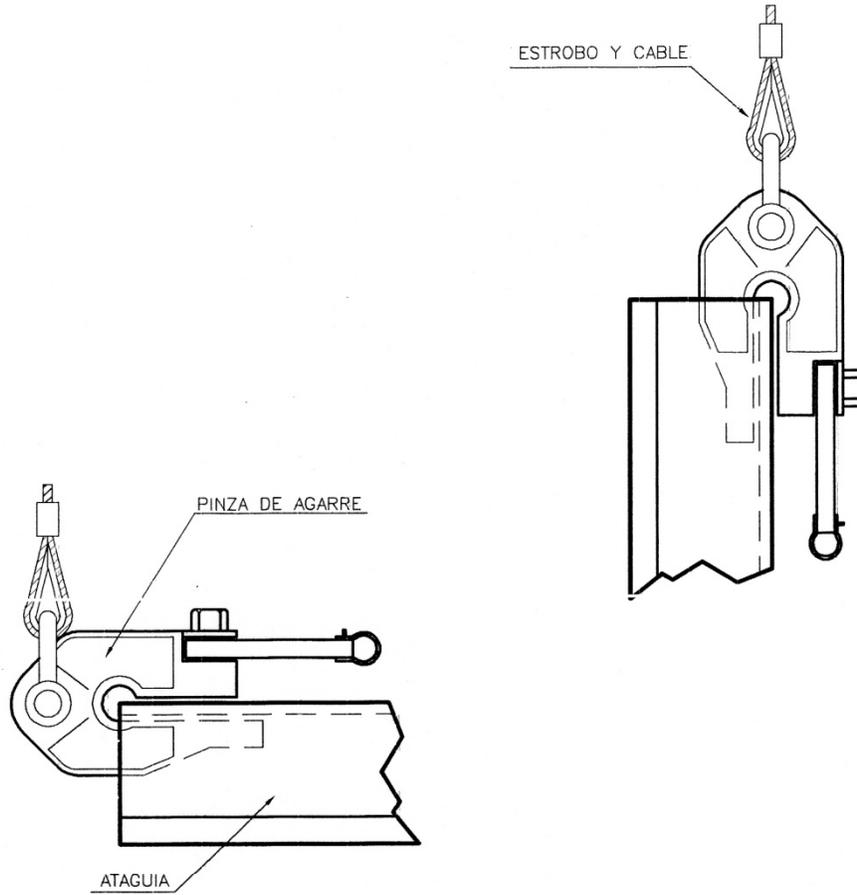
# PUENTE CENTENARIO



## PERFIL DOBLE Z Y ELEMENTO ESTABILIZADOR

FIG. 15

# PUENTE CENTENARIO

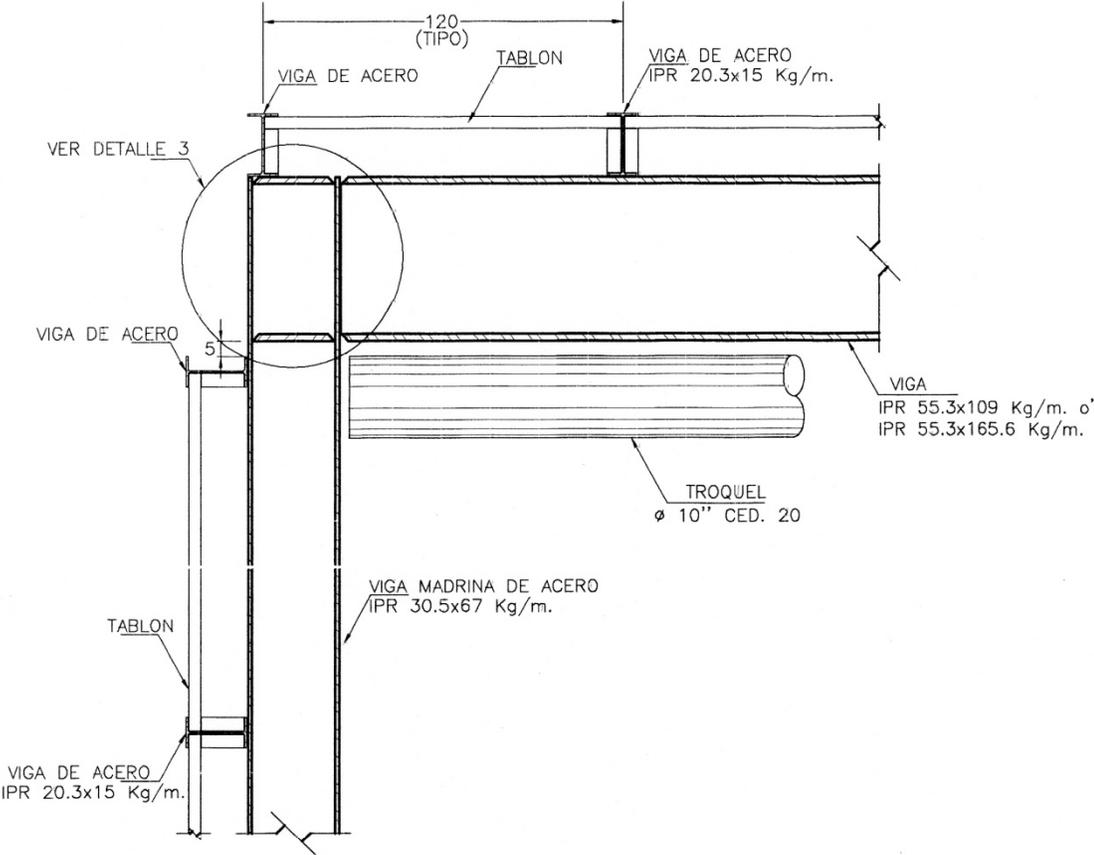


## PINZAS DE AGARRE O MORDAZA DE EXTRACCION

SIN ESCALA  
ACOT. EN cm.

