



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

“PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA
CIMENTACIÓN DEL HOSPITAL DE LA
MARINA, UBICADO EN EJE 2 OTE. Y CALZ.
DE LA VIRGEN”

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A:

ORTIZ PERÉZ MANUEL EDGAR

VALLEJO MERINO ROMÁN

DIRECTOR DE TESIS:

ING. CARLOS M. CHÁVARRI MALDONADO



MÉXICO D.F.

2007



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/005/07

Señores
MANUEL EDGAR ORTIZ PÉREZ
ROMÁN VALLEJO MERINO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL HOSPITAL DE MARINA, LOCALIZADO EN EL EJE 2 OTE ESQ. CALZ. DE LA VIRGEN DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

- I. INTRODUCCIÓN
- II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO
- III. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN
- IV. EXCAVACIÓN
- V. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN
- VI. PROGRAMA DE OBRA
- VI. CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 6 de febrero del 2007.
EL DIRECTOR


MTR. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA
JGGZ/AJP/crc.

AGRADECIMIENTOS

Manuel Edgar Ortiz Pérez

A mi Madre:

Angelina Pérez Luna.

Por ser la única persona que creyó en mi, por ser la única que me dio todo su apoyo, comprensión y sobre todas las cosas su amor, por ella hoy presento esta tesis, porque nunca se canso, porque nunca bajo los brazos, porque siempre estaba ahí cuando la necesitaba, porque nunca hizo caso a los comentarios negativos hacia mi desde niño. Por eso, es la principal persona a la que le dedico esta tesis, no me queda mas que darte las gracias por todo lo que has hecho por mi y hacerme un hombre de bien.

A mis Hermanos.

Angelina Ortiz Pérez y Bardo Israel García Pérez.

Por darme todo su apoyo y su amor incondicional, por ayudarme en toda mi vida estudiantil y sin que yo tan solo lo pidiera. A ellos gracias solo por quererme y ayudarme sin ningún interés más que mi bien, solo queda darles las gracias y que vean reflejado todo lo que me ayudaron en esta tesis. los quiero mucho.

A mi novia

Rosalba Pardo Reyes

Por sacar a la persona que no había pensado tan siquiera que estaba en mi, por darme su amor y comprensión sin pedirme nada a cambio, porque ella es la persona que había estado esperando para compartir mi vida y porque me dio todo su apoyo para que pudiera acabar esta tesis, gracias chaparrita por hacerme mejor cada día. Te quiero.

A mi primo

Alex Martínez Pérez

Por enseñarme a jugar, a divertirme, a sonreír, por cubrir a veces esa imagen masculina que necesitaba para entrar en cintura, por preferirme sobre todos cuando era niño y por supuesto por darme las herramientas y la pasión que necesitaba para hacerme ingeniero... las Matemáticas.

A mi Papá

Arturo Perez Luna

Por darme el amor y la educación de un padre, por quererme mucho y verme como a un hijo, porque también me impulso a terminar mi carrera. Te agradezco de todo corazón apa.

A mis primos.

Pillo y Enano

Por ser como unos hermanos, por siempre estar de buen humor y ser sobretodo buenas personas y desinteresados. Porque me ayudaron cuando me hacían mis dibujos, los quiero mucho.

A mis amigos.

Luis Antonio Armijo González

Vladimir Guzmán Ocaranza

Por ser como mis hermanos, por ayudarme cuando los necesitaba y por darme su amistad a cambio de la mía.

Juan Carlos De Jesús Rebollo

Daniel Isaac Paredes Cervantes

Román Vallejo Merino

Jesús Javier Castro Garduño

Jesús Oswaldo Cabrera López

José Luis Rodríguez Hernández

Eduardo Vargas Hernández

Isnar Vargas Hernández

José Alfredo García Cornejo

Héctor Manuel Gavaldón Flores

Alejandro Enríquez Andonaegui (EL ARROZ)

Por compartir conmigo malos y buenos momentos, pero sobre todo por saber que puedo contar con verdaderos amigos.

Ingenieros Civiles Asociados (ICA) y a la Arq. Elizabeth Domínguez

Les ofrecemos un enorme agradecimiento por todas las facilidades proporcionadas y la colaboración prestada en el desarrollo de este trabajo.

Vallejo Merino Román

A MIS PADRES

Francisca Merino Nolasco y Pedro Vallejo León: Los mejores padres, maestros y amigos que puedo tener, gracias por sus enseñanzas y su confianza puesta en mi, por darme la vida y por hacerme un hombre de bien con principios y valores, Por darme todo ese apoyo sin que lo mereciera gracias mamá y papá los amo.

A mis hermanas:

Silvia y Socorro: Las mejores hermanas gracias por ese apoyo y confianza por que sin ustedes y mis padres no estaría hasta donde he llegado y no bastaran estos agradecimientos para expresar todo lo que siento y lo mucho que les debo.

A mi cuñado:

Fernando, gracias por todo ese apoyo que me has demostrado y por todo lo que hemos vivido en familia

A mi sobrinito:

Gracias por llegar en estos momentos de nuestras vidas, eres lo mejor que pudo pasar y en especial a mi por que era lo único que me faltaba para cumplir con todo lo deseado hasta este momento

Amigos

Miriam, Paco, Israel y Augusto los mejores amigos que he podido tener y con quien he crecido en todos los aspectos, gracias por su apoyo, su amistad y esos momentos que no los cambiaria por nada.

Manuel, Pollo, Daniel, José Luís, Antonio, amigos de la facultad con quien he convivido y han sido amigos de ley por sus consejos y apoyo, por ser amigos simplemente.

Gracias a todas esas personas que me han apoyado a lo largo de mi vida,

A mis maestros

Por que son ellos no tendríamos esta educación gracias por toda esa sabiduría

A la mejor escuela de México que me forjo:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

La mejor facultad y por siempre mejor FACULTAD DE INGENIERIA

Gracias a dios y a la vida por darme todo lo que tengo y por darme salud para poder llegar hasta donde he llegado.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
I.-DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	3
II.-DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN.....	24
II.1 Estudio de Mecánica de Suelos.....	24
II.2.- Descripción Detallada de la Cimentación.....	73
III.- EXCAVACIÓN.....	93
IV.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN.....	110
IV.1.- Construcción de los Muros “Milán”.....	118
IV.2.- Construcción de las Pilas.....	126
VI.3.- Acero y Concreto en Trabes y Contartrabes.....	130
V.- PROGRAMA DE OBRA.....	144
CONCLUSIONES.....	152
BIBLIOGRAFÍA.....	154

INTRODUCCION

En el presente trabajo de tesis hablaremos del proceso de construcción de la cimentación del hospital de alta especialidad, dicho informe se encuentra constituido por cinco capítulos, en los cuales durante su desarrollo se podrá observar y conocer la planeación de las actividades a realizar en la obra, desde los estudios previos a la construcción hasta la culminación de la cimentación; además se hablará de la forma en la ejecución de cada uno de los procedimientos constructivos, así como la solución de los problemas ya previstos y los que surgen durante el avance de cada una de las etapas que se estén desarrollando.

En el primer capítulo se describirá el proyecto en forma general, mismo que contemplará el uso y destino para dicho edificio, cómo estará integrado y cuáles son las diferentes áreas que lo componen, así como los materiales que lo conformarán.

El capítulo dos tratará la descripción de la cimentación, el cual incluye los resultados de mecánica de suelos realizado en el sitio de la construcción; las características del tipo suelo que existe en esta zona, los inconvenientes posibles a presentarse durante la excavación del terreno; así como las recomendaciones que se ofrecen para solucionarlos, también se mencionan algunos de los criterios utilizados para la selección y diseño del tipo de cimentación.

El tercer capítulo desarrollará lo concerniente a la excavación, es aquí donde da inicio físicamente la obra. Se tratarán los procedimientos

implementados, los frentes de trabajo, la maquinaria utilizada y el tiempo de realización de esta actividad.

El capítulo cuarto tratará el procedimiento de construcción de la cimentación; así como cada una de las etapas en las que se divide esta actividad, cómo es y cómo se prepara la superficie para recibir la misma. Dentro de este tópico se hará referencia al armado del acero de refuerzo, el tipo de cimbra utilizada, las características del concreto y finalmente el material de relleno y las herramientas utilizadas en cada una de estas actividades.

Finalmente el último capítulo contemplará una comparación del avance realizado con lo establecido en el programa de obra, en este tema se realiza un análisis de diferentes aspectos para estimar la eficacia de los agentes relacionados; así con la construcción del Hospital.

La finalidad de este trabajo además de describir la construcción de la cimentación del Hospital es presentar las problemáticas a las que se enfrentan los encargados de tomar las decisiones para llevar a buen fin dicho proyecto.

Descripción General del Proyecto

La misión que el Estado Mexicano tiene de sí mismo y de su proyecto de Nación con la ciudadanía, requiere de una Armada para proteger los bienes que le son inmanentes, incluidos desde luego aquellos contenidos en su territorio marítimo; así como el ejercer su soberanía, sus funciones y su potestad en dicho espacio. Poco más de cuatrocientos cincuenta años en la vida marítima en México no pueden ser ignorados, para hacer y tomar en cuenta los proyectos que tiene la Marina hacia sus elementos y para el pueblo mexicano; como la de este proyecto, el Hospital de Especialidades en la Ciudad de México.

Por este motivo la Armada de México a través de la Secretaría de Marina (SEMAR), tiene dentro de sus objetivos para servir al país varios proyectos; así con todos los factores y requerimientos analizados, se vio en la necesidad de tomar el proyecto de un Hospital de Especialidades, considerando las necesidades requeridas y por supuesto los recursos existentes. La Secretaría de Marina tiene ya en su haber cierta cantidad de hospitales que cubren las necesidades básicas de su población, ocupándose únicamente de atención general. Este nuevo inmueble va a ser el primero en su tipo para la Armada Naval, generando una nueva rama de investigación y capacitación dentro de su estructura y con esto se verán satisfechas muchas de las necesidades que sus beneficiarios requieren.

En México existen alrededor de 22 centros hospitalarios por parte del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) de alta especialidad, estos centros están en conjunto y regidos por la UMAE (Unidades Médicas de Alta Especialidad); este órgano clasifica a estos centros hospitalarios por antigüedad, capacidad de atención, especialidades y zona del país.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDADES MÉDICAS DE ALTA ESPECIALIDAD (UMAE) ÓRGANOS DE OPERACIÓN
ADMINISTRATIVA DESCONCENTRADA

No.	Unidades Médicas de Alta Especialidad (UMAE 'S) Tipo "A"	Nivel	Región
1	Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional de Occidente, Guadalajara, Jal.	LA2	Occidente
2	Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente, Guadalajara, Jal.	LA2	Occidente
3	Hospital de Especialidades No. 25 del Centro Médico Nacional Noreste, Monterrey, N.L.	LA2	Norte
4	Hospital de Cardiología No. 34 Monterrey, N.L.	LA2	Norte
5	Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional "La Raza", D.F.	LA2	Centro
6	Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza" del Centro Médico Nacional "La Raza", D.F.	LA2	Centro
7	Hospital de Traumatología y Ortopedia "Magdalena de las Salinas", D.F.	LA2	Centro
8	Hospital de Traumatología y Ortopedia "Lomas Verdes", Edo. de México	LA2	Centro
9	Hospital de Especialidades "Dr. Bernardo Sepúlveda Gutiérrez" del Centro Médico Nacional "Siglo XXI", D.F.	LA2	Centro
10	Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional "Siglo XXI", D.F.	LA2	Centro
11	Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional "Siglo XXI", D.F.	LA2	Centro
12	Hospital de Oncología del Centro Médico Nacional "Siglo XXI", D.F.	LA2	Centro
13	Hospital de Especialidades No. 71, Torreón, Coah.	LA2	Norte
14	Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional "Manuel Ávila Camacho", Puebla, Pue.	LA2	Sur
15	Hospital de Especialidades No. 1 del Centro Médico Nacional del Bajío, León, Gto.	LA2	Occidente
16	Hospital de Especialidades No. 14 del Centro Médico Nacional "Adolfo Ruíz Cortines", Veracruz, Ver.	LA2	Sur
17	Hospital de Traumatología y Ortopedia No. 21, Monterrey, N.L.	LA2	Norte

No.	Unidades Médicas de Alta Especialidad (UMAE 'S) Tipo "B"	Nivel	Región
1	Hospital de Gineco Obstetricia No. 3 del Centro Médico Nacional "La Raza", D.F.	LA1	Centro
2	Hospital de Gineco Obstetricia No. 4 "Luis Castelazo Ayala", D.F.	LA1	Centro
3	Hospital de Gineco Obstetricia del Centro Médico Nacional de Occidente, Guadalajara, Jal.	LA1	Occidente
4	Hospital de Traumatología y Ortopedia del Centro Médico Nacional "Manuel Ávila Camacho" Puebla, Pue.	LA1	Sur
5	Hospital de Ginecopediatría No. 48 del Centro Médico Nacional del Bajío, León, Gto.	LA1	Occidente
6	Hospital de Especialidades No. 2 "Luis Donald Colosio Murrieta", del Centro Médico Nacional del Noroeste, Cd. Obregón, Son.	LA1	Occidente
7	Hospital de Gineco Obstetricia No. 23, "Ignacio Morones Prieto", Monterrey, N.L.	LA1	Norte
8	Hospital de Especialidades No. 1 del Centro Médico Nacional "Ignacio García Tellez", Mérida, Yuc.	LA1	Sur

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En México también hay centros hospitalarios de carácter privado, estos en conjunto con los de la dependencia gubernamental (IMSS), tienen convenios y de esta manera hay un crecimiento en manera de salud del país y esto nos beneficia a todos.

El hospital constará con diversas instalaciones y equipos de última generación, de los cuales podemos mencionar: la parte de sótanos destinados para estacionamiento y casa de máquinas; el primer piso estará destinado para toco-cirugía, urgencias, diálisis peritoneal, auditorio, consulta externa, cafetería, farmacia, administración, gobierno, archivo clínico, banco de sangre, hospitalización y jardines. En los pisos siguientes habrá, laboratorio clínico, cirugía, hospitalización, radio-diagnostico, C.E.Y.E (centro de esterilización y equipamiento) unidad interna neonatal, unidad interna pediátrica, hospitalización pediatra, enseñanza, medicina nuclear. Y en la azotea tendremos el helipuerto y diversas instalaciones de agua y electricidad.

Aparte tendrá una capacidad para atender alrededor de 300 pacientes, esto es, que tendrá una densidad de 150 camas en 2 pisos y los lugares para consulta, tratamiento, terapia, espera, y esparcimiento distribuidos en el inmueble.

La empresa constructora ICA (Ingenieros Civiles Asociados) es la ganadora de la construcción del hospital de especialidades. ICA es encargada integral de este proyecto; con esto referimos que la empresa constructora se hará cargo de todo lo referente a la construcción e ingeniería del Hospital de Especialidades, lo anterior debido a que se trata de un Contrato Llave.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

ICA firmó el contrato con la Armada de México en septiembre del 2006 se entregará el inmueble en junio del 2008, incluidos los acabados y la urbanización.



Ubicación del predio

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Ubicación

El predio se encuentra ubicado en la Avenida Heroica Escuela Naval Militar esquina con Calzada de la Virgen, Col. Presidentes Ejidales, en México, D. F., en contra esquina a la Secretaría de Marina. Se localiza la construcción de un edificio destinado a ser el “**Hospital General Naval de Alta Especialidad**”.



Croquis de ubicación del predio

Localización del predio

El hospital se edificará en la parte sur del predio, cubriendo un área de 5,170.00 [m²] aproximadamente y constará de un semisótano, dos sótanos, planta baja y tres niveles superiores, en los sótanos se ubicaran los estacionamientos, mientras que los niveles superiores se destinarán para ofrecer diferentes servicios como son:

- Consulta Externa
- Urgencias
- Toco-cirugía
- Hospitalización
- Unidades Neonatal y Pediátrica
- Cirugía
- Medicina Nuclear
- Laboratorio
- Farmacia y Almacenes, etc.

Como parte de las instalaciones del Hospital de Especialidades se proyecta la construcción de una “Casa de maquinas”, misma que albergará reguladores, plantas de generación de energía emergentes, subestaciones eléctricas, etc. y constará de dos niveles.

El acceso principal será por la Av. Heroica Escuela Naval Militar, mientras que el acceso vehicular estará ubicado en Calzada de la Virgen.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Reconocimiento del predio

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Descripción del predio

La superficie del predio en estudio es irregular, con forma trapecial; topográficamente es sensiblemente plana con pequeños desniveles, observándose en la colindancia con la Calz. de la Virgen un desnivel máximo del orden de 1.50 m; asimismo se observan zonas donde se encuentra acumulado material producto del deshierbe así como cascajo y basura. En general la superficie del predio se encuentra cubierto por pasto, maleza, algunos árboles y arbustos. Cabe destacar que en el predio se encuentran tres edificios los cuales se construyeron en 1991 para la Secretaría de la Reforma Agraria; el edificio ubicado al norte del predio actualmente se encuentra en servicio, mientras que los otros dos que se localizan aproximadamente en la parte media del mismo, se encuentran abandonados, en obra negra y nunca estuvieron en servicio.



Plano descriptivo

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Reconocimiento del terreno



Identificación de las Estructuras Existentes

La secretaría de la Reforma Agraria acordó con la Secretaria de Marina en donar el terreno y así poder tener el predio para la realización del Hospital; con tal de que la secretaría de la Reforma Agraria tenga recursos para el desarrollo de la misma. Así, con este acuerdo ambas dependencias quedaron satisfechas por el trato. Por lo tanto después de un estudio de las estructuras existentes se determino que la estructura próxima al edificio de la Reforma Agraria se ocupara para oficinas y servicios diversos; mientras tanto la estructura siguiente, se tendrá que demoler y así, poder dar paso al nuevo complejo hospitalario.

Estos edificios están constituidos por un sótano desplantado aproximadamente a 3.50 m de profundidad, una planta baja más tres niveles superiores. Los muros y la losa de fondo del cajón del sótano son de concreto reforzado; las estructuras están resueltas a base de marcos formados por traveses y columnas de acero, con tres claros de 7.30 m en el sentido corto y 10 claros de 8.50 m en el sentido largo.



Edificio destinado a las oficinas del hospital

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La cimentación de los edificios, de acuerdo el estudio de mecánica de suelos y con los datos de los planos proporcionados por la Secretaría de la Reforma Agraria, es de tipo profunda, por medio de pilote de sección cuadrada de 0.50 m por lado, desplantados a 13.90 m de profundidad bajo el desplante del sótano, es decir aproximadamente a 17.50 m de profundidad respecto al nivel de terreno natural; los pilotes están ubicados en cada uno de los apoyos; en forma general los apoyos centrales tienen cuatro pilotes, mientras que los perimetrales cuentan con tres pilotes, existiendo algunos con dos pilotes.

La Universidad Nacional Autónoma de México, por medio de la Facultad de Ingeniería, realizó el estudio del estado del acero y su capacidad actual del edificio destinado para las instalaciones administrativas (EDIFICIO 1).

El edificio que se encontraba abandonado, el acero se encuentra a la exposición directa del ambiente, y se encontraron varios detalles constructivos, así como fallas constructivas:

- 1-. Losa de cimentación con grietas graves a 45°
- 2-. Pilas mal calculadas y mal armadas, posible colapso
- 3-. Varios perfiles de acero con considerable deflexión debido a la corrosión y exposición directa al medio ambiente de los elementos de acero.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Todo esto tomando en cuenta que sólo es el peso propio de la estructura; la Universidad esta haciendo los cálculos correspondientes para determinar la solución del edificio.

Adicionalmente, se encuentra en el lado sur-oriente del predio una excavación abierta de sección cuadrada, de aproximadamente 55.0 m por lado y de 4.50 m de profundidad, respecto al nivel de terreno natural actual; en el fondo se observa una losa de concreto y perimetralmente presenta taludes con una inclinación de 1:1, horizontal a vertical, aproximadamente; aparentemente esta excavación estaba destinada para la construcción de un sótano de estacionamiento de algún otro edificio, no se sabe si también cuenta con pilotes de cimentación.

En el plano topográfico, se puede observar la ubicación de las estructuras y la excavación existentes antes señaladas, así como con mayor detalle la configuración topográfica del predio.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



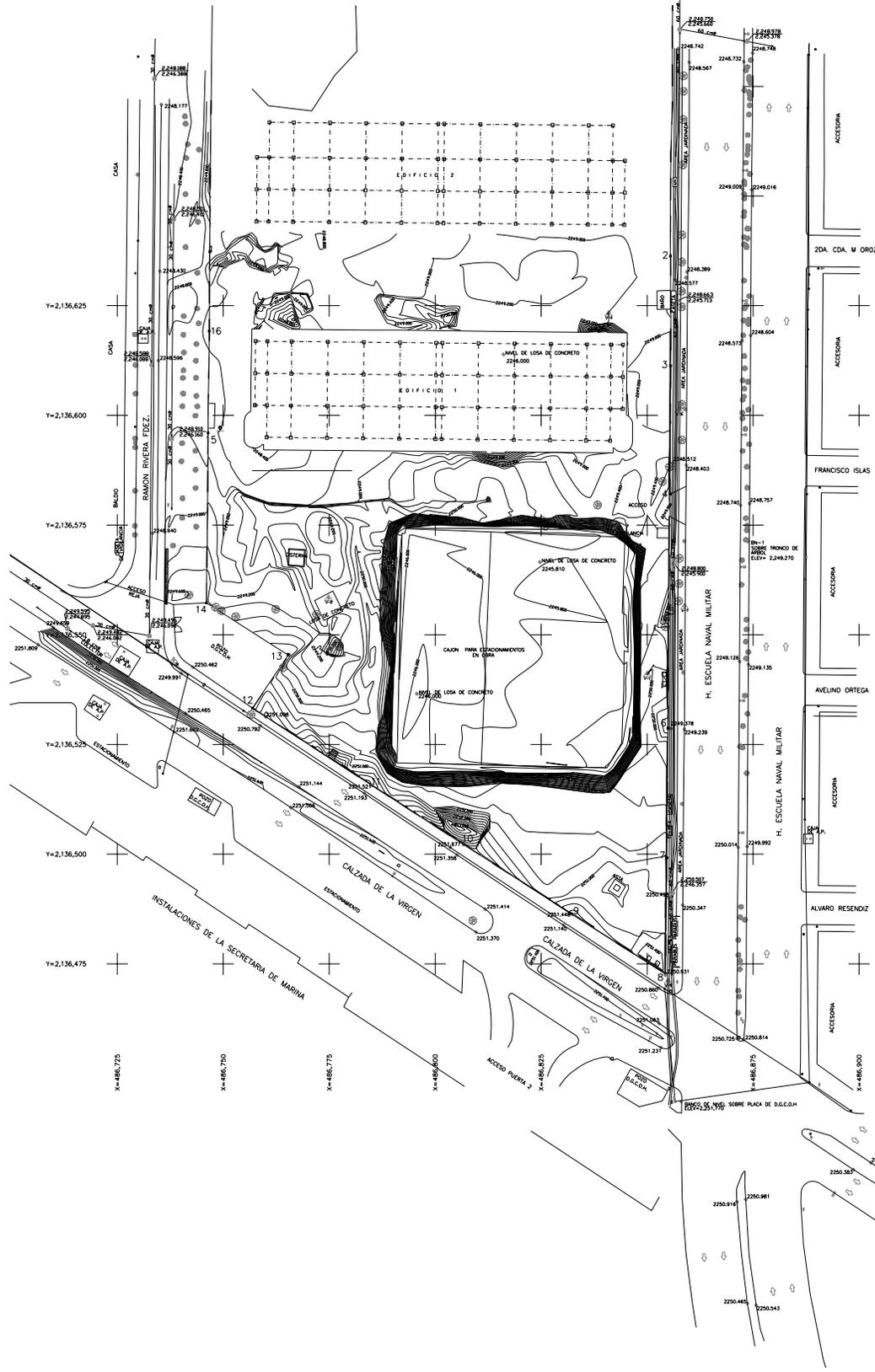
Cimentación de los edificios existentes



CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Figura de los edificios existentes



Características del proyecto

El hospital según los planos arquitectónicos estará constituido por un edificio de un semisótano, dos sótanos para estacionamiento, una planta baja y tres niveles superiores con entrepisos de 4.60 m de altura; estructurado a base de marcos con columnas y trabes metálicas, con claros de 14.40 m de longitud en ambos sentidos; el sistema de entrepiso estará formado por losacero y vigas metálicas secundarias.

El sótano de estacionamiento "2" ocupará toda el área de construcción del edificio su nivel de piso terminado es la cota 2239.20 por lo que estará desplantado aproximadamente a una profundidad de 10.40 m, con relación al nivel de terreno natural, esto es considerando una losa de piso de 45 cm de espesor y una plantilla de 5.0 cm de espesor.

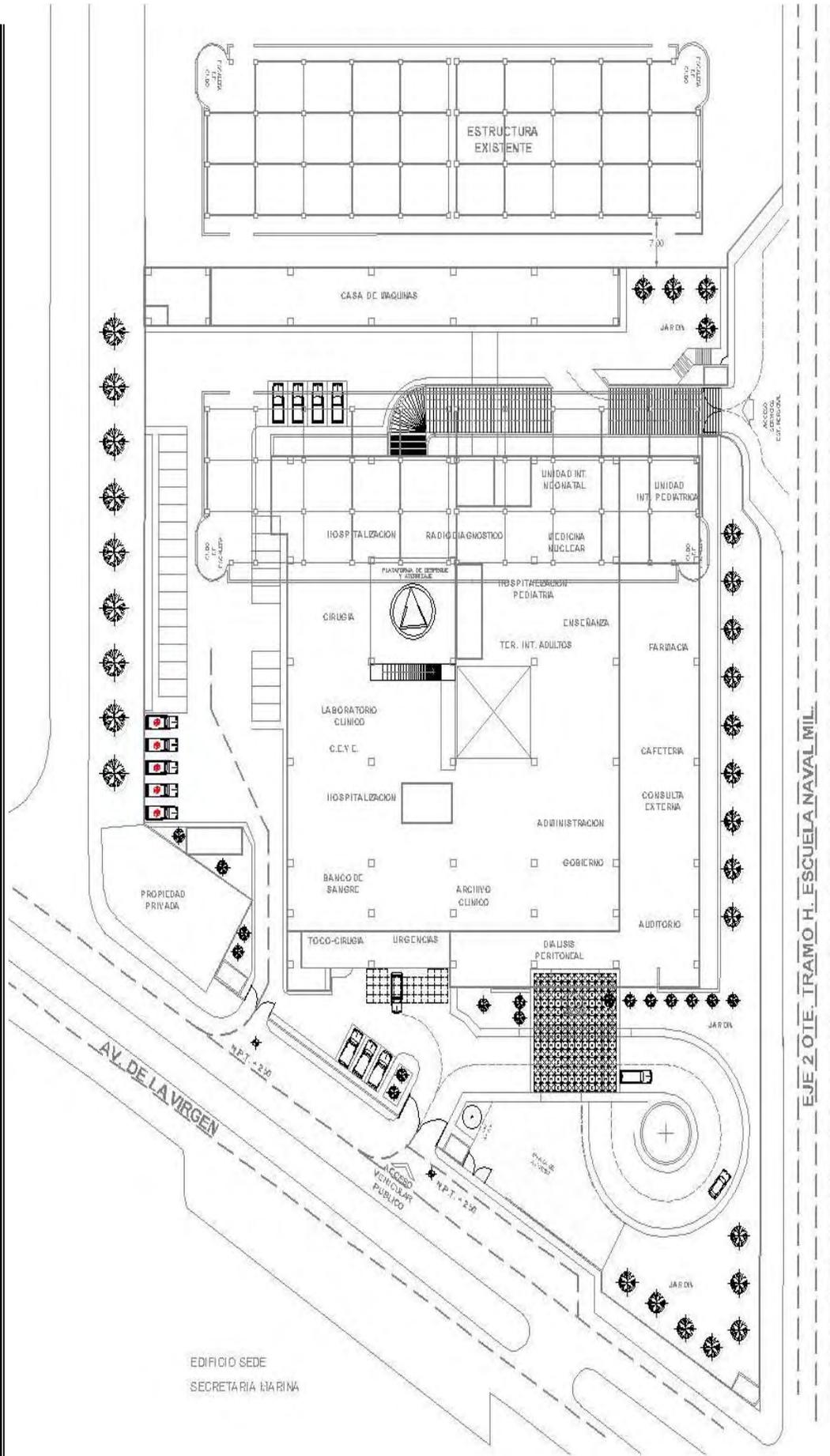
El acceso a los sótanos de estacionamiento será por medio de una construcción cuya sección en planta es circular, ubicada en la esquina sur oriente del hospital a la altura del "Eje 6"; se desplantará al nivel del primer sótano de estacionamiento cuyo nivel de piso es la cota 2243.10, correspondiente a una profundidad de 7.40 m de profundidad, aproximadamente.

El edificio se construirá en la zona sur del predio, ocupando un área de sección casi cuadrada de 79.70m por 80.40 m; es importante resaltar el hecho de que en el sitio existe un edificio en obra negra (edificio 1), teniendo únicamente construidas las columnas y cimentación, constituida está última por una losa a una profundidad de 3.50 m, apoyada según planos proporcionados por la Secretaría de Marina en pilotes de punta.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este edificio interfiere con el edificio del hospital en el área destinada para este; de acuerdo con la información, algunas columnas coinciden con la nueva posición del edificio por construir, por lo que el proyectista estructural tendrá que hacer los ajustes correspondientes para la construcción de la nueva cimentación.

Formando parte del proyecto del hospital, se plantea la construcción de la “Casa de máquinas”, ubicada en el área del predio comprendida entre las dos estructuras metálicas existentes que se encuentran en obra negra. Esta edificación es de dos niveles, de un claro de 8.20 m de longitud en el sentido corto y con 6 claros de 14.40 m de longitud en el sentido largo, su nivel de piso es la cota -1.90 m, por lo que su profundidad de desplante será a 2.25 m, respecto al nivel de terreno natural actual.



EDIFICIO SEDE
SECRETARÍA MARINA

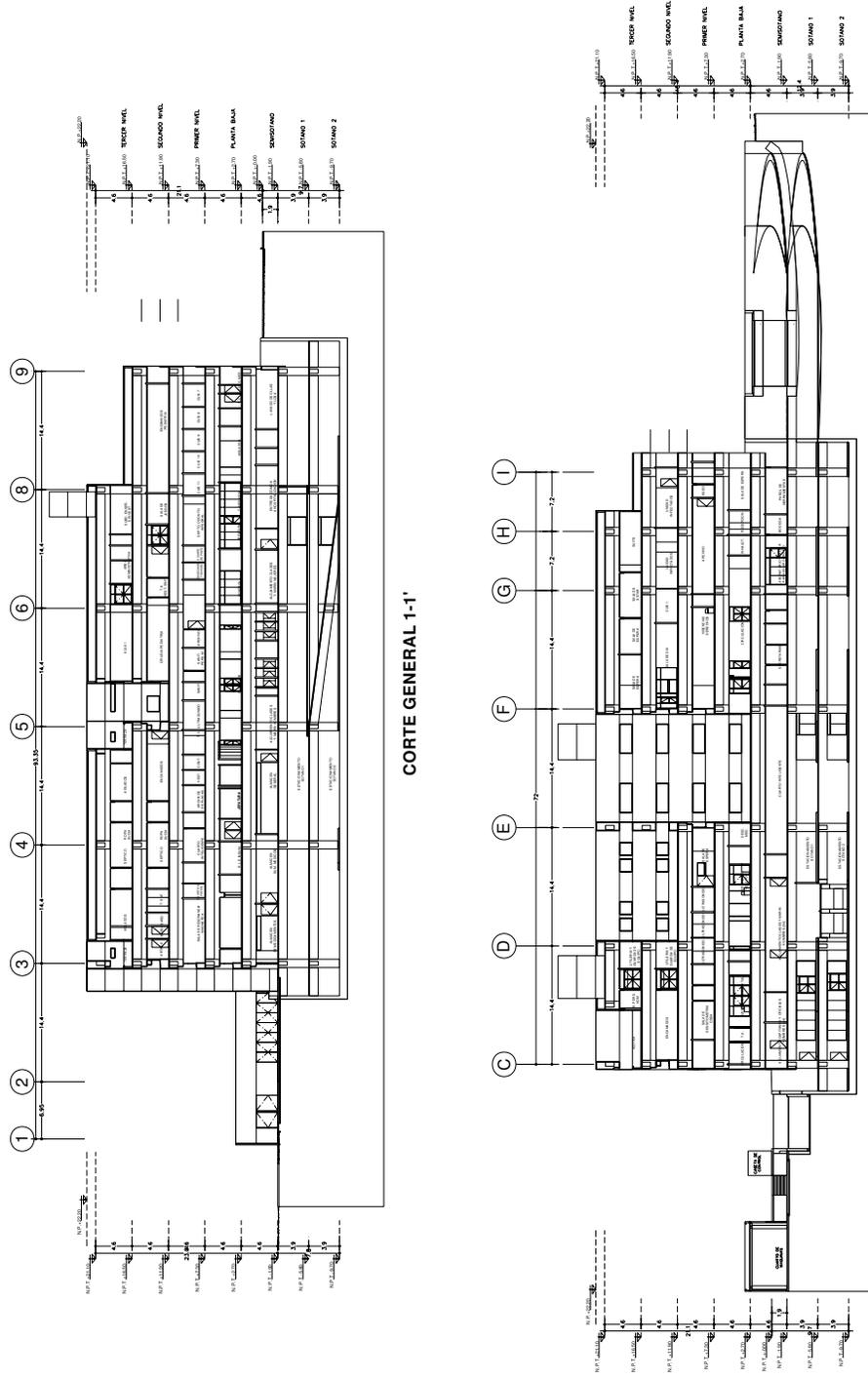


FIGURA DE CORTES GENERALES.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Problemas Ecológicos

En el momento menos pensado las autoridades por medio de la delegación, hicieron un recorrido por el terreno, habiendo una confusión y por falta de información, las autoridades decidieron suspender la obra, esto causado por una serie de árboles que están en la periferia del terreno. ICA tuvo que hacer un estudio ambiental, y demostrar que los árboles estaban a salvo.

ICA tardó 6 meses en hacer el estudio ambiental, porque no solo hizo lo referente a los árboles, sino que también se realizó un estudio con respecto a la maquinaria, el transporte de basura y el destino final de esta.

Finalmente la constructora realizó el estudio, y las autoridades dieron el permiso nuevamente para que la obra del Hospital de Especialidades pudiera seguir.

Por este motivo no pudimos realizar la documentación completa de la cimentación, puesto que los tiempos, por los motivos anteriormente mencionados, no lo podemos cubrir.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Problemas ambientales: maquinaria y basura



Por estos árboles se detuvo la obra 6 meses

II. Descripción de la Cimentación

Estudio de Mecánica de Suelos

El Reglamento de Construcción y sus Normas Técnicas Complementarias, indican en su parte referente al diseño y construcción de cimentaciones, que especifica a la investigación del subsuelo del sitio mediante exploración de campo y pruebas de laboratorio, se apoyará en el conocimiento geológico general y local que se tenga de la zona de interés y deberá ser suficiente para definir de manera confiable los parámetros de diseño de la cimentación y la variación de los mismos en el predio.

Además, deberá permitir obtener información suficiente con respecto al predio con la intención de edificar, para este caso (zona II y III) se debe contemplar que dentro de las zonas II y III, se determinará la historia de carga del predio y la existencia de cimentaciones antiguas, restos arqueológicos, rellenos superficiales antiguos o recientes, variaciones estratigráficas, suelos inestables o colapsables y cualquier otro factor que pueda originar asentamientos diferenciales de importancia, de modo que todo ello pueda tomarse en cuenta en el diseño.

Asimismo, en estas zonas se deberá investigar la existencia de grietas en el terreno, principalmente en las áreas de transición entre las zonas I y III que se pueden apreciar en el mapa.

En la zona II, la exploración del subsuelo se planeará tomando en cuenta que suele haber irregularidades en el contacto entre las diversas

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

formaciones así como mantos de agua colgada y variaciones importantes en el espesor de los suelos compresibles.

El Valle de México asemeja una gran presa azolvada, que está delimitada por las sierras de Pachuca, Tepetzotlán, Guadalupe, Patlachique; Tepetzotlán hacia el norte, la sierra de las Cruces al oeste, la Nevada al este y al sur la sierra de Chichinautzin. El Valle se caracterizó por una intensa actividad volcánica que culminó en el Cuaternario, con abundantes coladas piroclásticas que se depositaron tanto en ambientes secos al pie de las sierras, como en ambientes lacustres, dando origen a las bien conocidas arcillas blandas de la ciudad de México.

En las zonas altas del Valle de México existen domos dacíticos y depósitos piroclásticos característicos de la Formación Tarango o derrames basálticos de la sierra de Chichinautzin. Al pie de las sierras y por el cambio brusco de pendiente en el cauce de los ríos, se depositaron grandes volúmenes de materiales aluviales de composición muy diversa y con estratificaciones cruzadas o lenticulares, manifestando una erosión dinámica ajustada a los períodos de lluvias, que contrastan con los intervalos de sequía.

En las partes bajas de la cuenca y principalmente hacia el centro, es posible detectar abundantes depósitos lacustres constituidos por cenizas volcánicas intercaladas con pómez, arenas finas y limos; estos depósitos aparecen intercalados con estratos de origen aluvial en la vecindad de conos de deyección o directamente en contacto con formaciones pétreas de las zonas altas.

Zonificación Estratigráfica

Tomando en cuenta las características estratigráficas de la Cuenca del Valle de México, se ha formulado una zonificación geotécnica del área urbana, entre las que se encuentran la zona del Lago, la zona de Lomas y una zona intermedia o de Transición.

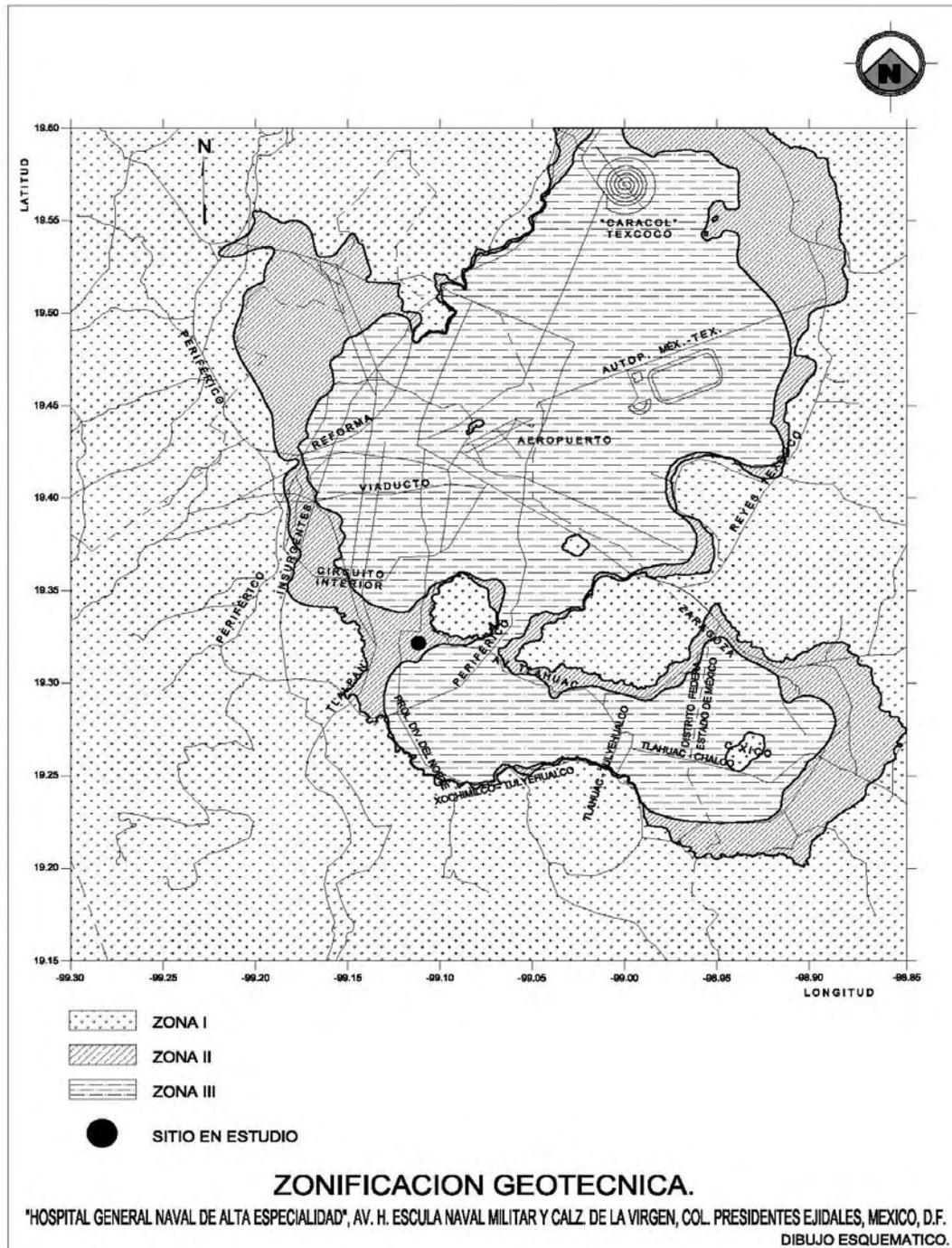
La “Zona I o de Lomas” está formada por suelos generalmente firmes de roca, donde pueden existir superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos blandos, así como rellenos no controlados. Es frecuente encontrar en estos suelos túneles excavados para explotar minas de arena.

La “Zona II o de Transición”, se caracteriza por presentar estratos arenosos y limo-arenosos intercalados con estratos de arcilla lacustre; mismos que se encuentran a 20.0 m de profundidad o menos.

La “Zona III o de Lago”, está integrada por abundantes depósitos de arcilla altamente compresibles, con intercalaciones de capas arenosa limosa y arcillosa. Superficialmente se encuentran en esta zona suelos aluviales, materiales desecados y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto suele ser superior a 50.0 m.