FIG. 16

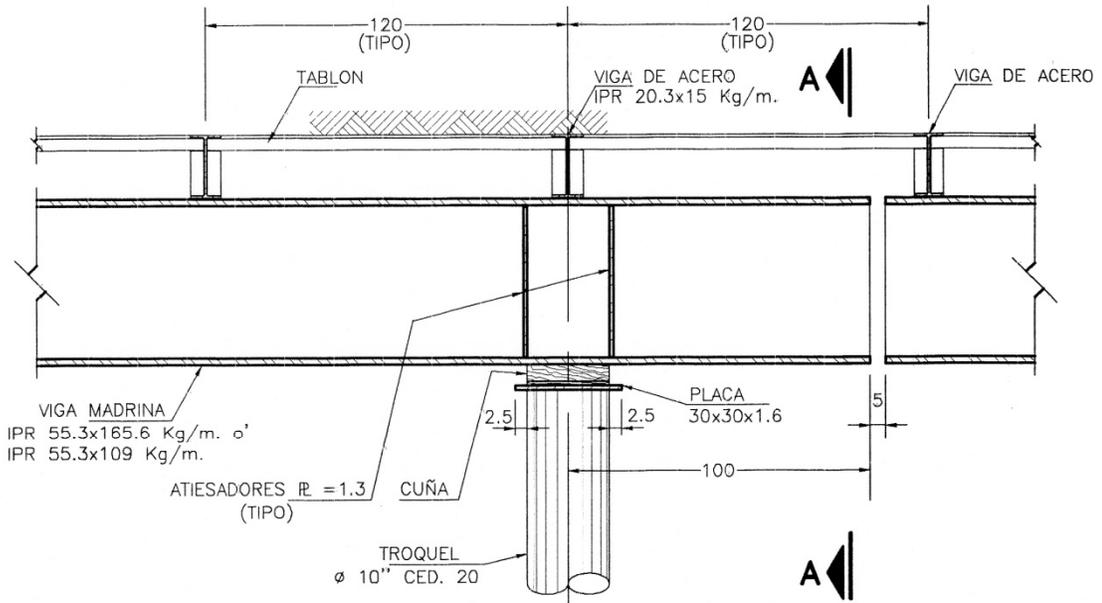
# PUENTE CENTENARIO



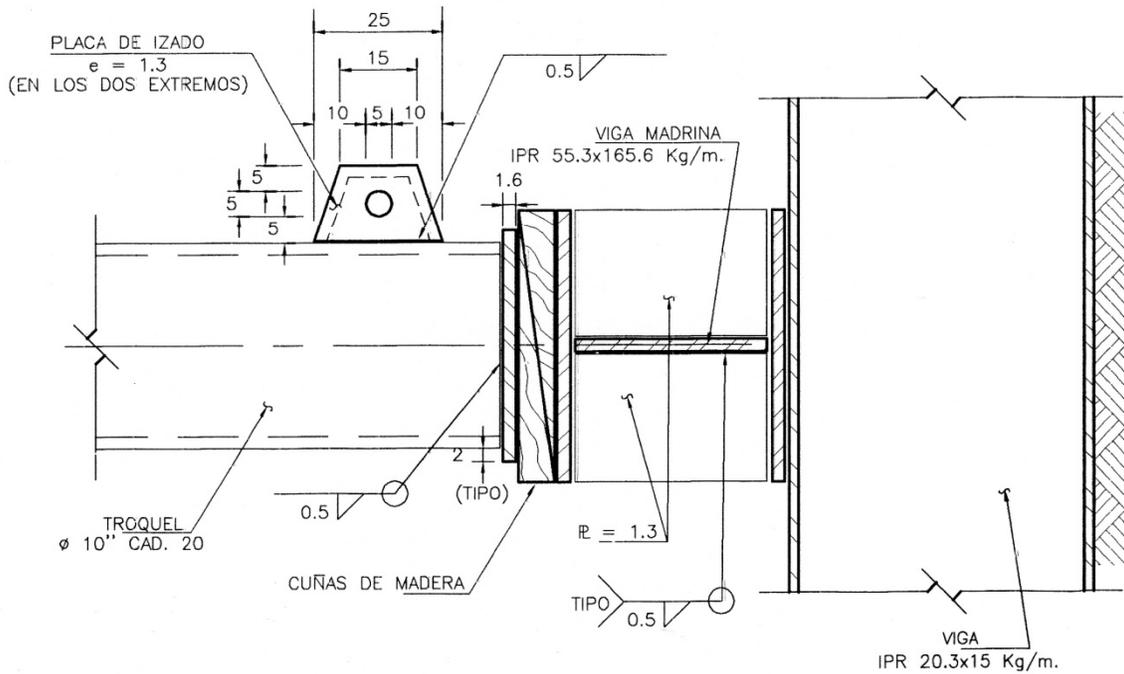
DETALLE - 1

FIG. 17

# PUENTE CENTENARIO



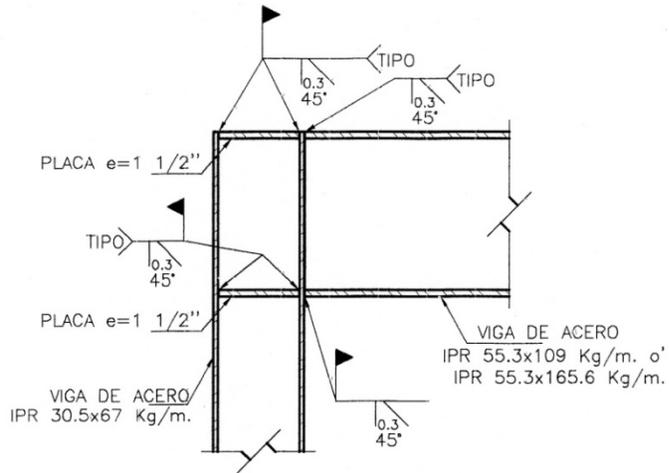
## DETALLE - 2 (TIPO)



## CORTE A - A

FIG. 18

## PUENTE CENTENARIO



**DETALLE - 3**  
(DETALLE TIPO DE CONEXIONES DE VIGAS  
MADRINAS EN LAS ESQUINAS)

### NOTA:

- ACERO ESTRUCTURAL SERA TIPO A.S.T.M. A-36
- EN SOLDADURA MANUAL SE UTILIZARAN ELECTRODOS E-70XX.
- LAS SOLDADURAS SE HARAN SIGUIENDO LAS NORMAS DE LOS A.W.S.
- LOS TROQUELES SE RETIRARAN UNA VEZ QUE EL CONCRETO TENGA RESISTENCIA DE PROYECTO.

**FIG. 19**

# INSTRUMENTACIÓN

## VII INSTRUMENTACIÓN

A continuación se presentan las recomendaciones de instrumentación para el control de la excavación a 4.2 m de profundidad, que alojará a los sótanos y la cimentación del proyecto.

Previamente al inicio de los trabajos de excavación, se instrumentará el suelo que rodeará a la excavación para verificar que la construcción se realice dentro de la seguridad proyectada así como para advertir el desarrollo de condiciones de inestabilidad, y obtener información básica del comportamiento del suelo, que comparado con el previsto en el diseño, permita concluir sobre la confiabilidad del mismo.

Mediante la instrumentación se observará el comportamiento de la masa de suelo en la que efectuará la excavación, a través de la determinación de:

La evolución con el tiempo de las deformaciones verticales y horizontales, en los puntos más representativos en la masa del suelo.

Se instalarán referencias superficiales constituidas por bancos de nivel superficiales. La información recopilada de la instrumentación debe ser constantemente examinada e interpretada por un ingeniero especialista en mecánica de suelos para asegurarse que se obtiene con ella la utilidad que se le consideró.