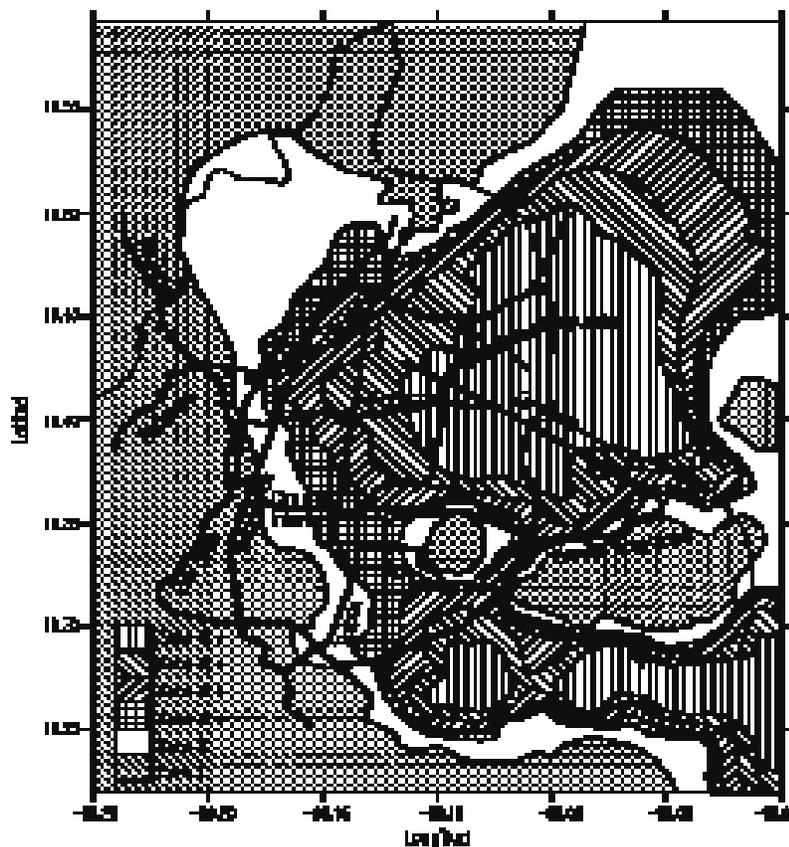
De acuerdo con esta zonificación, el predio en estudio se ubica dentro de la Zona de transición ó Zona II; en la figura, se muestra la ubicación del predio dentro del “Mapa de Zonificación Geotécnica de la ciudad de México”.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



Zonificación Sísmica

De acuerdo con las condiciones estratigráficas detectadas mediante los sondeos de exploración geotécnica, donde se detecta que existen estratos de arcillas y limos de consistencia blanda intercalada con estratos de material areno-arcilloso de compactidad suelta y media con un espesor menor a 20 m, es más factible ubicar el predio en la “Zona de Transición”; sin embargo para fines de clasificación sísmica el suelo se ubica en la Zona III-a, de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, correspondiéndole un coeficiente sísmico (c) igual a 0.40, para estructuras clasificadas dentro del “Grupo B”, cuyo valor deberá factorizarse por 1.50 para estructuras del “Grupo A”, como es el caso de la estructura del hospital.



Hundimiento Regional

Tal como se puede observar en las curvas de “Hundimiento Medio Anual” del periodo 1983 a 1998, elaboradas por la D. G. C. O. H., en la zona donde se construirá la estructura del hospital el hundimiento regional es de 3.3 cm. Este hundimiento regional se debe a la consolidación de los depósitos de suelo arcilloso asociados al abatimiento del nivel de aguas freáticas causado por el bombeo del agua de los mantos acuíferos.

Trabajos de Campo

Teniendo en cuenta el tipo y la magnitud de las estructuras que contempla el hospital, así como el conocimiento aproximado del subsuelo de la zona y con el objeto de determinar las condiciones estratigráficas del área de estudio, se programó una adecuada y cuidadosa exploración geotécnica. La cual se puede desglosar en:

- Tres sondeos de tipo profundo, del tipo mixto continuo (SM-1 a SM-3), explorando hasta una profundidad máxima de 30.0 m
- Un sondeo de cono eléctrico denominado SC-1, combinado con la técnica de penetración estándar; el cono penetró hasta 19.20 m de profundidad y la penetración estándar hasta a una profundidad de 24.87 m
- Dos pozos a cielo abierto, a 3.00 m de profundidad

Adicionalmente, para conocer las características hidráulicas del subsuelo se instaló una “Estación Piezométrica”, constituida por un pozo de observación a 5.00 m de profundidad y dos piezómetros abiertos tipo Casagrande, a 10.0 y 20.0 m de profundidad.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

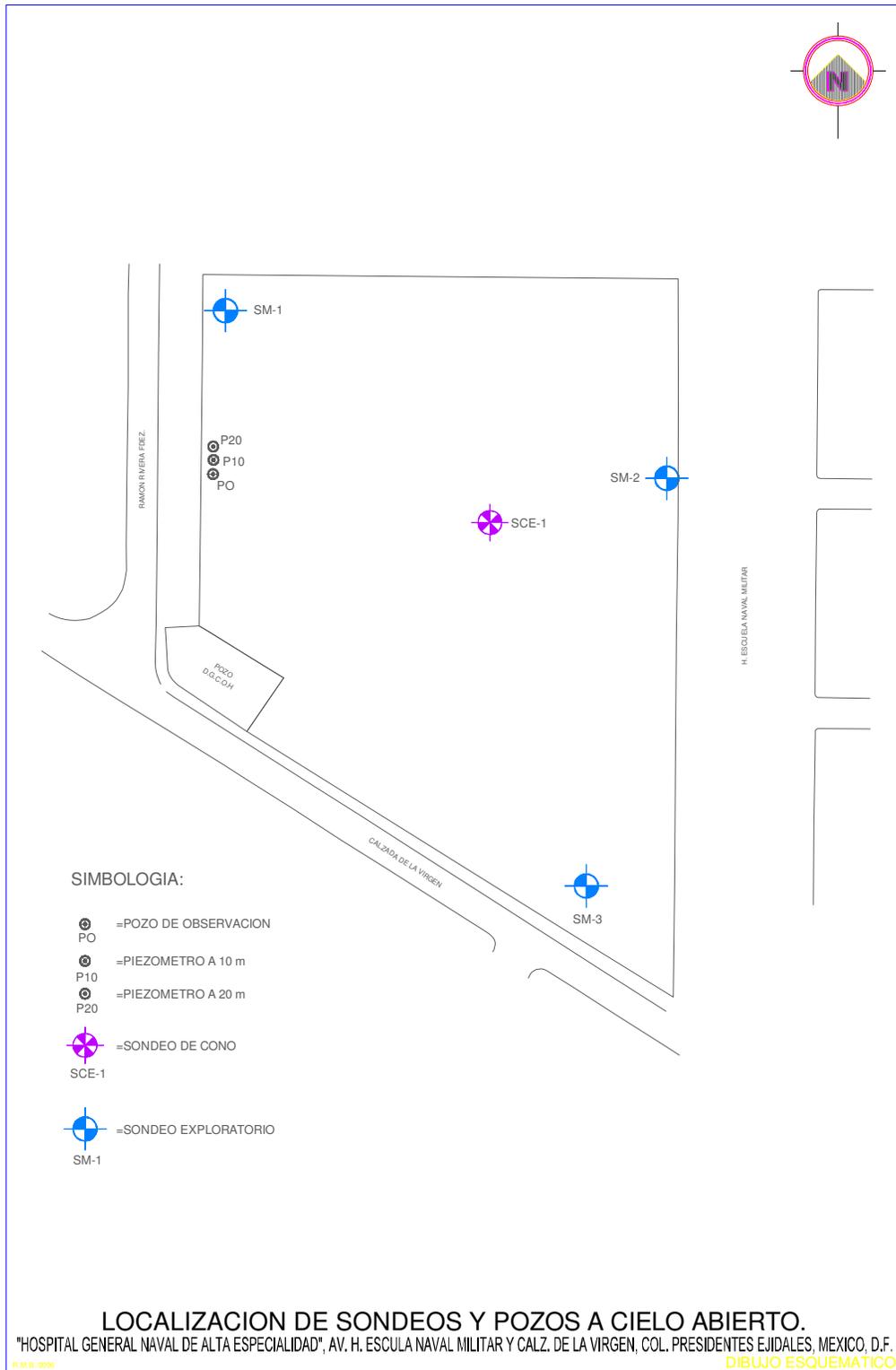
La ubicación de estos sondeos, pozos a cielo abierto y del sitio donde se instaló la estación piezométrica, se indican en la figura, los sitios fueron definidos de acuerdo con las indicaciones del personal técnico de la Marina.

La profundidad de exploración y los niveles de brocal de cada uno de los sondeos y pozos a cielo abierto, referidos al plano topográfico, se indican en la Tabla 1.

TABLA 1: SONDEOS DE EXPLORACION GEOTÉCNICA.

Sondeo Tipo	Sondeo No.	Elev. aprox. del brocal [m]	Prof. [m]
MIXTO	SM-1	2248.20	30.04
MIXTO	SM-2	2248.50	25.27
MIXTO	SM-3	2250.80	24.89
DE CONO	SC-1	2250.00	24.87
POZO A CIELO ABIERTO	PCA-1	2248.80	3.00
POZO A CIELO ABIERTO	PCA-2	2249.40	3.00
EST. PIEZOMÉTRICA		2248.60	5.0, 10.0 y 20.0

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



Sondeos mixtos

Con los sondeos de tipo mixto denominados SM-1 a SM-3, la profundidad de exploración alcanzada fue hasta 30.0 m, en estos sondeos se alternó la obtención de muestras representativas del subsuelo, con la recuperación de muestras inalteradas, las primeras se obtuvieron con el método de penetración estándar (Norma ASTM-D1586), el cual consiste en el hincado a percusión de un muestreador de pared gruesa, de 3.5 cm de diámetro interior y 60 cm de longitud; con este método es posible determinar, a partir del número de golpes requerido para penetrar los 30 cm intermedios del muestreador, la compacidad o consistencia de los suelos atravesados.



TRABAJOS DE PERFORACIÓN DEL SONDEO MIXTO SM-1

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



TRABAJOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA POR MEDIO DEL SONDEO MIXTO SM-2

Las muestras inalteradas se obtuvieron mediante el hincando a presión de un tubo de pared delgada, tipo Shelby, de 4" de diámetro y de 1.50 mm de espesor (Norma ASTM D-1587).

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

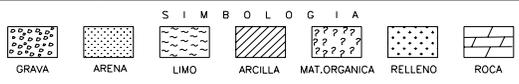
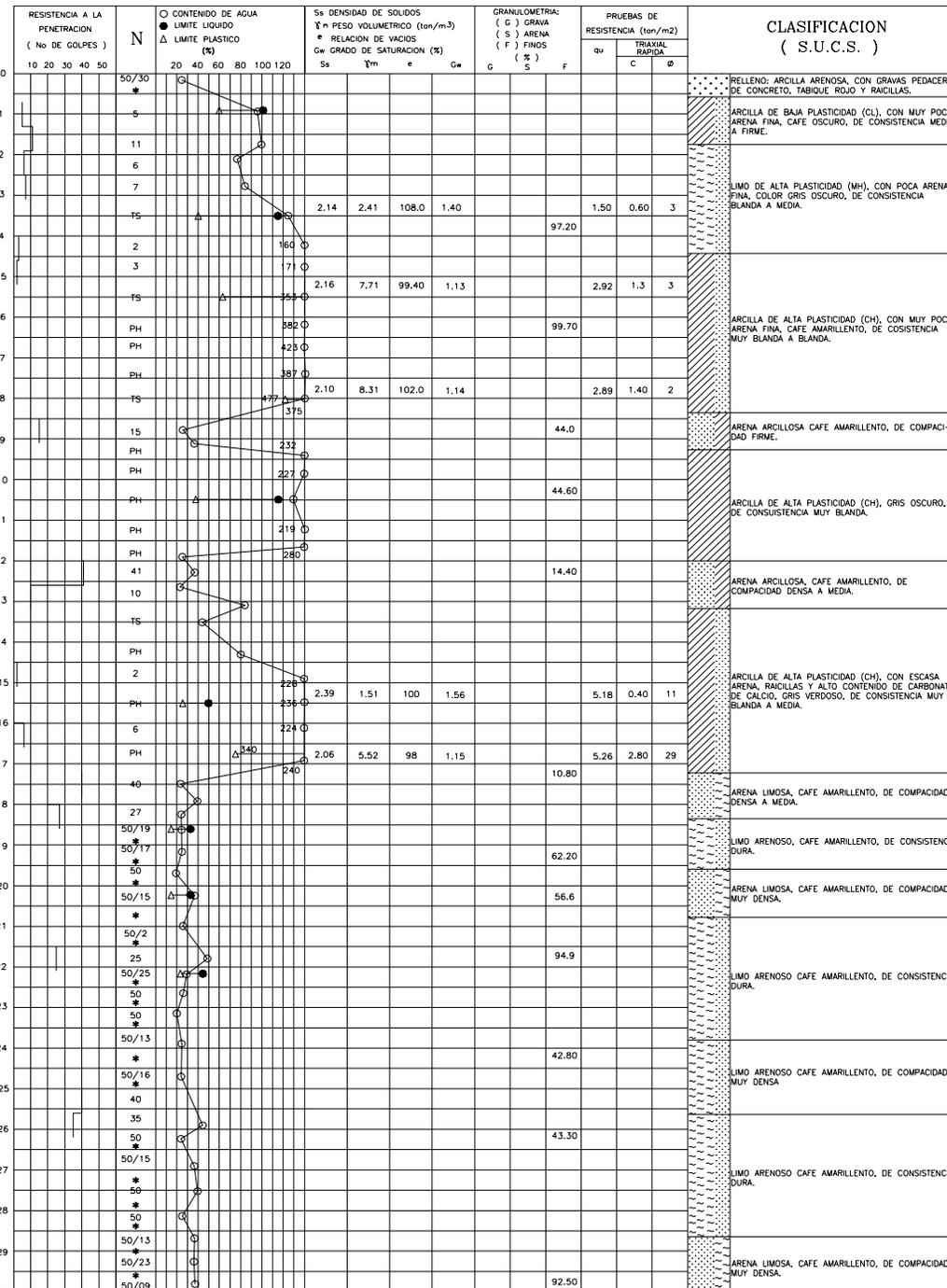


TOMA DE MUESTRAS INALTERADAS UTILIZANDO EL TUBO SHELBY

Simultáneamente para los trabajos de perforación se levantaron registros de campo, los cuales contienen la identificación del sondeo, el número de muestras alteradas e inalteradas recuperadas y la profundidad a la que fueron extraídas, el tipo de herramienta y la clasificación geotécnica de campo.

En las figuras, se presentan los perfiles estratigráficos correspondientes a los sondeos mixtos SM-1 SM-2 y SM3.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



N = NUMERO DE GOLPES PARA PENETRAR 30 cm.
 PH = PESO DE HERRAMIENTA
 NR = NO SE REGISTRO MUESTRA

Pe = PENETRACION ESTANDAR
 Sh = MUESTREO CON TUBO SHELBY
 BD = MUESTREO CON BARRIL DENISON
 NX = BARRIL DOBLE GIRATORIO CON BROCA DE DIAMANTE

* = AVANCE CON BROCA TRICONICA
 ■ MAYOR DE 50 GOLPES
 N.T. = NIVEL DE TERRENO
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS

FECHA : NOVIEMBRE, 2006

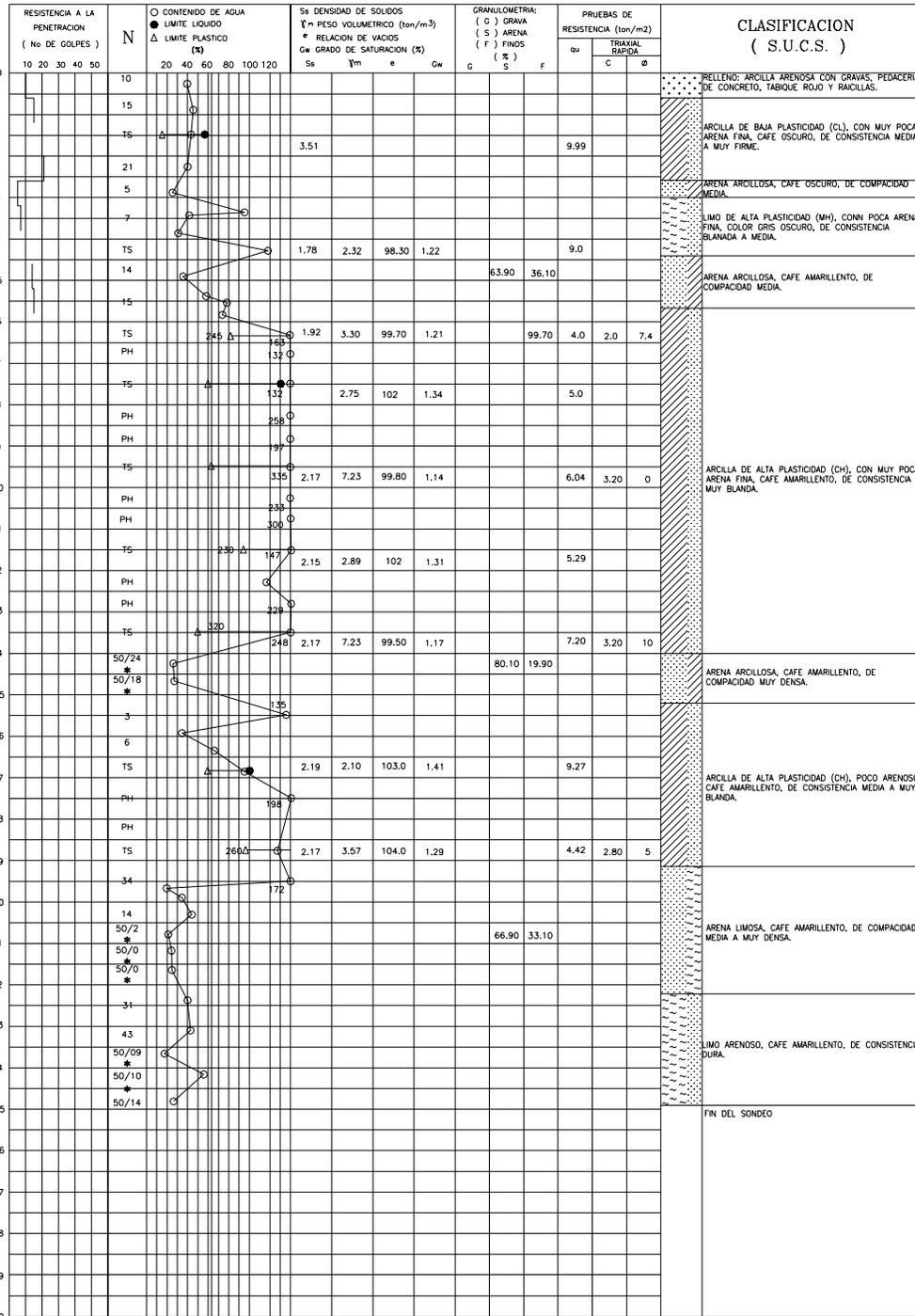
INGENIEROS ESPECIALISTAS EN CIMENTACIONES, S.C.

OBRA: HOSPITAL GENERAL NAVAL DE ALTA ESPECIALIDAD AVI. H. ESCUELA NAVAL MILITAR Y CALZ. LA VIRGEN

LUGAR: MEXICO, D.F. SONDEO: SM-1

N.A.P. 3.0 m N.T. 2248.20 m FIG. 7

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



S I M B O L O G I A

GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	MAT.ORGANICA	RELLENO	ROCA

N = NUMERO DE GOLPES PARA PENETRAR 30 cm.
 PH = PESO DE HERRAMIENTA
 NR = NO SE REGISTRO MUESTRA
 Pe = PENETRACION ESTANDAR
 Sh = MUESTREO CON TUBO SHELBY
 BD = MUESTREO CON BARRIL DENISON
 NX = BARRIL DOBLE GIRATORIO CON BROCA DE DIAMANTE
 ** = AVANCE CON BROCA TRICONICA
 ■ MAYOR DE 50 GOLPES
 N.T. = NIVEL DE TERRENO
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS

FECHA : NOVIEMBRE 2008

INGENIEROS ESPECIALISTAS EN CIMENTACIONES, S.C.

OBRA: HOSPITAL GENERAL NAVAL DE ALTA ESPECIALIDAD AV. H. ESCUELA NAVAL MILITAR Y CALZ. LA VIRGEN

LUGAR: MEXICO, D.F.	SONDEO: SM-3
N.A.P. 3.0 m	N.T. 2250.80 m
	FIG. 9

Sondeo de cono

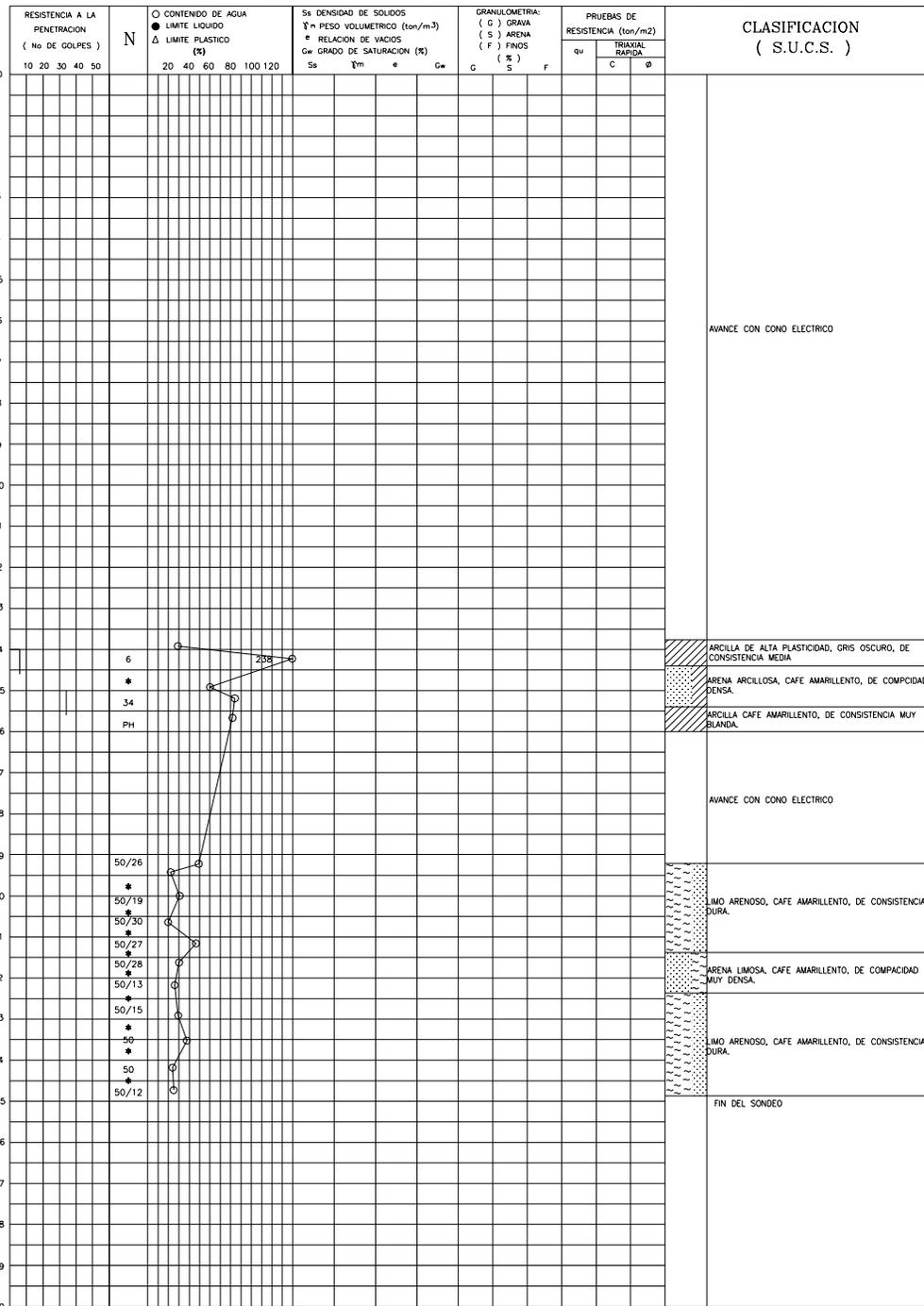
El cono eléctrico utilizado es una celda de carga con unidades sensibles instrumentadas con deformímetros eléctricos; de 2.0 [T] de capacidad de carga, es de 3.6 cm de diámetro exterior, con un área de 10.18 [cm²], la señal de salida del cono se transmite con cables a la superficie, la recibe un aparato receptor y la transforma en señal digital.

El cono se hince en el suelo empujándolo con la columna de barras de acero, por cuyo interior sale el cable que lleva la señal a la superficie, la fuerza necesaria para el hincado se genera con el sistema hidráulico de la perforadora, con velocidad de penetración controlada.

El sondeo de cono se combinó con el procedimiento de penetración estándar, en los estratos del suelo mismo que por sus características de compacidad no penetraba el cono, se introdujo el penetrómetro. De esta manera prácticamente el cono llegó hasta 19.20 m de profundidad, donde se encuentran materiales de consistencia blanda y de compacidad media y a partir de dicha profundidad y hasta 24.87 m la exploración se realizó con el penetrómetro.

En la siguiente figura podemos observar los perfiles estratigráficos de la prueba de cono SCE-1:

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



SIMBOLOGIA

GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA	MAT.ORGANICA	RELLENO	ROCA

N= NUMERO DE GOLPES PARA PENETRAR 30 cm.
 PH= PESO DE HERRAMIENTA
 NR= NO SE REGISTRO MUESTRA
 Pe = PENETRACION ESTANDAR
 Sh = MUESTREO CON TUBO SHELBY
 BD= MUESTREO CON BARRIL DENISON
 NX= BARRIL DOBLE GIRATORIO CON BROCA DE DIAMANTE
 * = AVANCE CON BROCA TRICONICA
 ■ MAYOR DE 50 GOLPES
 N.T. = NIVEL DE TERRENO
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS

INGENIEROS ESPECIALISTAS EN CIMENTACIONES, S.C.

OBRA: HOSPITAL GENERAL NAVAL DE ALTA ESPECIALIDAD AV. H. ESCUELA NAVAL MILITAR Y CALZ. LA VIRGEN

LUGAR: MEXICO, D.F. SONDEO: SCE-1

N.A.P. 3.0 m	N.T. 2250.00 m	FIG. 10b
--------------	----------------	----------

FECHA: NOVIEMBRE 2000



SONDEO DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA UTILIZANDO EL CONO ELÉCTRICO

Pozos a cielo abierto

Los pozos a cielo abierto permitieron observar directamente las características estratigráficas del suelo superficialmente, estos consistieron en una excavación realizada manualmente, empleando pico y pala, con una sección en planta de aproximadamente 1.00 m x 2.5 m y una profundidad de 3.00 m. De los pozos se recuperan muestras alteradas representativas de cada estrato detectado y algunas muestras cúbicas inalteradas en los estratos donde fue posible labrar el material.

Para obtener muestras inalteradas se dejó un escalón en el que se limpió un área de unos 50 cm de diámetro, a continuación se marcó la sección deseada y se labraron los lados del cubo de suelo. Posteriormente

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

la muestra se envolvió con manta de cielo y se impregnó con una mezcla caliente de parafina y brea mediante una brocha para el sellado, finalmente en la parte superior se colocó una etiqueta de identificación. Asimismo, de los pozos se levantó un registro de campo, el cual contiene la identificación del pozo, la profundidad de cada uno de los estratos identificados y su clasificación geotécnica de campo.

Las muestras recuperadas tanto de los sondeos mixtos como de los pozos a cielo abierto, se enviaron al laboratorio debidamente protegidas contra daños durante el traslado, donde se les practicaron las pruebas índice para clasificar los materiales; así como las pruebas de tipo mecánico para determinar sus parámetros de resistencia y deformabilidad.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



TRABAJOS DE EXPLORACIÓN POR MEDIO DE POZOS A CIELO ABIERTO



RECUPERACIÓN DE MUESTRAS CÚBICAS INALTERADAS EN EL POZO A CIELO ABIERTO

Instalación de la estación piezométrica

La estación piezométrica está constituida por un pozo de observación instalado a 5.00 m de profundidad y dos piezómetros abiertos “tipo Casagrande” instalados a 10.0 y 20.0 m de profundidad.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Los trabajos de instalación se describen a continuación:

- Perforación: Se realizó la perforación para la instalación del piezómetro abierto tipo “Casagrande”, hasta la profundidad de proyecto, 10.0 y 20.0 m, con un diámetro de 4”, durante los trabajos de perforación se ademaron las paredes exclusivamente con agua limpia, sin utilizar lodo bentonítico
- Preparación de la tubería: Para habilitar el bulbo se utilizó un tramo de tubo PVC de 2.5” de diámetro rasurado
- Colocación del tapón: Se colocó una mezcla agua-cemento-arena a partir del fondo del barreno hasta el nivel requerido de desplante del bulbo
- Ensamble y colocación de la tubería: Se acopló la columna de tubos al bulbo y se introdujo en el barreno del tal forma que dicho bulbo quede posicionado sobre el tapón del fondo.
- Formación de la cámara piezométrica: Se formó colocando grava alrededor del bulbo
- Sello superior: Se colocó el material de sello utilizando bolas de bentonita

Las lecturas tomadas en la estación piezométrica se indican en la Tabla 2:

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

TABLA 2: LECTURAS DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS.

Fecha de lectura	Pozo de obs.	Piezómetro a 10.0 m	Piezómetro a 20.0m
29 sep/2006	3.08	3.41	6.04
11 oct/2006	3.06	3.28	6.02
19 oct/2006	3.10	3.20	6.00
27 oct/2006	3.04	3.18	5.96
9 nov/2006	3.02	3.18	5.96



INSTALACIÓN DEL PIEZÓMETRO ABIERTO "TIPO CASAGRANDE"



INSTALACIÓN DEL POZO DE OBSERVACIÓN DE LA ESTACIÓN PIEZOMÉTRICA

Pruebas de Laboratorio

Las muestras obtenidas durante la perforación de los sondeos se trasladaron al laboratorio, donde inicialmente se clasificaron visual y manualmente para posteriormente programar la ejecución de los ensayos que proporcionarían su clasificación en atención al Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (S.U.C.S.).

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Las pruebas de tipo índice realizadas son las siguientes:

- Determinación del contenido de agua natural
- Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, (SUCS)
- Límites de plasticidad, líquidos y plásticos
- Porcentaje de material fino
- Granulometrías por mallas
- Densidad de sólidos

Y las pruebas mecánicas realizadas en muestras inalteradas son las siguientes:

- Resistencia a la compresión simple (C-S)
- Compresión de tipo triaxial no consolidada no drenada (U-U)
- Consolidación Unidimensional

En las figuras se presentan los resultados de los sondeos mixtos SM-2 m-16 (como ejemplo), en ellos se indican los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas.

Los resultados de las pruebas de laboratorio que permitieron la clasificación de los estratos del subsuelo y los valores de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante y de deformación de los materiales que se recuperaron se muestran a continuación.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

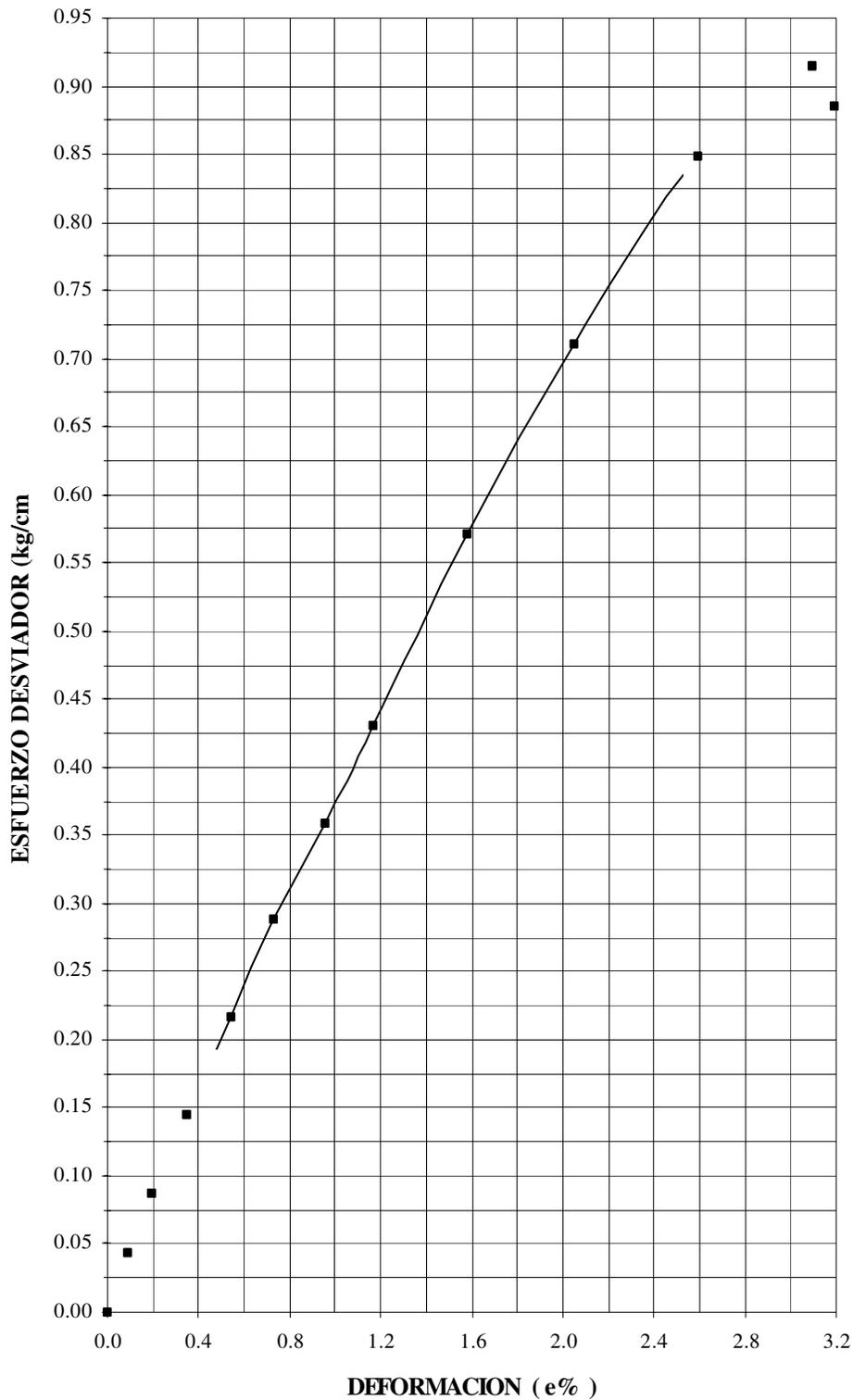
CALCULO DE COMPRESION SIMPLE

PROYECTO:	Centro Medico Naval	CONS.:	0.145
LUGAR:	Eje 2 Ote. Esq. Av. La Virgen		
MUESTRA:	m-16		
SONDEO:	SM-2	PROF.:	9.60 - 10.40 m

L. Anillo	Carga	Lec	E	Esf. Desv.
	corregida	micro	%	Kg/cm ²
0.0	0.0000	4.44	0.0000	0.00
3.0	0.4350	4.52	0.0865	0.04
6.0	0.8700	4.62	0.1941	0.09
10.0	1.4500	4.76	0.3470	0.14
15.0	2.1750	4.95	0.5401	0.22
20.0	2.9000	5.12	0.7268	0.29
25.0	3.6250	5.34	0.9525	0.36
30.0	4.3500	5.54	1.1646	0.43
40.0	5.8000	5.93	1.5812	0.57
50.0	7.2500	6.38	2.0485	0.71
60.0	8.7000	6.90	2.5949	0.85
65.0	9.4250	7.37	3.0928	0.91
63.0	9.1350	7.46	3.1909	0.89
61.0	8.8450	7.61	3.3439	0.86

DATOS FINALES DEL ESPECIMEN			
e=	4.774	G=	100.0%
Pvhi=	1.200T/m3	Wi=	221.2%

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

LIMITES DE CONSISTENCIA

SONDEO: SM-2
MUESTRA: M-16
PROFUNDIDAD: 9.60-10.40m

LIMITE LIQUIDO

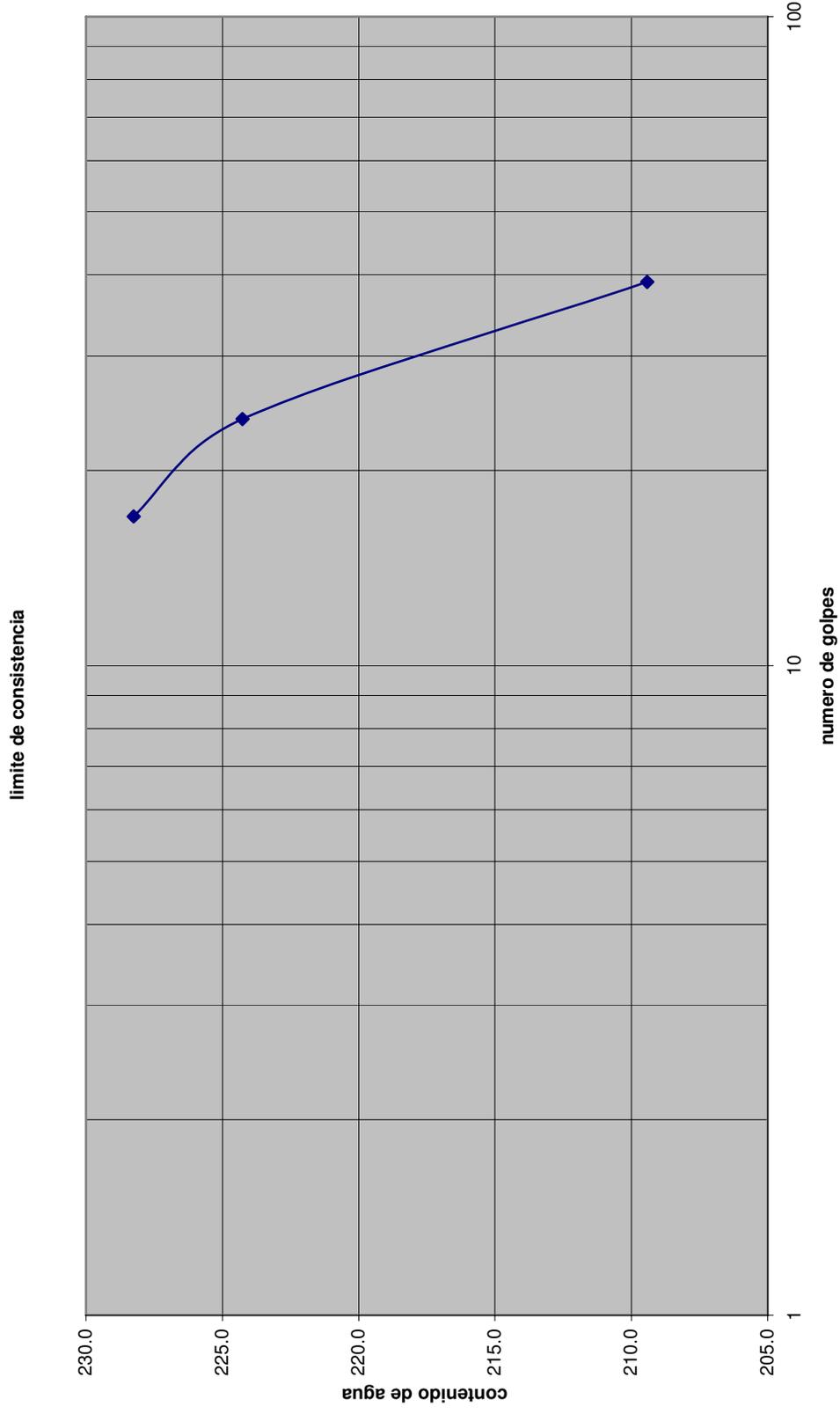
No PRUEBA	NUMERO GOLPES	No. TARA	PESO TARA (gr)	Whumedo MAS TARA (gr)	Wseco MAS TARA (gr)	CONTENIDO DE AGUA (%)
1	39	65	22.78	31.32	25.54	209.4
2	24	1	24.04	33.93	27.09	224.3
3	17	4	24.18	34.29	27.26	228.2

LIMITE PLASTICO

No PRUEBA	No. TARA	PESO TARA (gr)	Whumedo MAS TARA (gr)	Wseco MAS TARA (gr)	CONTENIDO DE AGUA (%)	VALOR PROMEDIO (%)
1	66	23.06	28.46	26.86	42.1	41.8
2	98	28.33	33.48	31.97	41.5	

LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO	SUCS
220.6%	41.8%	178.8%	CH

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

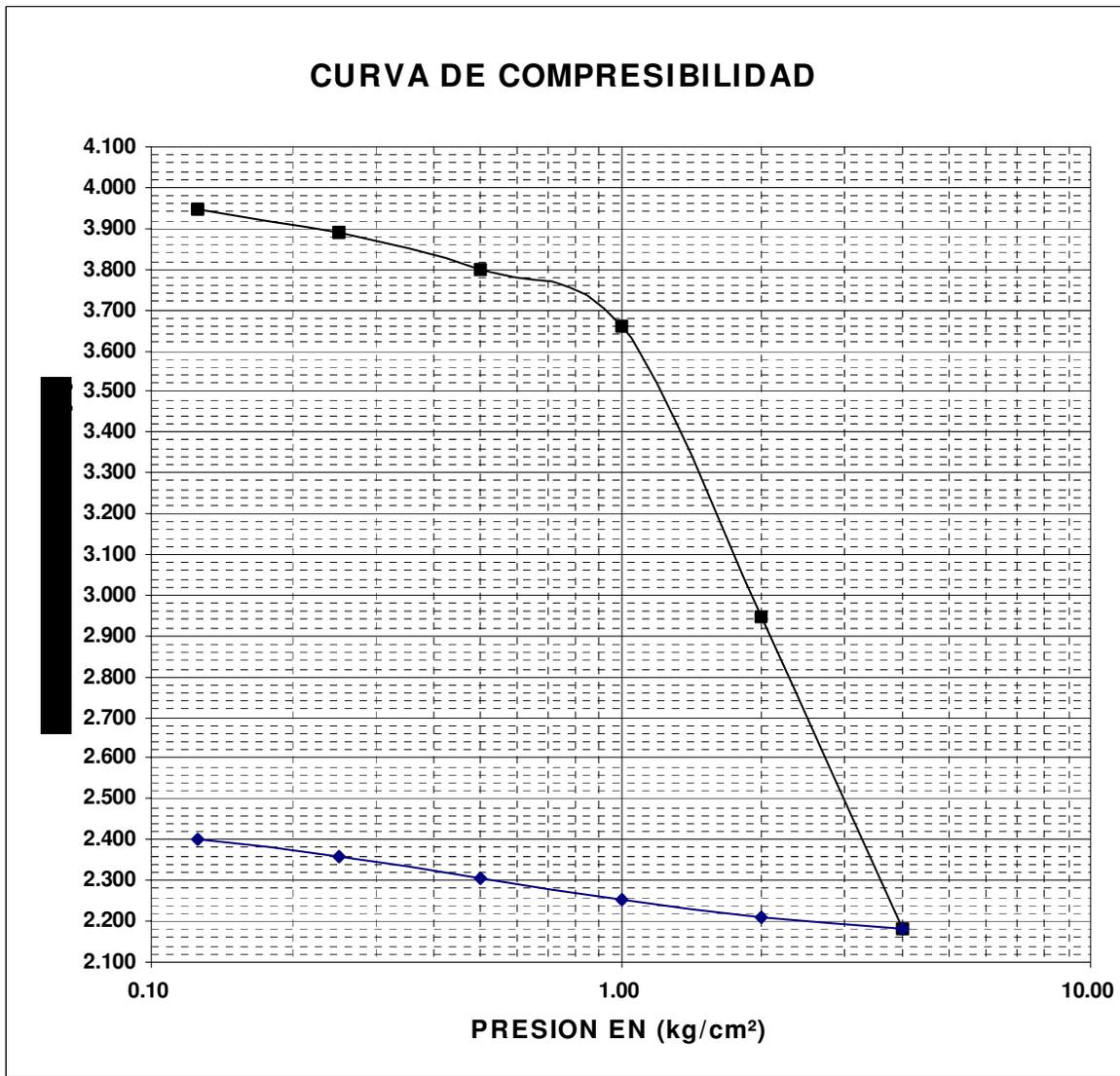
CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