Los instrumentos de medición se deben instalar siguiendo las recomendaciones que se describen a continuación en los que también se indica la frecuencia de las mediciones.

### 7.1 REFERENCIAS SUPERFICIALES.

Tendrán por objeto medir los desplazamientos horizontales y verticales que ocurren en la superficie del terreno que circundará la excavación. Estas mediciones permiten detectar oportunamente el desarrollo de condiciones de inestabilidad, ó bien deformaciones inadmisibles.

Las referencias superficiales son puntos fijos de la superficie del terreno que se instalarán definiendo líneas de colimación paralelas al borde de la excavación, observando las líneas de colimación con un tránsito, se detectan los desplazamientos horizontales, mientras que con nivel óptico se determinan los desplazamientos verticales.

Las características de las referencias superficiales antes mencionadas se describen a continuación:

#### ***Testigo superficial.***

Es un cilindro de concreto simple de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, con un perno convencional empotrado en su extremo superior: el perno es de cabeza esférica de 5/8 por 4" y tiene una línea grabada en la dirección perpendicular a la ranura para desarmador. La ranura sirve de guía a la regla de medición que esta graduada en mm, y cuenta con un nivel de burbuja y mira para enfocar el tránsito.

## 7.2 CRITERIOS DE INSTALACIÓN.

Los testigos superficiales se instalarán principalmente definiendo líneas de colimación, apoyadas en dos puntos de referencia fijos, alejados de los extremos de la excavación para evitar que sufran desplazamientos durante los procesos de construcción. Las líneas de colimación serán paralelas al borde de excavación, señalando una a cada lado de la excavación, en la colindancia con la vía pública; la separación entre testigos superficiales será de 6 metros.

Todas las referencias deberán instalarse antes de la excavación, según los procedimientos que se describen a continuación:

### a) Testigos superficiales.

- Se trazan las líneas de colimación paralelas a la excavación y a las distancias recomendadas.
- Se perforarán los sitios que alojarán los testigos.
- Se colocarán los testigos en las perforaciones, confinándolos con mortero, inmediatamente se comprueba con un tránsito la alineación de la línea grabada.
- Se marcarán los testigos con su clave de identificación y se protegen hasta que haya fraguado el mortero.

## 7.3 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.

El tránsito que se utilice deberá tener plomada óptima de centrado y precisión de 15 seg. ; las mediciones se harán dos veces en cada posición del aparato. Es indispensable que se compruebe frecuentemente el ajuste del eje vertical del aparato. El nivel topográfico deberá ser de precisión, con radio de curvatura de 20 m y amplificación de 25 diámetros. Las nivelaciones serán diferenciales, con el aparato nivelado equidistante a los puntos de medición y lecturas máximas a 100 m, utilizando estadales con un nivel de burbuja y graduados en milímetros; las mediciones se efectuarán cuando la reverberación sea mínima.

Los desplazamientos horizontales se registrarán con la ayuda del tránsito y la regla metálica, colocándola en cada una de las ranuras de las cabezas de los tornillos, deslizándola horizontalmente hasta que la línea coincida con la línea de colimación. En la escala posterior de la regla, el cadenero medirá el desplazamiento horizontal entre la marca del perno y la mira; la medición se realizará con aproximadamente de  $\pm 0.5$  mm.

## CONCLUSIONES.

En el ámbito de la Ingeniería se tiene como principal objetivo emplear los conocimientos, leyes, reglamentos, hipótesis y teorías ya conocidos, pero sobretodo de aportar mucho “ingenio” para ir modificando a conveniencia dichas fórmulas que en toda OBRA CIVIL puedan economizar el proyecto sin perjudicar la calidad del mismo, sobre todo que se cuente con la SEGURIDAD y garantice su funcionalidad (la cual se debió haber tratado con anterioridad).

Es por tal motivo que en este tipo de Obra (Distribuidores) es indispensable que se cuente con un estricto control de calidad en los materiales empleados para la realización de dichas estructuras, ya sean metálicas o de concreto, (como es el caso), ya que la cantidad de usuarios de dicha obra es de cientos de miles por año debido a la zona de influencia en la que se localiza, la cual conecta al Norte del Distrito Federal con la zona conurbada del Estado de México conectando los municipios de Tlalnepantla y Ecatepec.

Sin embargo para garantizar el buen funcionamiento de una obra de esta índole es necesario tener una buena proyección en su construcción y supervisar de principio a fin los materiales, el personal, los tiempos establecidos en cada una de las facetas de la construcción y proceso constructivo conforme al actual Reglamento de Construcciones del Distrito Federal junto con sus Normas Técnicas Complementarias y apegarse a toda especificación dada en dichas normas.