PROF.: **9.60 - 10.40 m**
 SONDEO: **SM-2**
 Ss= **2.16**

MUESTRA:	16		
ANILLO No	6		
D. ANILLO	7.990	Cm.	
H. ANILLO	1.990	Cm.	
A. ANILLO	50.140	Cm ² .	
W. ANILLO	184.700	Gr.	
DATOS INICIALES		DATOS FINALES	
Whi+A	306.10	gr	Whf+A 282.10 gr
Ws=	43.00	gr	Ws+A 227.70 gr
Wwi=	78.40	gr	Whi= 121.4000 gr
Wwf=	54.40	gr	Whf= 97.4000 gr
Vf=	69.05	cm ³	Vi= 99.7785 cm ³
Vv=	79.87	cm ³	Vs= 19.9074 cm ³
Pvhi=	1.22	ton/m ³	Vw= 78.4000 cm ³
Wi=	182.33	%	Pvhf= 1.4106 ton/m ³
Wf=	126.51	%	Si= 98.16 %
ei	4.01		Sf= 68.11 %
			ef 2.4684

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3
Lec.l=	21.921				4.0121	
0.125	21.652	0.009	0.2600	1.307	3.9466	98.4749
0.250	21.422	0.015	0.4840	2.432	3.8902	97.3518
0.500	21.058	0.022	0.8410	4.226	3.8003	95.5618
1.000	20.495	0.035	1.3910	6.990	3.6618	92.8041
2.000	17.636	0.052	4.2330	21.271	2.9460	78.5543
4.000	14.570	0.076	7.2750	36.558	2.1798	63.3017
2.000	14.700	0.067	7.1540	35.950	2.2103	63.9084
1.000	14.880	0.053	6.9880	35.116	2.2521	64.7407
0.500	15.108	0.042	6.7710	34.025	2.3067	65.8288
0.250	15.326	0.036	6.5590	32.960	2.3601	66.8917
0.125	15.498	0.031	6.3920	32.121	2.4022	67.7291
0.000	15.792	0.000	6.1290	30.799	2.4684	69.0477



CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

PRUEBA TRIAXIAL UU

SONDEO:	SM-2	FECHA:	5/3/2006
LUGAR:	Eje 2 Oriente Esq. Av. La Virgen		
PROFUND.:	9.60 -10.40 m	PRESION:	0.25 kg/cm²

ds=	3.54	cm	Wo=	112.60	gr
dm=	3.51	cm	Wt=	15.30	gr
di=	3.58	cm	Wt+sh=	127.90	gr
d prom.=	3.527	cm	Wt+ss=	52.10	gr
h prom.=	9.48	cm	Ss=	2.17	
Ao=	9.768	cm ²	W(%)=	205.98	
Vo=	92.603	cm ³	pvhi=	1.22	ton/m ³
ei=	4.461				
si=	100.21	(%)	pvs=	0.40	ton/m ³
			Gi=	100.21	(%)
			Wi=	205.98	(%)
			Wf=	205.98	(%)

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Carga	Carga	Lec.	Def.	Ac	Esfuerzo
kg	corregida	micrómetro	%	cm ²	Kg/cm ²
0.0000	0.0000	4.8490	0.0000	9.7683	0.0000
5	0.7220	5.0280	0.1888	9.7868	0.0738
10	1.4440	5.2100	0.3808	9.8056	0.1473
15	2.1660	5.3810	0.5612	9.8234	0.2205
20	2.8880	5.5460	0.7352	9.8406	0.2935
30	4.3320	5.8550	1.0612	9.8731	0.4388
45	6.4980	6.4210	1.6582	9.9330	0.6542
60	8.6640	7.2180	2.4989	10.0187	0.8648
65	9.3860	7.9990	3.3228	10.1040	0.9289
63	9.0972	8.0920	3.4209	10.1143	0.8994
61	8.8084	8.2370	3.5738	10.1303	0.8695

PRESION:	0.50	kg/cm²			
ds=	3.55	cm	Wo=	112.60	gr
dm=	3.52	cm	Wt=	15.10	gr
di=	3.61	cm	Wt+sh=	127.70	gr
d prom.=	3.540	cm	Wt+ss=	51.00	gr
h prom.=	9.40	cm	Ss=	2.17	
Ao=	9.842	cm ²	W(%)=	213.65	
Vo=	92.518	cm ³	pvhi=	1.22	ton/m ³
ei=	4.592				
si=	100.96	(%)	pvs=	0.39	ton/m ³
			Gi=	100.96	(%)
			Wi=	213.65	(%)
			Wf=	213.65	(%)

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Carga	Carga	Lec.	Def.	Ac	Esfuerzo
kg	corregida	micrómetro	%	cm ²	Kg/cm ²
0.0000	0.0000	5.3520	0.0000	9.8423	0.0000
5	0.7220	5.5200	0.1787	9.8599	0.0732
10	1.4440	5.6880	0.3574	9.8776	0.1462
15	2.1660	5.8480	0.5277	9.8945	0.2189
20	2.8880	6.0120	0.7021	9.9119	0.2914
30	4.3320	6.3560	1.0681	9.9486	0.4354
45	6.4980	6.9390	1.6883	10.0113	0.6491
60	8.6640	7.6580	2.4532	10.0898	0.8587
75	10.8300	8.5420	3.3936	10.1880	1.0630
82	11.8408	9.0810	3.9670	10.2489	1.1553
80	11.5520	9.1750	4.0670	10.2596	1.1260
78	11.2632	9.3210	4.2223	10.2762	1.0960

PRESION:	0.75	kg/cm ²			
ds=	3.57	cm	Wo=	112.30	gr
dm=	3.53	cm	Wt=	15.10	gr
di=	3.58	cm	Wt+sh=	127.40	gr
d prom.=	3.545	cm	Wt+ss=	50.80	gr
h prom.=	9.37	cm	Ss=	2.17	
Ao=	9.870	cm ²	W(%)=	214.57	
Vo=	92.483	cm ³	pvhi=	1.21	ton/m ³
ei=	4.622				
si=	100.75	(%)	pvs=	0.39	ton/m ³
			Gi=	100.75	(%)
			Wi=	214.57	(%)
			Wf=	214.57	(%)

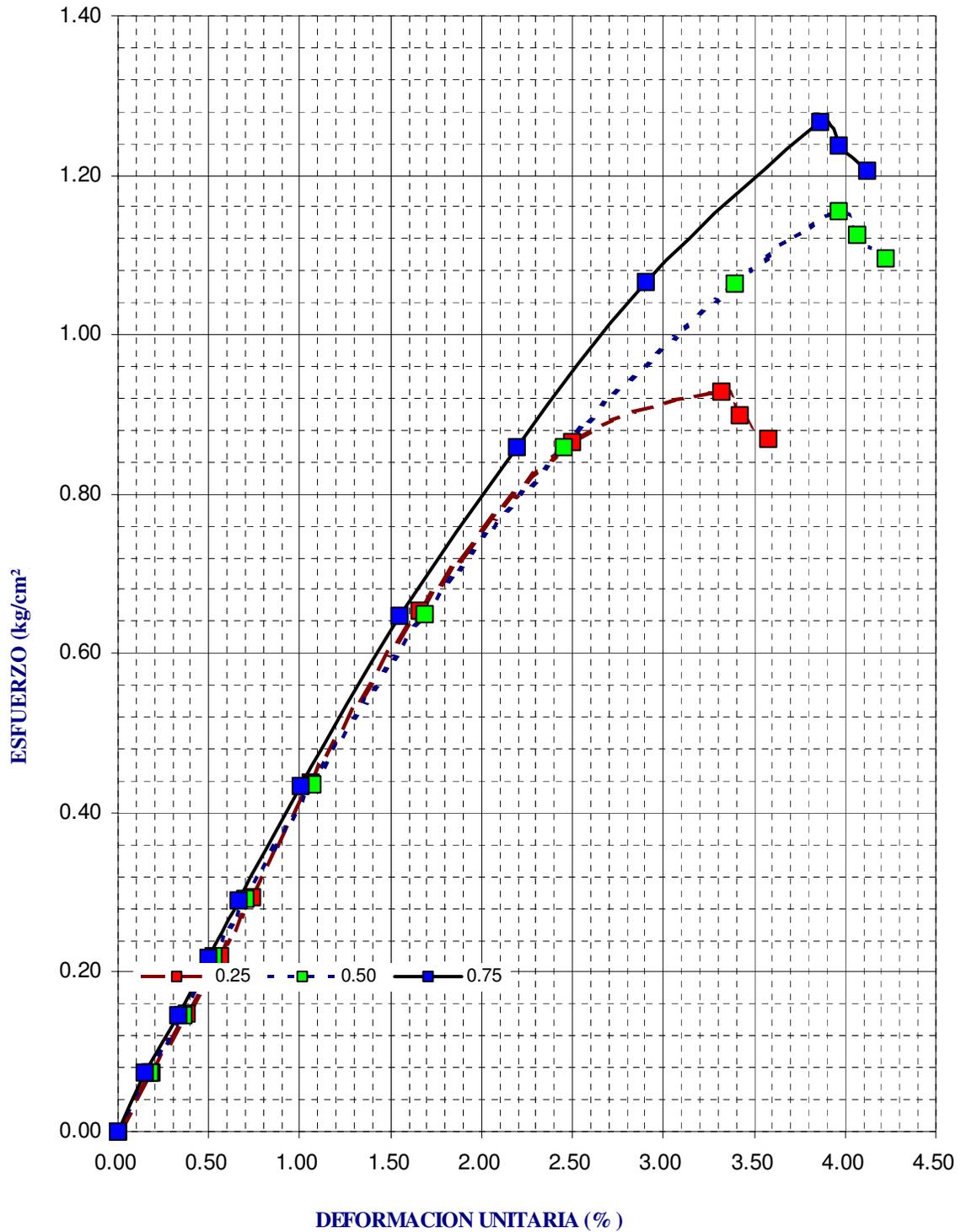
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Carga	Carga	Lec.	Def.	Ac	Esfuerzo
kg	corregida	micrómetro	%	cm ²	Kg/cm ²
0.0000	0.0000	5.8510	0.0000	9.8701	0.0000
5	0.7220	5.9910	0.1494	9.8849	0.0730
10	1.4440	6.1590	0.3287	9.9027	0.1458
15	2.1660	6.3150	0.4952	9.9192	0.2184
20	2.8880	6.4770	0.6681	9.9365	0.2906
30	4.3320	6.7890	1.0011	9.9699	0.4345
45	6.4980	7.3020	1.5486	10.0254	0.6482
60	8.6640	7.9070	2.1942	10.0916	0.8585
75	10.8300	8.5720	2.9039	10.1653	1.0654
90	12.9960	9.4750	3.8677	10.2672	1.2658
88	12.7072	9.5690	3.9680	10.2779	1.2364
86	12.4184	9.7150	4.1238	10.2946	1.2063

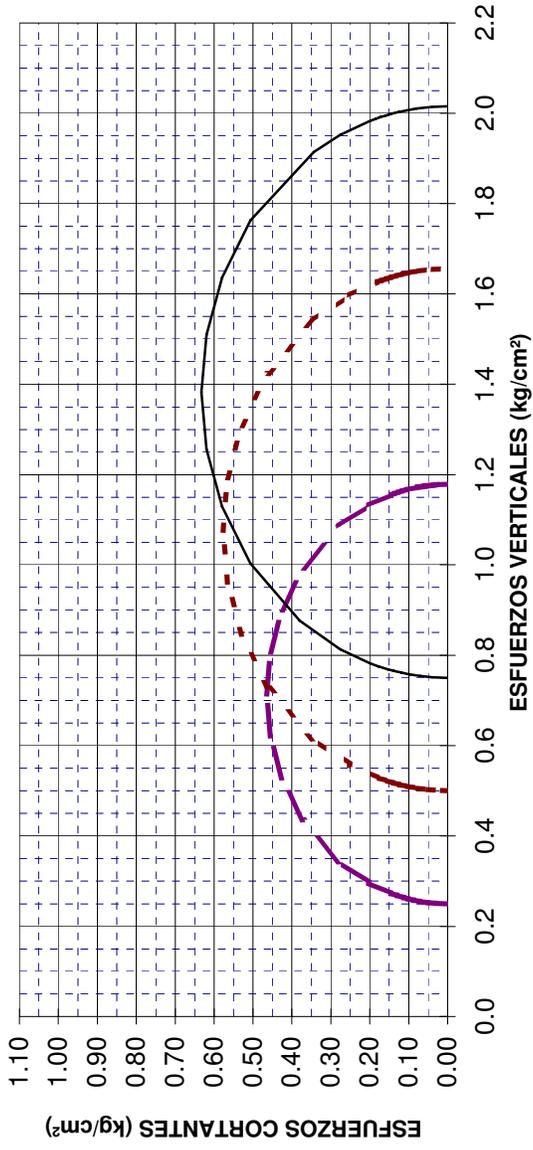
RESUMEN

ENSAYO	PRESION CONFINANTE	ESFUERZO A LA FALLA	(s1-s3)/2 RADIO	ESFUERZO PRINCIPAL MAYOR
Num.	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	kg/cm ²
1	0.25	0.93	0.46	1.18
2	0.50	1.16	0.58	1.66
3	0.75	1.27	0.63	2.02

GRAFICA ESFUERZO - DEFORMACION UNIT.



CIRCULOS DE MOHR



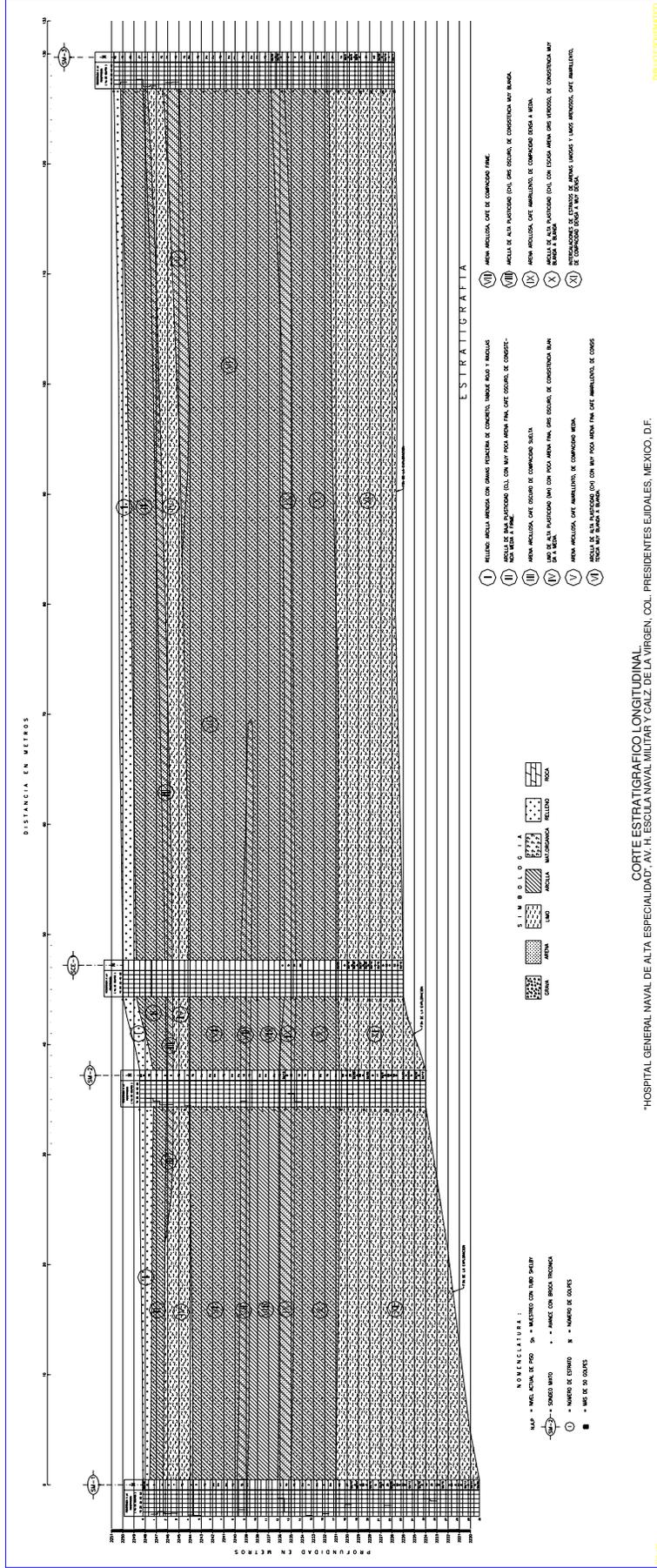
ENSAYO Num.	W i (%)	ei	Gwi (%)	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m3)	PRESION CONF. (kg/cm²)	ESF. A LA FALLA (kg/cm²)
1	205.98	4.461	100.21	1.22	0.25	0.93
2	213.65	4.592	100.96	1.22	0.50	1.16
3	214.57	4.622	100.75	1.21	0.75	1.27
PROMEDIO	211.40	4.56	100.64	1.22	Ss=	2.17

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

En dichas figuras se observan los resultados de los ensayos ejecutados como son ensayos de compresión simple, compresión triaxial no consolidada no drenada, curvas de compresibilidad, límites de consistencia, clasificación SUCS y densidad de sólidos. Asimismo, los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan en los perfiles estratigráficos de cada uno de los sondeos.

Condiciones estratigráficas

Con los sondeos ejecutados y los resultados de las pruebas de laboratorio se elaboró el corte estratigráfico longitudinal que se presenta en la figura; con relación a esta figura, la estratigrafía del subsuelo del sitio donde se desplantarán las estructuras en proyecto, se puede describir de la siguiente manera.



CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Estrato I: De la superficie hasta una profundidad variable entre 0.60 m y 1.20 m en el SM-2, se detectó material de relleno formado por arcilla arenosa, con algunas gravas, materia orgánica y pedazos de tabique rojo (cascajo). Cabe comentar que el sondeo mixto SM-3, se perforó en la esquina sur – oriente del predio, donde el nivel de terreno natural es más alto y donde se observa material de relleno acumulado.

Estrato II. Bajo el material de relleno entre 1.80 y 2.62 m de profundidad, se define un estrato de arcilla de baja plasticidad (CL), con muy poca arena fina, color café oscuro, de consistencia blanda a firme, cuyo número de golpes registrado en la prueba de penetración estándar varía de 5 a 21, ($5 < N < 21$). Su contenido de humedad promedio es de 70%, su límite líquido entre 50 y 105% y su límite plástico varía de 15 a 55%. La resistencia en compresión simple (q_u) es de 9.99 ton/m².

Estrato III. Este estrato se encontró en el sondeo SM-2 entre 2.40 y 3.00 m de profundidad, en el sondeo SM-3 entre 2.60 y 3.00 m; en el sondeo SM-1, no se detectó; está constituido por una arena fina arcillosa, color café oscuro, de compacidad suelta, con un número de golpes variable de 5 a 6 ($5 < N < 6$). Su contenido de agua natural es de 30%.

Estrato IV. Bajo el estrato a 4.40 m de profundidad, se encuentra limo de alta plasticidad (ML), con poca arena fina, color gris oscuro, de consistencia blanda a media, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar de 2 a 7 ($2 < N < 7$). Su contenido de humedad promedio es igual a

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

90%, límite líquido variable de 115 a 130% y límite plástico de 30 a 85%. De los análisis de distribución granulométrica por mallas este estrato contiene 97.20% de suelo fino. De los resultados de las pruebas de resistencia obtenidos en compresión simple (q_u) varía de 1.50 a 9.00 ton/m² y en prueba triaxial no consolidada no drenada se obtuvo una cohesión (c) de 0.60 ton/m² y un ángulo de fricción (ϕ) de 3°.

Estrato V. Este estrato se encuentra exclusivamente en el sondeo SM-3 entre 4.40 y 5.80 m de profundidad, esta formado por arena arcillosa, café amarillento, de compacidad media, cuyo número de golpes en la prueba de penetración estándar entre 142 y 15 ($142 < N < 15$). Presenta un contenido de humedad promedio de 60%. De los análisis granulométricos por mallas este estrato contiene de 63.9 % de arena y 36.1 % de finos.

Estrato VI. Posteriormente, entre 4.40 y 8.40 m de profundidad en el sondeo SM-1, de 4.40 m a 9.00 m de profundidad en el sondeo SM-2 y de 5.80 a 14.00 m de profundidad en el sondeo SM-3 se encuentra un estrato formado por una arcilla de alta plasticidad (CH), con muy poca arena, color café amarillento, de consistencia muy blanda a blanda, cuyo número de golpes en la prueba de penetración estándar es nulo (peso de herramienta) a 3 ($PH < N < 3$). Presenta un contenido de humedad promedio de 120 A 380%, límite líquido variable de 140 a 480% y límite plástico de 65 a 90%. Los parámetros de resistencia obtenidos en compresión simple (q_u) varían de 2.52 a 7.20 ton/m² y en prueba triaxial no consolidada no drenada se obtuvo una cohesión (c) de 1.30 a 3.20 ton/m² y un ángulo de fricción (ϕ) de 2 a 10°.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Estrato VII. Este estrato se define solamente en los sondeos SM-1 Y SM-2, entre 8.40 y 9.30 y entre 9.00 y 8.00 m de profundidad, respectivamente; está constituido por arena arcillosa, color café, de compacidad firme, su número de golpes (N) registrados en la prueba de penetración estándar, es de 14 en promedio; su contenido de humedad es de 30% en promedio. De los análisis granulométricos por mallas este estrato contiene de 56.20% de arena y 43.8 % de finos.

Estrato VIII. Este estrato se define a 12.20 m de profundidad promedio en los sondeos SM-1 y SM-2, está formado por arcilla de alta plasticidad (CH), con muy poca arena fina, color café amarillento; de consistencia muy blanda, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) nulo (peso de herramienta); presenta un contenido de humedad que varía entre 180% y 280%, límite líquido entre 110 y 330% y límite plástico entre 35% a 55%. Los parámetros de resistencia obtenidos en compresión simple q_u varían de 7.55 ton/m² a 9.14 ton/m² y en prueba triaxial no consolidada no drenada se obtuvo una cohesión (c) de 3.0 ton/m² con un ángulo de fricción interna (ϕ) de 14°.

Estrato IX. Subyaciendo al estrato anterior con un espesor variable entre 1.00 m (SC-1) y 1.40 m (SM-2), se encuentra un estrato de arena fina arcillosa, color café amarillento, de compacidad media a muy densa, cuyo número de golpes (N) medido en la prueba de penetración estándar, varía de 10 a 50, su contenido de humedad es de 30% en promedio. De los análisis granulométricos por mallas este estrato contiene de 80.10 a 91.60% de arena y de 8.40 a 19.90 % de finos.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Estrato X. Posteriormente se detectó entre 17.20 (SM-1) y 19.20m (SM-3 y SC-1) de profundidad, un estrato de arcilla de alta plasticidad (CH), con arena, color café y gris verdoso, de consistencia muy blanda a media, cuyo número de golpes en penetración estándar es nulo (peso de herramienta a 6. Presenta un contenido de humedad de 150 a 240%, límite líquido de 100 a 340%, límite plástico de 60 a 90 %, con un porcentaje de arena de 28.90% y 71.10% de finos. Los parámetros de resistencia obtenidos en compresión simple q_u varían de 4.40 a 9.27 ton/m² y en prueba triaxial no consolidada no drenada se obtuvo una cohesión (c) de 0.40 a 2.80 ton/m² con ángulos de fricción interna (ϕ) de 5 a 11°.

Estrato XI. Finalmente hasta la máxima profundidad de exploración alcanzada por medio del sondeo SM-1 (30.40m), se detectan estratos intercalados de arenas limosas con limos arenosos, color café amarillento, de compacidad densa a muy densa; con un número de golpes de 25 a 50, contenido de humedad de alrededor de 25% en promedio, límite líquido promedio de 30%, límite plástico promedio de 20%. De estudio realizado en enero de 1991, (referencia 1) este estrato tiene una cohesión variable entre 1.0 y 5.5 ton/m², con un ángulo de fricción interna (ϕ) de 38°.

El nivel de aguas freáticas se detectó a la profundidad de 3.00 m.

En la siguientes figuras se puede consultar los perfiles estratigráficos de los sondeos SM-1 y el de cono como ejemplos de estos.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Sondeo mixto SM-1

OBRA: CENTRO MEDICO MILITAR CALIZACION: ESCUELA NAVAL MILITAR
 SONDEO: 1 TIPO: MIXTO PERFORADORA: MOBILE DRILL B-53
 BOMBA: MOYNO 3L6 FECHA DE INICIO: 27-09-2006

MU-ES-TRA	LONGITUD DE AVANCE		RECUPERACION	No. DE GOLPES			TIPO DE HERRAMIENTA	DESCRIPCION
	PROF. (M)	A		(M)	%	15cm		
	DE	A						
1	0.00	0.38	0.28		3	50/23		TP Pi.Zapata con material de concreto Ps.Limo arenoso gris claro (relleno)
-0-	0.38	0.60	-0-			AVANCE		BT Avance con broca triconica .2 15/16
2	0.60	1.20	0.12		4	5	2	TP Arcilla plastica gris obscuro
3	1.20	1.80	0.31		2	11	3	TP Pi.Limo arenoso gris obscuro Ps.Arcilla plastica gris obscuro
4	1.80	2.40	0.54		3	6	8	TP Pi.Arena fina amedia gris obscuro Ps.Arcilla plastica gris obscuro
5	2.40	3.00	0.38		3	7	6	TP Arcilla limosa arenosa gris obscuro
6	3.00	3.80	0.60			PRESION		T-SH Arcilla plastica gris obscuro
7	3.80	4.40	0.39		1	2	1	TP Arcilla plastica gris obscuro
8	4.40	5.00	0.58		PH	3	1	TP Arcilla plastica con manchas gris claro y café claro
9	5.00	5.80	0.49			PRESION		T-SH Arcilla plastica gris obscuro
10	5.80	6.40	0.29		PH	PH	PH	TP Arcilla plastica café claro
11	6.40	7.00	0.51		PH	PH	PH	TP Arcilla plastica gris verdoso
12	7.00	7.60	0.40		PH	PH	PH	TP Arcilla plastica gris verdoso y café claro
13	7.60	8.40	0.75			PRESION		T-SH Pi.Lente de arena fina café claro Ps.Arcilla plastica café claro
14	8.40	9.00	0.21		PH	15	2	TP Arena fina negra
15	9.00	9.60	0.43		PH	PH	PH	TP Pi.Arcilla plastica café claro Ps.Arena fina negra
16	9.60	10.20	0.60		PH	PH	PH	TP Arcilla plastica con lentes de arena fina café claro

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

17	10.20	10.80	0.60	0.14	PH	PH	PH	TP	Arcilla plastica con lentes de arena café y gris
18	10.80	11.40	0.60	0.60	PH	PH	PH	TP	Arcilla plastica con lentes de arena café y gris
19	11.40	12.00	0.60	0.60	PH	PH	28	TP	Pi.Arena fina negra Ps.Arcilla plastica café claro
20	12.00	12.60	0.60	0.42	6	41	21	TP	Arena fina a media poco limosa negra
21	12.60	13.20	0.60	0.27	14	10	9	TP	Pi.Arcilla plastica negra Ps.Arena fina negra
22	13.20	14.00	0.80	0.42	PRESION			T-SH	Pi.Arena fina café claro Ps.Arcilla plastica negra
23	14.00	14.60	0.60	0.59	PH	PH	PH	TP	Arcilla plastica con materia vegetal gris verdoso
24	14.60	15.20	0.60	0.17	PH	2	2	TP	Arcilla plastica café claro
25	15.20	15.80	0.60	0.30	PH	PH	PH	TP	Arcilla plastica café verdoso y rojizo
26	15.80	16.40	0.60	0.41	PH	6	10	TP	Arcilla plastica café claro y rojizo

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

OBRA: CENTRO MEDICO MILITAR CALIZACION: ESCUELA NAVAL MILITAR
 SONDEO: 1 TIPO: MIXTO PERFORADORA: MOBILE DRILL B-53
 BOMBA: MOYNO 3L6 FECHA DE INICIO: 27-09-2006

MU-ES-TRA	PROF. (M)		LONGITUD DE AVANCE	RECUPERACION		No. DE GOLPES			TIPO DE HERRAMIENTA	DESCRIPCION
	DE	A		(M)	%	15cm	30cm	15cm		
27	11.40	17.20	0.80	0.62				PRECISION	T-SH	Pi.Arena fina gris obscuro Ps.Arcilla palstica gris obscuro
28	17.20	17.80	0.60	0.37	31	40	15		TP	Arena fina limosa gris claro y obscuro
29	17.80	18.40	0.60	0.22	12	27	30		TP	Pi.Arena media gris claro Ps.Limo poco cementado gris claro
30	18.40	18.79	0.39	0.18	17	50/19			TP	Limo cementado poco arenoso gris claro
-0-	18.79	19.00	0.21	-0-		AVANCE			BT	Avance con broca triconica 2 15/16
31	19.00	19.32	0.32	0.28	31	50/17			TP	Limo cementado arenoso verdoso
-0-	19.32	19.60	0.28	-0-		AVANCE			BT	Avance con broca triconica 2 15/16
32	19.60	19.75	0.15	0.15	50				TP	Arena fina limosa cementado verdoso
-0-	19.75	20.20	0.45	-0-		AVANCE			BT	Avance con broca triconica 2 15/16
33	20.20	20.51	0.31	0.31	15	50/16			TP	Arena fina limosa cementado con lentes de arena media gris verdoso
-0-	20.51	20.80	0.29	-0-		AVANCE			BT	Avance con broca triconica 2 15/16
34	20.80	21.20	0.40	0.18	26	50/25			TP	Limo arenoso cementado gris claro
-0-	21.20	21.40	0.20	-0-		AVANCE			BT	Avance con broca triconica 2 15/16
35	21.40	22.00	0.60	0.30	9	25	25		TP	Limo cementado poco arenoso gris verdoso y café
36	22.00	22.40	0.40	0.20	28	50/25			TP	Limo cementado gris verdoso
-0-	22.40	22.60	0.20	-0-		AVANCE			BT	Avance con broca triconica 2 15/16
37	22.60	22.75	0.15	0.15	50				TP	Limo cementado gris verdoso
-0-	22.75	23.20	0.45	-0-		AVANCE				Avance con broca triconica 2 15/16

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Prueba de cono

OBRA: CENTRO MEDICO MILITAR CALIZACION: ESCUELA NAVAL MILITAR
 SONDEO: 1 TIPO: CONO ELEC.. PERFORADORA: MOBILE DRILL B-53
 BOMBA: MOYNO 3L6 FECHA DE INICIO: 27-09-2006

MU-ES-TRA	PROF. (M)	LONGITUD DE AVANCE	RECUPERACION	No. DE GOLPES	TIPO DE HERRAMIENTA	DESCRIPCION
DE	A		(M)	%	15cm 30cm 15cm	
-0-	0.00	13.80	-0-	AVANCE	BT	Avance con broca triconica 2 15/16 CONO ELECTRICO
1	13.80	14.40	0.46	18	6	TP
-0-	14.40	14.80	-0-	AVANCE	BT	Ps.Arena fina negra Pi.Arcilla plastica gris obscuro Avance con broca triconica 2 15/16 CONO ELECTRICO
2	14.80	15.40	0.44	15	34	TP
3	15.40	16.00	0.60	PH	PH	TP
-0-	16.00	19.20	-0-	AVANCE	BT	Arcilla palstica poco arenosa gris verdoso Avance con broca triconica 2 15/16 CONO ELECTRICO
4	19.20	19.61	0.22	15	50/26	TP
-0-	19.61	19.80	-0-	AVANCE	BT	Pi.Zapata con arena fina cementado gris claro verdoso Ps.Limo cementado gris claro Avance con broca triconica 2 15/16
5	19.80	20.19	0.39	25	50/19	TP
-0-	20.19	20.40	-0-	AVANCE	BT	Limo arenos cementado gris verdoso Avance con broca triconica 2 15/16
6	20.40	20.85	0.17	31	50/30	TP
-0-	20.85	21.00	-0-	AVANCE	BT	Limo arenoso cementado verdoso Avance con broca triconica 2 15/16
7	21.00	21.43	0.31	27	50/27	TP
-0-	21.43	21.60	-0-	AVANCE	BT	Limo arenoso cementado verdoso Avance con broca triconica 2 15/16
8	21.60	22.03	0.34	24	50/28	TP
-0-	22.03	22.20	-0-	AVANCE	BT	Arena fina limosa cementado verdoso Avance con broca triconica 2 15/16
9	22.20	22.48	0.20	22	50/13	TP
						Arena fina limosa cementado verdoso

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

-0-	22.48	22.80	0.32	-0-							Avance con broca triconica 2 15/16
10	22.80	23.10	0.30	0.22							Limo cementado con lentes de arena media verdoso
-0-	23.10	23.40	0.30	-0-							Avance con broca triconica 2 15/16
11	23.40	23.55	0.15	0.15							Limo cementado gris poco verdoso
-0-	23.55	24.00	0.45	-0-							Avance con broca triconica 2 15/16
12	24.00	24.45	0.45	0.26							Limo cementado poco arenoso verdoso
-0-	24.45	24.60	0.15	-0-							Avance con broca triconica 2 15/16
13	24.60	24.87	0.27	0.20							Arena fina limosa cementado gris verdoso

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Descripción detallada de la cimentación

Después de analizar las pruebas que arrojó el laboratorio y haciendo el calculo estructural pertinente; con lo que el reglamento de construcción del Distrito federal y sus Normas Técnicas complementarias nos dice acerca de el diseño de cimentaciones profundas: Los elementos mecánicos (presiones de contacto, empujes, etc.) requeridos para el diseño estructural de la cimentación deberán determinarse para cada combinación de acciones señalada a continuación.

a) Movimientos verticales (hundimiento o emersión)		
Concepto	Límite	
En la zona I:		
Valor medio en el área ocupada por la construcción:		
Asentamiento: Construcciones aisladas	5 cm ^(?)	
Construcciones colindantes	2.5 cm	
En las zonas II y III:		
Valor medio en el área ocupada por la construcción:		
Asentamiento: Construcciones aisladas	30 cm ^(?)	
Construcciones colindantes	15 cm	
Emersión: Construcciones aisladas	30 cm ^(?)	
Construcciones colindantes	15 cm	
Velocidad del componente diferido	1 cm/semana	
b) Inclinación media de la construcción		
Tipo de daño	Límite	Observaciones
Inclinación visible	$100 / (100 + 3h_c)$ por ciento	h_c = altura de la construcción en m
Mal funcionamiento de grúas viajeras	0.3 por ciento	En dirección longitudinal
c) Deformaciones diferenciales en la propia estructura y sus vecinas		
Tipo de estructuras	Variable que se limita	Límite
Marcos de acero	Relación entre el asentamiento diferencial entre apoyos y el claro	0.006
Marcos de concreto	Relación entre el asentamiento diferencial entre apoyos y el claro	0.004
Muros de carga de tabique de barro o bloque de concreto	Relación entre el asentamiento diferencial entre extremos y el claro	0.002
Muros con acabados muy sensibles, como yeso, piedra ornamental, etc.	Relación entre el asentamiento diferencial entre extremos y el claro	0.001
Paneles móviles o muros con acabados poco sensibles, como mampostería con juntas secas	Relación entre el asentamiento diferencial entre extremos y el claro	0.004
Tubertas de concreto con juntas	Cambios de pendiente en las juntas	0.015

Se tolerarán valores mayores en la medida en que la deformación ocurra antes de colocar los acabados o éstos se encuentren desligados de los muros.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Los esfuerzos o deformaciones en las fronteras suelo–estructura necesarios para el diseño estructural de la cimentación, incluyendo presiones de contacto y empujes laterales, deberán evaluarse tomando en cuenta la rigidez y la resistencia de la estructura y de los suelos de apoyo.

Las presiones de contacto consideradas deberán ser tales que las deformaciones diferenciales del suelo calculadas con ellas coincidan aproximadamente con las del sistema subestructura–superestructura. Para determinar distribuciones de este tipo, será aceptable suponer que el medio es elástico y continuo y usar las soluciones analíticas existentes o métodos numéricos. Será aceptable cualquier distribución que satisfaga las condiciones siguientes:

- a) Que exista equilibrio local y general entre las presiones de contacto y las fuerzas internas en la subestructura y las fuerzas y momentos transmitidos a ésta por la superestructura

- b) Que los hundimientos diferenciales inmediatos más diferidos con las presiones de contacto consideradas sean aceptables en términos de las presentes Normas (tabla 3.1)

- c) Que las deformaciones diferenciales instantáneas más las diferidas del sistema subestructura–superestructura sean aceptables en términos de las presentes Normas.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

La distribución de esfuerzos de contacto podrá determinarse para las diferentes combinaciones de sollicitaciones a corto y largo plazos, con base en simplificaciones e hipótesis conservadoras o mediante estudios explícitos de interacción suelo–estructura.

Los pilotes y sus conexiones se diseñarán para poder soportar los esfuerzos resultantes de las acciones verticales y horizontales consideradas en el diseño de la cimentación y los que se presenten durante el proceso de transporte, izaje e hinca. Los pilotes deberán poder soportar estructuralmente la carga que corresponde a su capacidad de carga última con factor de resistencia unitario.

Por lo anterior se propone que la cimentación de la estructura del hospital sea de tipo profunda, utilizando pilas coladas en sitio, desplantadas en el estrato resistente, a una profundidad media de 23.00 m de profundidad (nivel 2226.00). Para proponer este tipo de cimentación se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Las características del edificio, el cual estará constituido por un semisótano y dos sótanos para estacionamiento, una planta baja y tres niveles superiores; estructurado a base de marcos con columnas y trabes metálicas, con claros de 14.40 m de longitud.
- b) Se revisó como una primera opción de cimentación el uso del cajón de estacionamiento, considerando la compensación de las cargas. De las cargas proporcionadas por el ingeniero estructurista el peso de la estructura es de 61,898.0 ton (sin factor de carga) equivalente a una presión al nivel de desplante del segundo sótano de 9.20 ton/m². Considerando que en el área de desplante de dicho sótano existirán diferentes alturas de excavación, como es el caso de la zona del edificio existente (7.40 m), la zona donde se encuentra la zanja abierta (7.40m) y

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

la zona de terreno natural (10.20m), se determinaron diferentes sobrecompensaciones, de -0.40 ton/m^2 , para la primera zona y de 4.10 ton/m^2 , para la última. Posteriormente, se determinaron las expansiones, encontrándose que la estructura sufrirá expansiones a largo plazo mayores a las permisibles por Reglamento de Construcciones de 30 cm, así como movimientos diferenciales muy fuertes. Por lo que se determinó desechar esta opción.

- c) La magnitud de las cargas al nivel de cimentación, las cuales de acuerdo con los datos que nos fueron proporcionados como resultado del análisis estructural, alcanzan valores de más de 2000.0 ton en las columnas centrales (factorizadas por 1.50), lo que limita el proponer como cimentación el propio cajón de los sótanos de estacionamiento, debido a que las contratrabes para rigidizar la losa de fondo, resultarían muy peraltadas.
- d) Las características del subsuelo descritas anteriormente y que fundamentalmente está formado por un estrato potente de arcilla de alta plasticidad, de consistencia muy blanda, de alta compresibilidad y baja resistencia al esfuerzo cortante, al que subyace un depósito de estratos intercalados de limos arenosos de consistencia dura con estratos de arenas limosas de compacidad muy densa, cuyo número de golpes (N) en la prueba de penetración estándar fue mayor a 50, hasta la máxima profundidad de exploración alcanzada con los sondeos, igual a 30.04 m.
- e) Los sótanos de estacionamiento se encuentran desplantados sobre el estrato potente de arcilla de consistencia muy blanda indicada en el inciso anterior, a 10.20 m de profundidad promedio, por lo que la estructura, de emplear el propio cajón de estacionamiento como cimentación estaría sobrecompensada y durante su vida útil sufriría

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

movimientos de expansión; considerando que en el área del edificio en proyecto comprendida entre los ejes C-D, se encuentran los pilotes de las construcciones existentes, estos limitarían la expansión uniforme del cajón de cimentación trabajando a tensión, lo que ocasionaría movimientos diferenciales y daños en dicho edificio. Empleando como cimentación las pilas, las cargas de la estructura se transmitirán a los estratos resistentes incompresibles, evitando que la estructura sufriera movimientos diferenciales y daños estructurales.

- f) Asimismo, se observa que las áreas del predio han estado sujetas a diferentes condiciones de carga, por lo que presentan diferentes condiciones de compresibilidad, como es el caso del área de la esquina sur-oriente del predio, donde se encuentra la excavación abierta de 55.0 m por lado y las áreas de las construcciones existentes que se encuentran piloteadas; por lo cual de considerarse el cajón del sótano como cimentación, tal como se comentó en el inciso anterior, el edificio sufrirá movimientos diferenciales que inducirán daños estructurales, lo que se puede evitar con el uso de pilas.

En el caso de la “Casa de máquinas”, la cual está proyectada con el nivel de piso a -1.90 m, se trata de una estructura ligera, aunque por el hundimiento regional, se tiene que dicha casa de maquinas tendrá un asentamiento del orden de 30 cm a 50cm en diez años, mientras que el edificio apoyado en pilas permanecerá sin movimiento alguno, por lo que se pueden tener problemas serios con las deformaciones diferenciales entre estas dos estructuras, por esta razón consideramos que la Casa de Maquinas debe apoyarse también en pilas desplantadas en la capa dura.