Para garantizar la capacidad, funcionalidad y seguridad de toda obra, se tiene que empezar por contar con una buena cimentación. La cual se determina haciendo las investigaciones, evaluaciones y estudios necesarios para determinar el tipo de suelo y zona en las que se piensa trabajar, y así tener un panorama mucho más amplio para elegir cual de las opciones que se planteen es la más factible con respecto a la seguridad, economía, funcionalidad y sustentabilidad.

El puente a desnivel, por el lugar en el que se localiza, y con mayor fundamento por los estudios de mecánica de suelos, se ubica en la zona III o también conocida como la zona de Lago. Donde los estratos del suelo están compuestos en su mayoría por la FAS (la cual comprende de los 2m por debajo del nivel medio de la superficie hasta los ?m) , lentes duras de arena y limo y por la FIS (la cual comprende de los ?m por debajo del nivel medio de la superficie hasta los ?m) siguiéndole la CD (o capa dura a ?m de profundidad medidos a partir del nivel medio de la superficie). Esto llevo a los geotécnicos del proyecto a inclinarse por una cimentación a base de cajones huecos rellenos con tepetate y apoyados por pilotes de fricción, debido al gran peso de la superestructura y de las cargas que en ella se ejercerían. Pero no solo los estudios del suelo determinaron la cimentación del paso a desnivel, sino que también se orientaron por experiencia o conocimientos empíricos, ya que en el DF y el Estado de México se han construido ya varios distribuidores incluida la zona en la que se encuentra la actual obra.

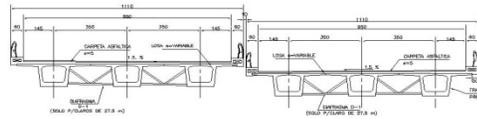
El control de calidad es muy importante en la superestructura e igual o más importante en la Infraestructura, tener un buen control de calidad y apegarnos a las especificaciones, garantiza una buena cimentación, siempre y cuando se siga adecuadamente la secuencia del proceso constructivo.

# A NEYOS

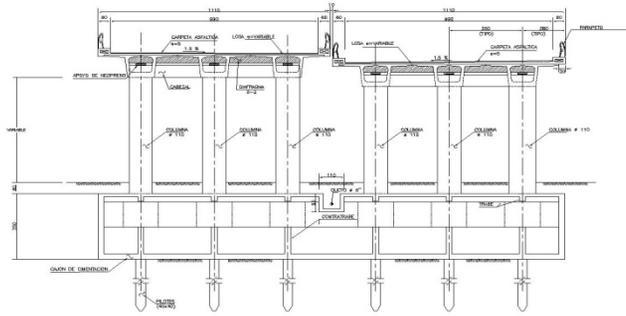




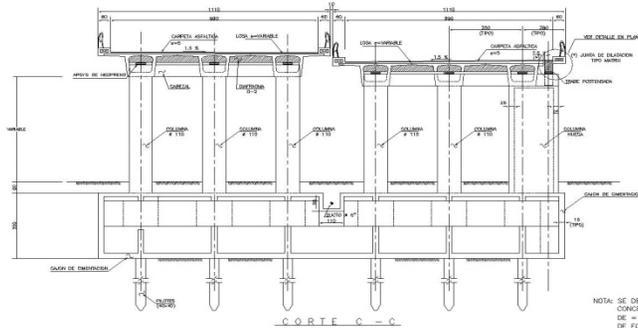




CORTE A - A

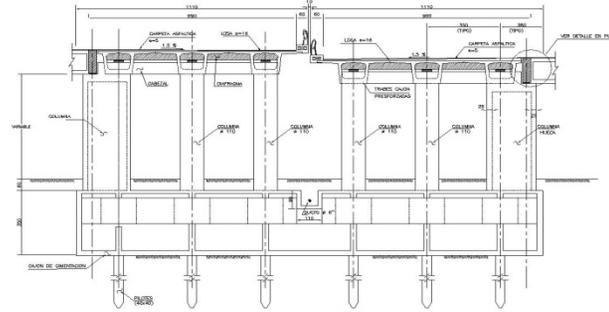


CORTE B - B

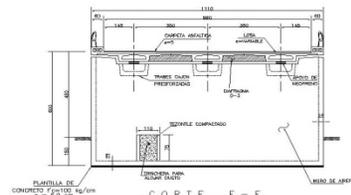


CORTE C - C

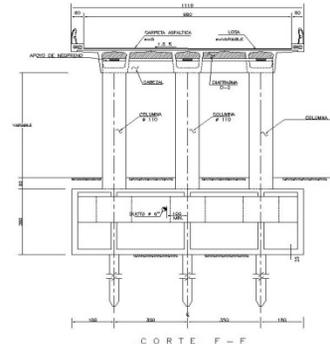
NOTA: SE DEBERA COLOCAR UNA PLANTILLA DE CONCRETO  $F_c=100 \text{ kg/cm}^2$ , ESPESOR DE = 5.0 CM, BAJO TODAS LAS LOSAS DE FONDO DE CIMENTACION.