Dichas pilas se construirán bajo cada uno de los apoyos de las estructuras y transferirán las cargas al estrato resistente, evitando de esta

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

manera que se presenten movimientos diferenciales y garantizando el buen comportamiento futuro del edificio.

Cabe comentar que en la zona correspondiente entre los ejes C-D y 2-7, algunos de los apoyos del edificio en proyecto coinciden o se encuentran muy cercanos a los apoyos de la estructura metálica existente, por lo que los pilotes existentes interferirán con las pilas de cimentación del nuevo edificio; lo cual se verificará de acuerdo con el diseño estructural; es decir, una vez que el ingeniero estructurista determine, de acuerdo con las cargas correspondientes a cada apoyo, el número de pilas, su diámetro y la ubicación exacta de las mismas. En todo caso se deberá considerar ubicar las pilas de proyecto librando la interferencia con los pilotes existentes y la construcción de un dado de repartición de carga.

Considerando inicialmente que la construcción de la estructura de los sótanos podría efectuarse a cielo abierto entre taludes perimetrales, se llevaron a cabo los análisis correspondientes de estabilidad de taludes, resultando factores de seguridad de 0.80, 0.9 y de 1.1, para taludes con una inclinación horizontal a vertical de 1:1, 1.25:1 y 1.5:1, respectivamente; por lo que no es factible realizar el proceso constructivo de esta manera, aunque en algunas áreas existe el espacio suficiente para tender dichos taludes; sin embargo los volúmenes del material a remover y sus características harán que este proceso sea más lento e inadecuado, sobre todo al momento de restituir los volúmenes de arcilla, haciendo el proceso de compactación de difícil ejecución, debiendo también en este caso colocarse bombas adicionales que permitan trabajar en seco en el área externa a las edificaciones. Por tal motivo resulta necesario que las excavaciones se efectúen mediante el uso de un ademe o muro de contención.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Para el muro de contención hemos considerado dos alternativas, una que esté formado por una tablestaca prefabricada de concreto y la otra por un muro milán (tablestaca) colado en sitio, este muro de contención se colará en el perímetro del cajón del sótano de estacionamiento.

En los siguientes subcapítulos se describen los análisis geotécnicos realizados correspondientes al tipo de cimentación seleccionada, así como la revisión de la estabilidad de las excavaciones para la construcción de la estructura del cajón del sótano de estacionamiento.

Revisión del Estado Límite de Falla.

Capacidad de carga de pilas.

En el análisis de capacidad de carga admisible por punta de una pila individual, desplantada en el estrato resistente constituido por suelo de tipo friccionante, se empleó el criterio propuesto en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, definido por la siguiente expresión:

$$Q_a = A_p (P'v N_q * F_R + P_v)$$

Donde:

Q_a = Capacidad de carga admisible (ton/m^2).

A_p = Área de la punta (0.50 a 3.14 m^2).

$P'v$ = Presión efectiva al nivel de desplante ($9.96 \text{ ton}/\text{m}^2$).

P_v = Presión total al nivel de desplante ($26.96 \text{ ton}/\text{m}^2$).

F_R = Factor de resistencia (0.35).

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Nq^* = Coeficiente de capacidad de carga en función del ángulo de fricción interna definido por la siguiente expresión:

$$Nq^* = Nmín + Le \frac{Nmáx - Nmín}{4B \tan(45 + \phi/2)}$$

Cuando: $Le / B \leq 4 B \tan (45 + \Phi/2)$

Donde:

$Nmín$ y $Nmáx$ se obtuvieron de la tabla 3.3 de las Normas Técnicas citadas.

Le = Longitud de empotramiento de la pila en el estrato resistente (4.00 m).

B = Diámetro de la pila (80 a 200 cm).

Para tomar en cuenta el efecto de escala los valores de capacidad de carga obtenidos aplicando las expresiones indicadas, se corrigieron mediante el siguiente factor, definido para suelos friccionantes:

$$F_{re} = \left(\frac{B + 0.5}{2 B} \right)^n$$

De esta manera se determinó que para pilas de 0.80, 1.00, 1.20, 1.50, 1.80, 2.00 m de diámetro, desplantadas al nivel de 2226.00 m (con respecto a los niveles topográficos), cuyos resultados se indican en la siguiente tabla.

Calculo de fricción negativa.

Debido a que la zona de construcción está sujeta a hundimiento regional causada por la consolidación de los depósitos de arcilla asociada al

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

abatimiento de los niveles freáticos, la estructura sufrirá emersión aparente e inducirá fuerzas de arrastre que tienden a aumentar las cargas sobre las pilas de cimentación y reducirá la capacidad de carga de las mismas; estas fuerzas de arrastre, conocidas como fricción negativa, se calculó en función del esfuerzo efectivo actuante en el fuste de la pila de la siguiente manera:

$$FN = k_{\phi} P \int p_{oz} dz$$

En la que:

k_{ϕ} = Factor de reducción del esfuerzo efectivo igual a 0.33

$\int p_{oz} dz$ = Área bajo la curva del diagrama de esfuerzos efectivos.

P = Perímetro de la sección de la pila.

Aplicando la expresión señalada la fricción negativa resultó de 38.0, 48.0, 57.0, 71.0, 86.0 Y 95.0 Ton/pila, para pilas de 0.80, 1.00, 1.20, 1.50, 1.80, 2.00 m de diámetro, respectivamente.

En la siguiente tabla se presentan las capacidades de carga admisibles, considerando la reducción por fricción negativa.

Tabla de capacidades de carga admisible.

Diámetro de la pila (m)	Capacidad por punta (ton/pila)	FRICCIÓN NEGATIVA (ton/pila)	CAPACIDAD ADMISIBLE (ton/pila)
0.80	441.0	38.0	403.0
1.00	555.0	48.0	507.0
1.20	681.0	57.0	624.0
1.50	894.0	71.0	823.0
1.80	1134.0	86.0	1048.0
2.00	1310.0	95.0	1215.0

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

El ingeniero estructurista de acuerdo con las cargas propias de los edificios, escogerá el diámetro y número de pilas más adecuado para cada apoyo; asimismo, deberá verificar que se cumpla la siguiente relación:

$$\Sigma Q FC < R$$

Donde:

ΣQ = Suma de cargas actuante (ton).

FC = Factor de carga, 1.5 para condiciones estáticas y 1.1 para condiciones dinámicas.

R = Suma de las capacidades de carga del conjunto de pilas.

Revisión del Estado Límite de Servicio

Los movimientos verticales que sufrirán las pilas de la cimentación de los edificios, serán de tipo inmediatos, durante el proceso de construcción; debido a que las mismas se desplantarán en el estrato resistente de compacidad densa. Los movimientos esperados serán la suma de las deformaciones del suelo bajo la punta de la pila y las deformaciones de la propia pila, las cuales se pueden estimar con la siguiente relación:

$$S = \Sigma Q L / E_c A_p + 1.57 \Sigma Q (1 - \mu^2) / E_s \sqrt{A_p}$$

Donde:

S = Asentamiento inmediato, en cm.

ΣQ = Suma de cargas actuantes sobre la pila.

L = longitud de la pila (12.70 m).

E_c = Módulo de elasticidad del concreto de la pila (250 Kg/cm²).

A_p = Área de la sección transversal de la pila (0.50 a 3.14 m²)..

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

E_s = Módulo de elasticidad del estrato de apoyo (1000 Kg/cm^2)..

μ = Módulo de Poisson del estrato de apoyo (0.3).

Aplicando la expresión anterior considerando que la máxima carga aplicada a la pila corresponde al valor de la capacidad de carga, la magnitud del asentamiento es como máximo de 5.0 cm, valor que se considera aceptable, el cual ocurrirá durante el proceso de construcción de la estructura.

Expansiones debidas al alivio de esfuerzos del suelo por excavación

Para la evaluación de las expansiones elásticas máximas que ocurrirán al efectuar la excavación para alojar el cajón del sótano de estacionamiento, se empleó un programa de computadora denominado "MOVELAST" desarrollado por la empresa encargada en la mecánica de suelos, el cual utiliza el criterio de Steinbrenner, determinando el incremento de esfuerzos al punto medio de los estratos de suelo bajo el nivel de excavación, por medio del método de J. Damy y G. Casales, los módulos de elasticidad de los diferentes estratos fueron obtenidos de las pruebas de laboratorio. El cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{(\Delta p B) (1-\mu^2) l_w}{E}$$

En la cual:

δ = Deformación elástica del suelo (cm).

Δp = Decremento de esfuerzos en la masa del suelo debido a la excavación (2.20 kg/cm^2).

B = Ancho de la excavación (600 cm).

E = Módulo de Elasticidad del suelo (250 kg/cm^2).

l_w = Factor de forma de la excavación (2.10).

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

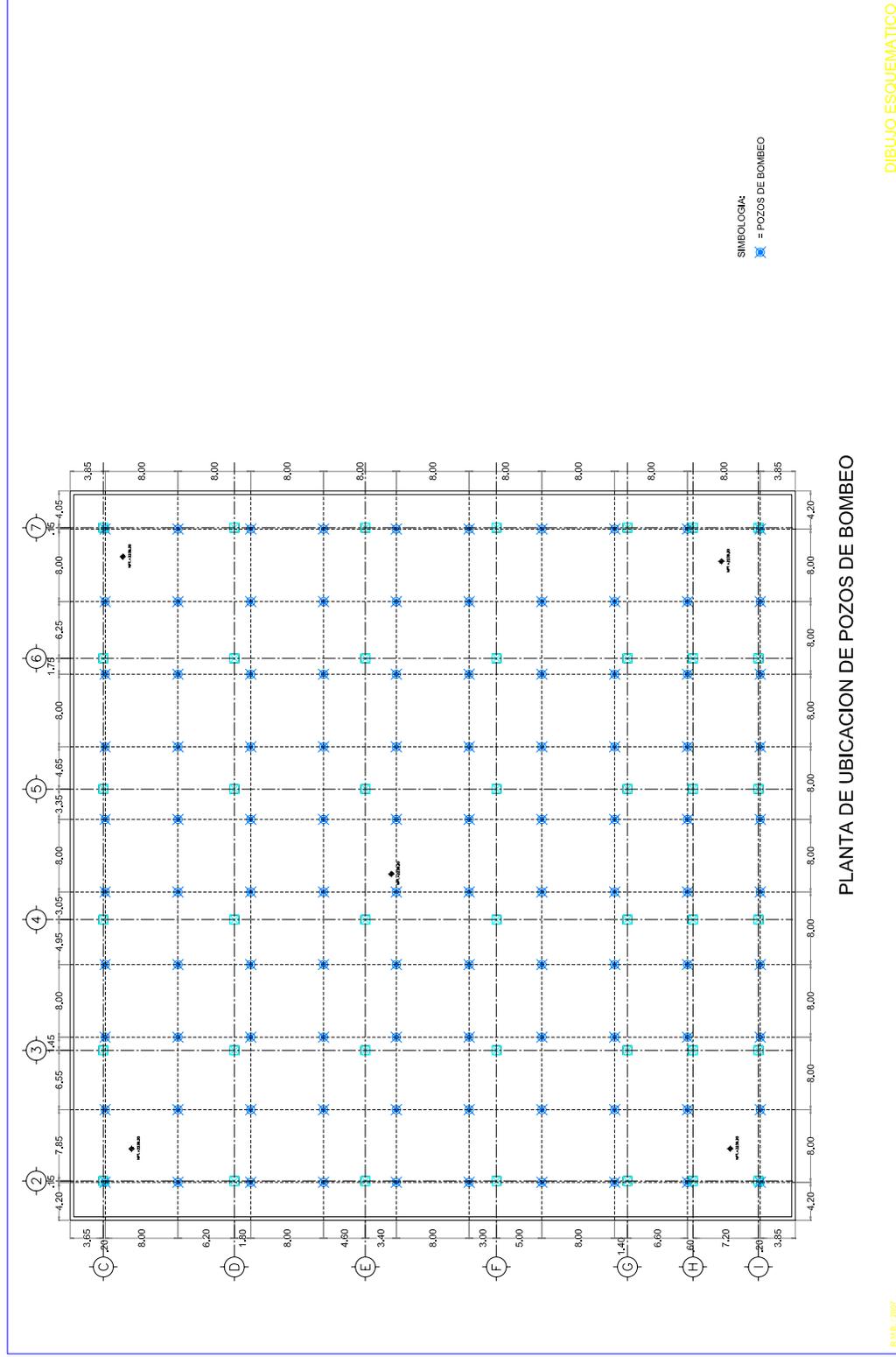
Con los datos calculados de la descarga que se presentará debido a la excavación considerando etapas con longitud de avance igual a 14.40 m, se prevé una expansión máxima de 13.0 cm al centro del terreno, los cuales se consideran aceptables, considerando que la cimentación de las estructuras será por medio de pilas apoyadas en el estrato resistente.

Instalación de Pozos de Bombeo

Para llevar a cabo las excavaciones y la construcción del cajón del sótano de estacionamiento, será necesario abatir el nivel de aguas freáticas, el cual se detectó a 3.00 m de profundidad (nivel 2245.60) durante los trabajos de exploración geotécnica y en las mediciones realizadas en los piezómetros instalados en el predio.

Estos pozos se ubicarán en número, separación y profundidad indicada en la figura, su ubicación será tal, que no interfiera con ningún elemento estructural, lo cual se deberá de ajustar en obra. Dicho abatimiento se realizará instalando pozos de bombeo.

En el capítulo correspondiente al proceso constructivo, se dan las recomendaciones para la instalación de los pozos de bombeo.



R.M.B. / 2007

DIBUJO ESQUEMATICO

PLANTA DE UBICACION DE POZOS DE BOMBEO

Falla por el Fondo

Se verifica la estabilidad ante la falla de fondo mediante el mecanismo propuesto por Skempton y atendiendo a las recomendaciones de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones del Distrito Federal, en el cual el factor de seguridad es directamente proporcional a la resistencia del suelo subyacente a la excavación y a un coeficiente de estabilidad, la cual se analiza a través de la siguiente ecuación:

$$\gamma_m * Df + QF_c < c N_c F_R$$

En la cual:

$\gamma_m * Df$ = Presión vertical a la profundidad de excavación (22.00 ton/m³).

Q = Sobrecarga en la superficie (1.50 ton/m²).

F_c = Factor de carga (1.40)

c = Cohesión del material (4.50 ton/m²).

N_c = Factor de Capacidad de Carga de Skempton.

F_R = Factor de resistencia (0.70)

El factor de capacidad de carga “N_c” está dado por la siguiente expresión:

$$N_c = 5.14 * \left(1 + 0.25 \left(\frac{Df}{B} \right) + 0.25 \frac{B}{L} \right)$$

En la que:

Df = Profundidad de desplante del muro de contención (m)

B = Ancho de la excavación (m)

L = Largo de la excavación (m)

Considerando que las excavaciones se realizarán a una profundidad máxima de 10.60 m, correspondiente a la zona sur poniente, contigua al “Eje

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

2”, tomando el nivel de terreno natural con elevación máxima igual a 2249.30 m y el nivel de piso terminado en la elevación 2239.20 m, con una losa de 45 cm de espesor y una plantilla de 5.0 cm de espesor; considerando además que las excavaciones se realizarán empleando “Muro Milán” como estructura de contención, el cual deberá construirse al nivel 2235 (ver planos estructurales), por lo que contará con una pata de 3.70 m de longitud, la falla por el fondo en el área de excavación únicamente puede presentarse entre la del desplante del muro y el estrato resistente, es decir en un espesor de 4.30 m, tal como se puede observar en el perfil stratigráfico longitudinal.

De acuerdo con lo señalado en la información anterior el factor de seguridad (FS) más desfavorable es de 1.20, valor que se estima aceptable, tomando en consideración el proceso constructivo propuesto en el siguiente capítulo, en donde se proponen etapas de excavación con anchos máximos de 14.40m.

Falla por efecto de Subpresión y Flotación

El fenómeno de falla por efecto de subpresión no se verificará en esta cimentación, toda vez que durante el proceso de excavación y construcción del cajón del estacionamiento, se llevará a cabo el abatimiento del nivel de aguas freáticas.

Asimismo, la magnitud de las descargas que actuarán a largo plazo debido al peso de las estructuras, será tal que impedirá que se presente el fenómeno de flotación. Sin embargo, durante el proceso constructivo del cajón pudiera llegarse a presentar dicho fenómeno, por lo que habrá que

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

garantizar que la presión que ejerza la losa de este cajón sea mayor a 7.0 ton/m², antes de suspender el sistema de bombeo.

Presiones actuantes sobre los muros del cajón del sótano

Para el diseño de los muros que integrarán al cajón de estacionamiento se deberán tomar en cuenta las presiones horizontales del terreno, incluyendo el empuje del suelo y las sobrecargas en la superficie.

Empuje Activo-redistribuido

La condición inicial de empuje a que estarán sometidos los muros de contención o muros milán durante la excavación y construcción, será la debido al empuje del suelo en estado activo- redistribuido, considerando que dichos muros estarán debidamente troquelados durante el proceso de excavación; asimismo al empuje debido a las sobrecargas correspondientes al peso de los equipos.

El diagrama de empuje activo sobre los elementos de contención se calculó empleando la teoría de Rankine, definida por la siguiente expresión:

$$P_a = (\sum \gamma h + q) K_a - 2 c k_a^{1/2} + u$$

Donde:

P_a = Presión horizontal activa, ton/m².

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

$\Sigma\gamma h$ = Sumatoria de la presión efectiva del suelo, obtenida a partir del producto de los pesos volumétricos por su espesor respectivo, ton/m².

q = Sobrecarga en la superficie, ton/m².

K_a = Coeficiente activo de tierras, $\tan^2 (45 - \phi/2)$, adimensional.

c = Cohesión del suelo, ton/m².

u = Presión hidrostática, ton/m².

El valor del empuje activo determinado por medio de la expresión anterior, se redistribuyó de acuerdo con la envolvente trapecial propuesta por K. Terzaghi y Peck.

Empuje Pasivo

Para evaluar los empujes pasivos que actuarán sobre la pata o empotramiento de los muros del sistema de contención se recurre a la expresión siguiente de la teoría de Rankine:

$$E_p = (\Sigma\gamma h + q) k_p + 2c k_p^{0.5} + u$$

En la cual:

E_p = Empuje de tierras pasivo (ton/m²).

$\Sigma\gamma h$ = Sumatoria de la presión efectiva del suelo (ton/m²).

q = Sobrecarga en la superficie (ton/m²).

K_p = Coeficiente de tierras pasivo.

u = Presión hidrostática (ton/m²).

Empuje en reposo

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Para evaluar la magnitud de los empujes de tierra actuantes sobre los muros del cajón se empleó la teoría de Rankine, considerando que el suelo a largo plazo alcanzará una condición de empuje en reposo, puesto que una vez terminada la construcción se restringirá el giro de estos elementos:

$$P_o = (\sum \gamma h + q) K_o + u$$

Donde:

P_o = Empuje de tierras en reposo (ton/m^2).

$\sum \gamma h$ = Sumatoria de la presión efectiva del suelo (ton/m^2).

q = Sobrecarga en la superficie (ton/m^2).

K_o = Coeficiente de tierras en reposo

u = Presión hidrostática (ton/m^2).

De esta manera, los muros que formarán parte del cajón de cimentación, serán diseñados con los empujes del suelo en la condición de reposo, puesto que no se espera que se presenten movimientos del suelo ni del muro.

Para tomar en cuenta las solicitaciones sísmicas, se determinó una componente horizontal expresada como el producto del peso de la masa deslizando por un coeficiente sísmico igual a 0.40, afectado por un factor de 1.50, para estructuras del "Grupo A".

Análisis de estabilidad de taludes

Para llevar a cabo la construcción del cajón del estacionamiento de la estructura, será necesario realizar las excavaciones empleando taludes laterales y de avance, de acuerdo con el procedimiento constructivo propuesto; por lo cual se llevaron a cabo los análisis correspondientes para determinar las condiciones de estabilidad de los mismos, considerando que dichos taludes serán temporales, durante el tiempo que dure el proceso de

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

construcción. Estos análisis se realizaron empleando un programa de computadora denominado "TIKAL", el cual utiliza el método Sueco, por medio de dovelas, el cual considera valida la ley de resistencia de Mohr - Coulomb a lo largo de la superficie circular de falla.

Este programa analiza todas las posibles fallas: local, en el cuerpo del talud, y general, ya sea por la base o por el pie; además considera el incremento del momento motor debido a las sobrecargas en la corona del talud, correspondiente al peso del edificio y del equipo de excavación.

El programa utiliza la siguiente expresión general:

$$F S = M_r / M_m.$$

Donde:

$F S$ = Factor de seguridad del talud.

M_r = Momento resistente.

M_m = Momento actuante o motor.

El momento resistente esta dado por la siguiente expresión:

$$M_r = (c_i L_i + W_i \cos \alpha_i \tan \phi) R$$

Y el momento motor por la expresión:

$$M_m = R (W \sin \alpha_i)$$

En las expresiones anteriores las literales indicadas significan lo siguiente:

c_i = Cohesión del material de la dovela i .

L_i = Longitud de la superficie de falla de la dovela i .

W_i = Peso de la dovela i .

ϕ_i = Ángulo de fricción interna.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

α_i = Ángulo de inclinación de la dovela i.

R. = Radio del círculo de falla.

De los análisis realizados se determinó que las etapas de excavación en ambos edificios podrán realizarse con talud de avance con una inclinación de 1.:1 (horizontal a vertical).