CORTE D - D



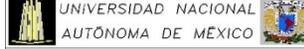
CORTE E - E

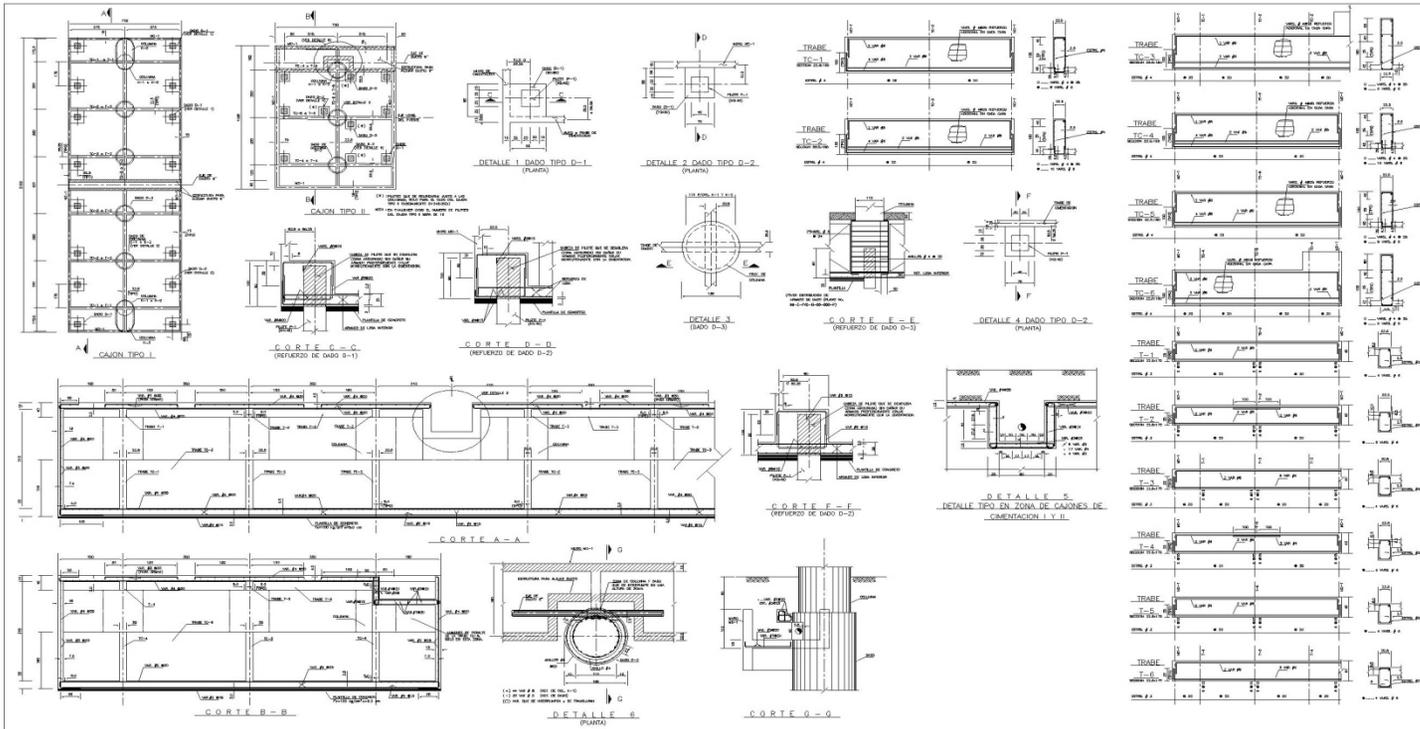


CORTE F - F

NOTAS

- 1.- EL CONCRETO EN LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS SON  $F_c=40 \text{ kg/cm}^2$
- 2.- CONCRETO EN Muros, DAPDO Y COLUMNAS  $F_c=200 \text{ kg/cm}^2$  CLASE 1.
- 3.- LA PLANTILLA SON DE CONCRETO DE  $F_c=100 \text{ kg/cm}^2$ .
- 4.- LOS ELEMENTOS MENORES DE LOS SUPERFICIOS DEASER ASIST A-30
- 5.- AUTOCIONES EN GENERAL, VALLES DE METRO.
- 6.- SE DEBERA CONSIDERAR LA CARGA PROPIA, CUANDO CUESTA MAS SOBRE LA INTERSECCION DE LOS PLANOS O SE DETIENE ALGUN COMPONENTE (DEBE LO INDICAR EN LOS PLANOS CORRELACIONES Y LOS FUENTES ARCHITECTONICAS, REFINAGIOS Y DE VISUAL.

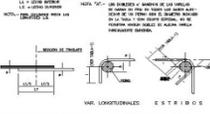
	
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</b> <b>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN</b>	
<b>INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>JONATHAN LUIS RODRIGUEZ ORTIZ</b>	
PUENTE VEHICULAR GENTENDEMO	
CORTES TRANSVERSALES	
SISTEMA A MUESTRO	
INTERSECCION VEHICULAR PUENTE VEHICULAR GENTENDEMO	
E-DC-04	



- NOTAS:**
1. VER EN SECCIONES DEL DADO CUANTO SE DEBE DE USAR.
  2. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".
  3. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".
  4. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".
  5. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".
  6. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".
  7. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".
  8. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".
  9. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".
  10. SECCIONES DE DADO TIPO "DADO TIPO D-1" Y "DADO TIPO D-2".

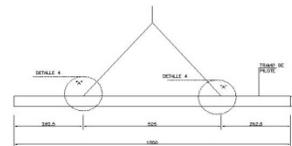
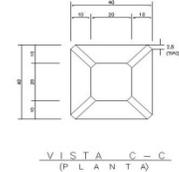
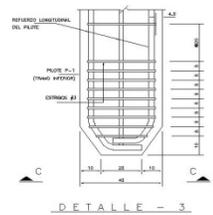
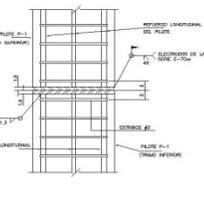
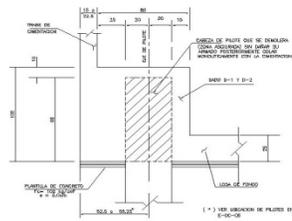
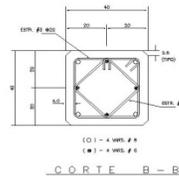
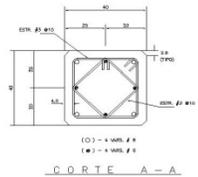
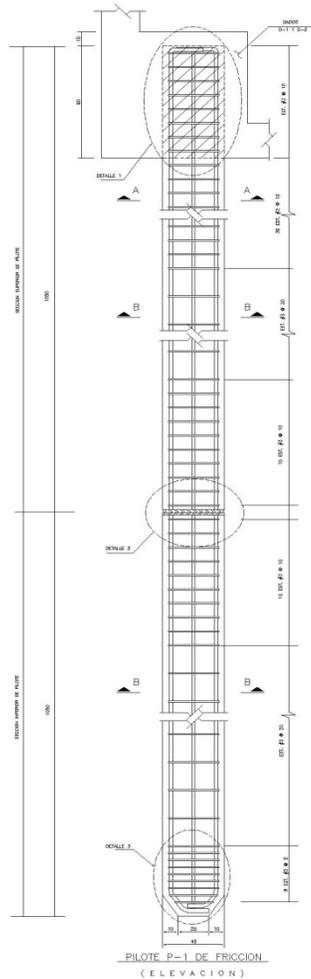
**TABLAS DE DOBLECES Y TRASLAPES DE VARILLAS**

TABLA - 1		TABLA - 2	
Ø	L (CM)	Ø	L (CM)
10	100	10	100
12	120	12	120
14	140	14	140
16	160	16	160
18	180	18	180
20	200	20	200
22	220	22	220
24	240	24	240
26	260	26	260
28	280	28	280
30	300	30	300



**DETALLE DE TRASLAPES SANCHEO ESTANDAR**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAUCÓN  
 INGENIERÍA CIVIL  
 JONATHAN LUIS RODRÍGUEZ ORTIZ  
 TÍTULO: PROYECTO DE COMUNICACIONES Y DETALLES  
 TEMA: PROYECTO DE COMUNICACIONES Y DETALLES  
 E-DC-05



PUNTOS DE SUSPENSION PARA EL IZADO DE LOS PILOTES.

NOTAS PARA PILOTES DE FRICCIÓN  
MANEJO

- 1.- APAR. DE CARGA Y TIPO DE SUELO DE DEBERAN CONSIDERAR EN LOS TRAZOS POR LOS QUE SE MARCAN LOS SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS PILOTES.
- 2.- SE TIENE CUIDADO DE NO MANEJAR CON CABLES A ALTA TENSION EN LA PARTE DEL PUNTO DE CARGA PARA EVITAR DAÑOS EN LA PARTE DEL PUNTO DE CARGA.
- 3.- SE TIENE CUIDADO DE NO MANEJAR CON CABLES A ALTA TENSION EN LA PARTE DEL PUNTO DE CARGA PARA EVITAR DAÑOS EN LA PARTE DEL PUNTO DE CARGA.

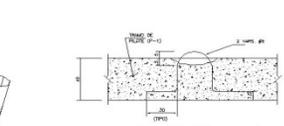
HINCADO

- 1.- EL HINCADO DE LOS PILOTES SE HARA PRIMERO EN LA SECCION REQUERIDA PARA LOS TRABAJOS DE OBRERA EN EL PUNTO DE CARGA.
- 2.- EL HINCADO DE LOS PILOTES SE HARA PRIMERO EN LA SECCION REQUERIDA PARA LOS TRABAJOS DE OBRERA EN EL PUNTO DE CARGA.
- 3.- EL HINCADO DE LOS PILOTES SE HARA PRIMERO EN LA SECCION REQUERIDA PARA LOS TRABAJOS DE OBRERA EN EL PUNTO DE CARGA.

TOLERANCIA

- 1.- LAS DIMENSIONES DE LA SECCION TRANSVERSAL NO DEBERAN DE SER MENORES DE LAS DEL DISEÑO EN MAS DE 1.0 CM.
- 2.- LA POSICION DEL REFUGIO NO DEBERA DE SER MENOR DE 1.0 CM. RESPECTO A LOS BARRIOS.
- 3.- LA POSICION DE LA CUBIERTA DEL PUNTO DE CARGA NO DEBERA DE SER MENOR DE 1.0 CM. RESPECTO A LOS BARRIOS.

ALMACENAJE DE PILOTES



NOTAS PARA PILOTES DE FRICCIÓN  
FABRICACION

- 1.- LOS PILOTES TENDRAN LA SECCION Y AREA TRANSVERSALES EN LOS SECCIONES CORRESPONDIENTES.
- 2.- EL AREA TRANSVERSAL DE LOS PILOTES DEBERA DE SER MENOR DE 1.0 CM. RESPECTO A LOS BARRIOS.
- 3.- EL AREA DE REFUGIO TENDRA UN  $\phi = 400$  mm (MÁS RESISTENCIA).
- 4.- EL AREA DE REFUGIO DE LOS PILOTES DEBERA DE SER MENOR DE 1.0 CM. RESPECTO A LOS BARRIOS.
- 5.- EL AREA DE REFUGIO DE LOS PILOTES DEBERA DE SER MENOR DE 1.0 CM. RESPECTO A LOS BARRIOS.

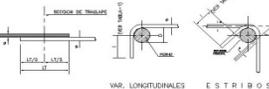
TABLAS DE DOBLECES Y TRASLAPES DE VARILLAS

Ø	L (CM)
10	100
12	120
14	140
16	160
18	180
20	200
22	220
24	240
26	260
28	280
30	300

Ø	VARILLA LONGITUDINAL (ESTRIBOS)	L (CM)
10	10	100
12	12	120
14	14	140
16	16	160
18	18	180
20	20	200
22	22	220
24	24	240
26	26	260
28	28	280
30	30	300

NOTA: "L" = LONGITUD DE LA VARILLA  
"Ø" = DIAMETRO DE LA VARILLA  
"L" = LONGITUD DE LA VARILLA  
"Ø" = DIAMETRO DE LA VARILLA



DETALLE DE TRASLAPES GANCHO ESTANDAR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN  
INGENIERÍA CIVIL  
JONATHAN LUIS RODRIGUEZ ORTIZ  
PROYECTO: PUENTE VEHICULAR CENTENARIO  
PILOTES  
AUTOR: J. L. R. O.  
E-DC-06





## FUENTES DE CONSULTA.

- ✦ Unidad Departamental de Proyectos de la Dirección General de Obra Pública en Secretaría de Obras y Servicios.
- ✦ R.C.D.F. y la N.T.C.
- ✦ IMCA