Los taludes tendrán un factor de seguridad (FS) del orden de 1.20, considerando que se conformarán con una altura de 7.4 m, efectuando la excavación preliminar (rasure) a la elevación 2247 m y que se ha realizado el abatimiento previo del nivel de aguas freáticas, según se indica en el proceso constructivo.

Cabe aclarar que en los cálculos de estabilidad de los taludes de avance, se empleó una sobrecarga de 2.00 ton/m² colocada a 3.0m de distancia del hombro del talud y una cohesión reducida como se indica en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones.

Resistencia de las pilas ante cargas horizontales

En el cálculo de la resistencia de pilas ante solicitaciones horizontales se empleó el programa conocido como "Allpile", el cual está basado en el método de las curvas "p-y" (carga- deformación) desarrollado por Reese. Para determinar la resistencia de las pilas, esfuerzo cortante y momento flexionante, se consideró una deflexión máxima de 1/2" en la cabeza de las pilas.

III. Excavación

El reglamento de construcción del distrito federal y sus Normas Técnicas Complementarias propone en el diseño de las excavaciones, a considerar lo siguiente.

Estados límite:

- a) De falla: colapso de los taludes o de las paredes de la excavación o del sistema de ademado, falla de los cimientos de las construcciones adyacentes y falla de fondo de la excavación por corte o por subpresión en estratos subyacentes, y colapso del techo de cavernas o galerías.
- b) De servicio: movimientos verticales y horizontales inmediatos y diferidos por descarga en el área de excavación y en los alrededores. Los valores esperados de tales movimientos deberán ser suficientemente reducidos para no causar daños a las construcciones e instalaciones adyacentes ni a los servicios públicos. Además, la recuperación por recarga no deberá ocasionar movimientos totales o diferenciales intolerables para las estructuras que se desplanten en el sitio.

Dado que las circunstancias geológicas del lugar pudieran dar pauta a problemas durante la etapa de excavación, se destinaron los recursos suficientes para obtener una idea clara de las características del suelo, recursos tanto económicos como de tiempo.

Para realizar la excavación, se podrán usar pozos de bombeo con objeto de reducir las filtraciones y mejorar la estabilidad. Sin embargo, la duración del bombeo deberá ser tan corta como sea posible y se tomarán

las precauciones necesarias para que sus efectos queden prácticamente circunscritos al área de trabajo. En este caso, para la evaluación de los estados límite de servicio a considerar en el diseño de la excavación, se tomará en cuenta los movimientos del terreno debidos al bombeo.

Los análisis de estabilidad se realizarán con base en las acciones aplicables señaladas en las Normas correspondientes, considerándose las sobrecargas que puedan actuar en la vía pública y otras zonas próximas a la excavación.

Taludes

La seguridad y estabilidad de excavaciones sin soporte se revisará tomando en cuenta la influencia de las condiciones de presión del agua en el subsuelo así como la profundidad de excavación, la inclinación de los taludes, el riesgo de agrietamiento en la proximidad de la corona y la presencia de grietas u otras discontinuidades. Se tomará en cuenta que la cohesión de los materiales arcillosos tiende a disminuir con el tiempo, en una proporción que puede alcanzar 30 por ciento en un plazo de un mes.

También se considerarán mecanismos de extrusión de estratos blandos confinados verticalmente por capas más resistentes. Al evaluar estos últimos mecanismos se tomará en cuenta que la resistencia de la arcilla puede alcanzar su valor residual correspondiente a grandes deformaciones. Se prestará especial atención a la estabilidad a largo plazo de excavaciones o cortes permanentes que se realicen en el predio de interés, especialmente en la zona I. Se tomarán las precauciones necesarias para que estos cortes no limiten las posibilidades de construcción en los predios vecinos, no presenten peligro de falla local o general ni puedan sufrir alteraciones en su geometría por intemperización y

erosión, que puedan afectar a la propia construcción, a las construcciones vecinas o a los servicios públicos.

Además del análisis de estabilidad, el estudio geotécnico deberá incluir en su caso una justificación detallada de las técnicas de estabilización y protección de los cortes propuestos y del procedimiento constructivo especificado en el capítulo siguiente.

Restricciones del movimiento del Tablestacado

Los empujes sobre muros de retención podrán considerarse de tipo activo solamente cuando haya posibilidad de deformación suficiente por flexión o giro alrededor de la base. En caso contrario y en particular cuando se trate de muros perimetrales de cimentación en contacto con rellenos, los empujes considerados deberán ser por lo menos los del suelo en estado de reposo más los debidos al equipo de compactación del relleno, a las estructuras colindantes y a otros factores que pudieran ser significativos.

En las edificaciones del Grupo A como este es el caso, deben hacerse nivelaciones durante la edificación y hasta que los movimientos diferidos se estabilicen, observando el comportamiento de las excavaciones y cimentaciones y prevenir daños a la propia edificación, a las edificaciones vecinas y a los servicios públicos como son ductos de agua líneas eléctricas y servicio de gas.

Excavación de zanjas

Construidos los brocales, se excavará el tramo de tablero correspondiente, conforme se vaya profundizando, la zanja se deberá ademar utilizando lodo bentonítico, manteniendo siempre su nivel a 50 cm por abajo del borde superior del brocal. Es importante que dicho nivel del lodo bentonítico se mantenga durante todo el proceso de excavación y colado, para evitar que las paredes se derrumben o presenten problemas de inestabilidad.

Para que el lodo estabilizador cumpla adecuadamente su función se requiere lo siguiente:

a) Forme una película impermeable en la frontera con el suelo, para lo cual deberá contener la suficiente cantidad de bentonita sódica, es decir el proporcionamiento adecuado de agua-bentonita, se recomienda tomar como base para la dosificación del lodo en un porcentaje de, entre el 5 y 6% en peso.

b) Que la suspensión de bentonita sódica en agua sea estable; es decir no deberá haber sedimentación de las partículas de bentonita.

c) Otras de las características importantes en la calidad del lodo y cuyas proporciones recomendadas son las siguientes:

- Viscosidad Plástica Entre 10 y 15 centipoises.
- Límite de fluencia Entre 5 y 25 lb/100 ft².
- Viscosidad Marsh 55 seg.
- Contenido de arena Máximo 3.5 %.
- Volumen de agua filtrada Máximo 25 cm³.

CAPÍTULO III. EXCAVACION

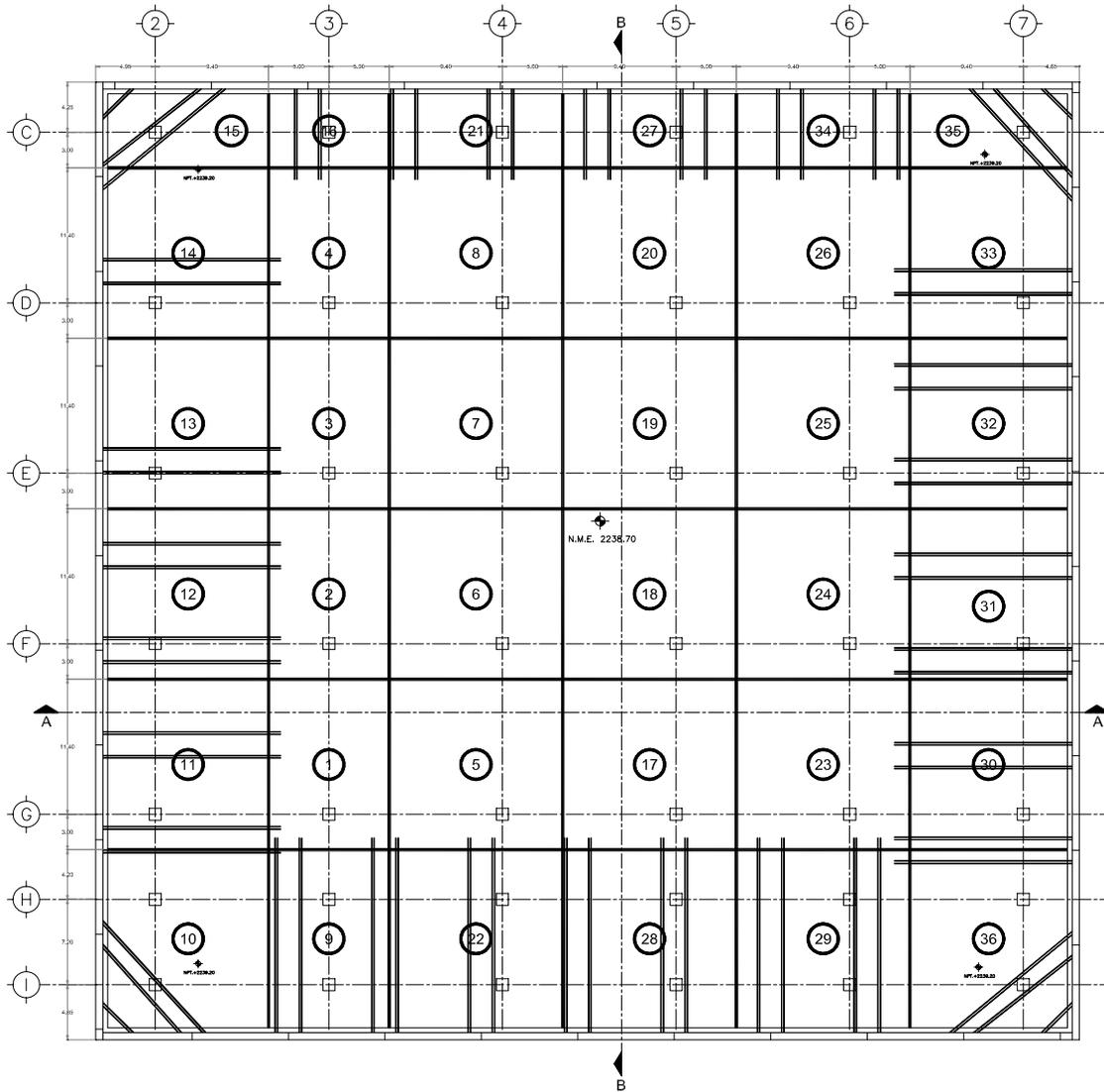
- Densidad Entre 1.03 y 1.07 gr/cm³.
- Espesor de la costra (CAKE) Entre 1.0 a 2.00 mm.
- P. H. Entre 7 y 10.

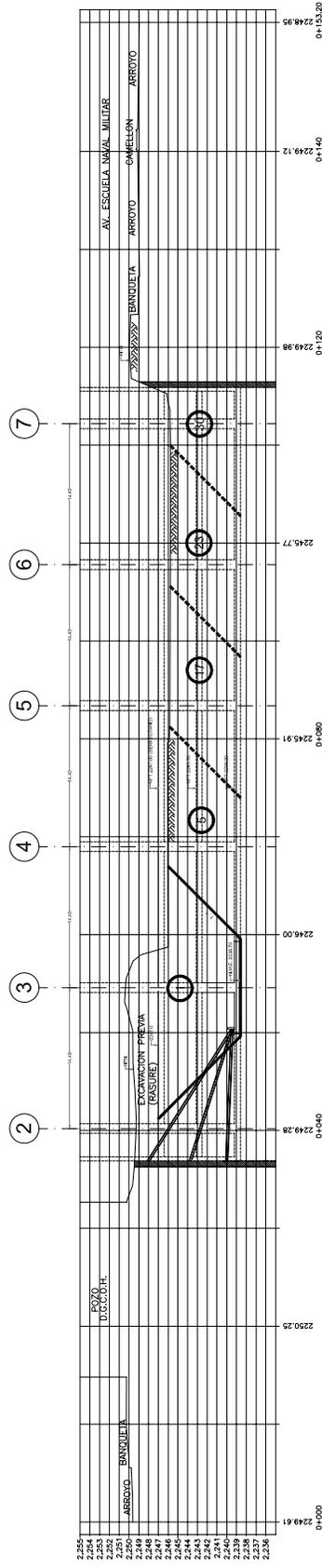
Todas las propiedades deberán controlarse en laboratorio para garantizar la estabilidad de la zanja y el buen colado de los muros milán.

El número de usos que se dé al lodo bentonítico estará limitado al cumplimiento de las propiedades antes mencionadas, por lo que cuando el lodo haya perdido estas propiedades, deberá desecharse, para utilizar un lodo nuevo.

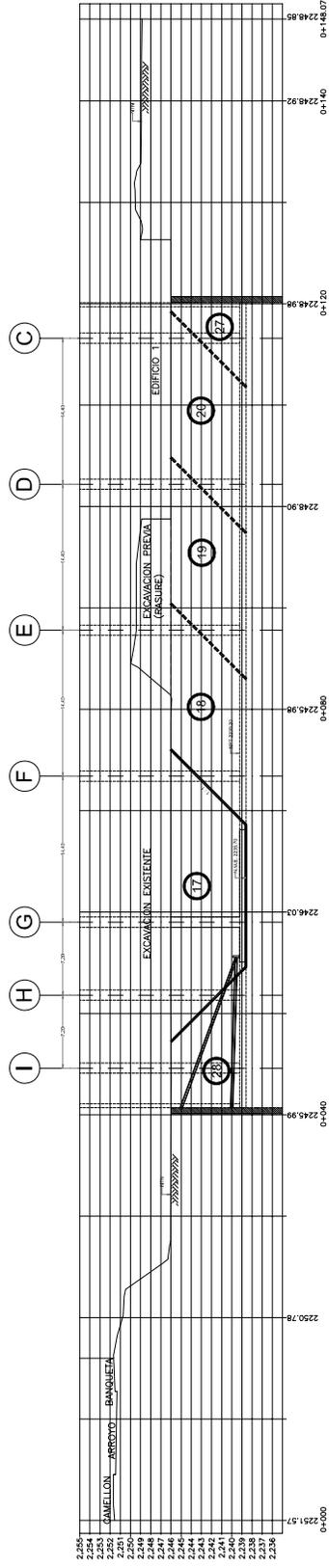
Se recomienda que la excavación de las zanjas se realice con equipo cuya herramienta de corte sea guiada, con el fin de que garantizar la verticalidad, alineamiento y estabilidad de las paredes de la zanja, así como un mejor acabado en los muros; durante el proceso de excavación la herramienta debe deslizarse con suavidad, sin golpes, hincarla sin dejar que choque o caiga libremente contra el lodo o contra las paredes de la zanja, para evitar desprendimientos o caídos, meterla y sacarla sin brusquedad para evitar efectos de émbolo.

CAPÍTULO III. EXCAVACION





CORTE A - A'



CORTE B - B'

Instalación del sistema de abatimiento del nivel de aguas freáticas.

Simultáneamente a la construcción del “Muro Milán”, podrá realizarse la instalación de los pozos del sistema de abatimiento del nivel de aguas freáticas, el cual estará constituido por pozos de bombeo profundo, que se ubicarán de acuerdo con lo que se indica en la figura referente a este tema en el capítulo anterior.

El pozo se perforará con máquina rotatoria, equipada con una broca del tipo cola de pescado, inyectando agua a presión como fluido de perforación, el diámetro de la misma será de 25 cm y su profundidad será la correspondiente a la elevación de 2235.00 m, respecto a los niveles topográficos.

Una vez alcanzada la profundidad especificada, se lavará la perforación con agua a presión, se considerará limpia hasta que el agua retorne libre de partículas, sin lodo o arena.

Antes de ademar la perforación, será necesario mantenerla llena de agua hasta rebosar, para evitar que sus paredes se cierren.

El ademe de los pozos será un tubo de PVC de 10 cm de diámetro, estará provisto por tres aletas de 1.00 m de longitud, colocadas en forma simétrica alrededor del tubo y en tres puntos equidistantes a lo largo del mismo. El diámetro circunscrito por las aletas debe ser aproximadamente igual al diámetro de la perforación, con el objeto de que el ademe quede centrado.

Los ademes se ranurarán en toda su longitud excepto 5.0 m en su extremo superior y 1.0 m en su extremo inferior, las ranuras serán de 3 mm de ancho; el porcentaje de área de filtración del tubo no será menor de 3 % ni mayor a 5 % del área perimetral del tubo.

El espacio anular comprendido entre el ademe y la pared de la perforación se rellenará en toda su longitud, con un filtro de arena gruesa de tamaños variables entre 0.5 y 1.0 cm. Para evitar que el filtro pase al interior del ademe, se deberá colocar una malla del número 8 alrededor del mismo.

En el interior del ademe, se instalará la bomba de eyector a una profundidad de 3.00 m bajo el nivel máximo de excavación.

Se deberá abatir el nivel de aguas freáticas durante 48 horas antes de iniciar la excavación, el bombeo deberá funcionar en forma continua durante las veinticuatro horas del día y se suspenderá en cuanto el peso de la estructura construida del edificio descargue sobre el terreno, una presión equivalente a 7.00 ton/m².

Se recomienda la instalación de tubos de observación, cuyo propósito será monitorear el abatimiento del nivel de aguas freáticas, lo cual deberá de hacerse a diario durante el proceso de inicio de bombeo y posteriormente por lo menos dos veces por semana durante todo el periodo de bombeo. Su ubicación se indica en la figura 14a.

Es importante que una vez suspendido el bombeo, se sellen las perforaciones en toda su longitud utilizando una mezcla de bentonita con la arcilla producto de las propias excavaciones.

Excavación preliminar (rasure).

Una vez concluida la construcción de los muros milán o en su caso concluido el hincado de los tableros del muro tablestaca, que funcionarán como estructura de contención, y terminada la construcción de las pilas, se procederá a realizar la excavación preliminar en toda el área que ocupará el

edificio. Dicha excavación, de acuerdo con el procedimiento constructivo propuesto, será a la elevación 2247.00 m.

El material producto de la excavación se deberá retirar inmediatamente del sitio, con el fin de facilitar las maniobras de los equipos de construcción, así como para evitar sobrecargas en la corona de los taludes que pudieran poner en riesgo sus condiciones de estabilidad.

Antes de iniciar la excavación de cualquier etapa se deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- a. Haber realizado el abatimiento del nivel de aguas freáticas durante ocho días previos, en todos los pozos comprendidos en el área de la etapa en cuestión y adicionalmente en aquellos pozos comprendidos en una distancia de 10 m de longitud, medida a partir del hombro del talud de avance. En todo caso se deberá verificar el abatimiento del nivel de aguas freáticas en el área de excavación, por medio de los pozos de observación instalados previamente. Es probable que debido a las capas de arena existentes en el subsuelo existan aportaciones de agua freática hacia las excavaciones; asimismo, en caso de que los trabajos se lleven a cabo durante la temporada de lluvias, se complementará el sistema de control del flujo de agua hacia las excavaciones por medio de bombeo de achique, conformando zanjas perimetrales a la excavación rellenas de grava limpia, las que reconocerán hacia un cárcamo, desde donde se bombearán al exterior.
- b. Contar al pie de la obra con el habilitado del acero de refuerzo correspondiente a la estructura del cajón por construir en la etapa en cuestión.

- c. Contar al pie de la obra con los elementos necesarios para el troquelamiento de los muros de contención.

Excavación de etapas interiores

La excavación de las etapas se efectuará conformando taludes con una inclinación de 1:1, horizontal a vertical, ver plano de cortes. Se realizará en forma continua utilizando equipo mecánico hasta alcanzar la profundidad correspondiente a 20 cm por arriba del nivel de desplante de la estructura; los últimos 20 cm se excavarán manualmente, con el objeto de evitar sobreexcavaciones y el remoldeo del terreno de apoyo; inmediatamente después se colará en el fondo una plantilla de concreto pobre ($f'c=100$ Kg/cm²) de 5.0 cm de espesor. El material producto de la excavación deberá retirarse del sitio de inmediato, esto con el fin de no sobrecargar los taludes y facilitar las labores constructivas de la estructura.

En aquellas etapas donde durante el proceso de excavación se encuentren los pilotes de cimentación de la estructura metálica construida con anterioridad en el predio, se procederá a realizar su demolición, asegurándonos que la distancia entre la cabeza del pilote y el nuevo elemento estructural sea de por lo menos 1.0m de espesor, de tal manera que no queden en contacto con dicha estructura.

A continuación se hará la excavación de las zanjas entre paredes verticales, se armará, cimbrará y se efectuará el colado de las contratrabes correspondientes al área de la etapa en cuestión. Simultáneamente a la construcción de las contratrabes se demolerá la cabeza de las pilas descubiertas por la excavación, para excavar las zanjas, colocar el armado la cimbra y llevar a cabo el colado de los dados de cimentación.

Al mismo tiempo podrá colocarse el armado y efectuar el colado de la losa de piso del último nivel de sótano; durante la colocación del armado de esta losa, deberá hacerse la liga estructural con el acero de refuerzo de las contratrabes y dados de las pilas de cimentación, de acuerdo con los detalles estructurales.

Posteriormente, se armará, cimbrará y colarán las columnas y trabes de la estructura del sótano y cuando estos alcancen su fraguado, se cimbrará armará y colarán las losas del sistema de piso, según lo especificado en los planos estructurales.

Es recomendable agregar al concreto de estos elementos, un aditivo acelerante de fraguado, con el fin de que los trabajos se realicen en el menor tiempo posible, evitando que los taludes se intempericen y presenten problemas de inestabilidad. Asimismo se recomienda que en el caso de que los taludes permanezcan expuestos por más de cuatro semanas, se protejan mediante un recubrimiento superficial, el cual puede ser mediante una capa de concreto lanzado reforzado con una malla electro soldada, o con un zampeado de mortero y tela de gallinero. Por otro lado en caso de que la construcción se realice durante la época de lluvia, se deberán proteger con plástico.



Excavación de etapas interiores



Excavación de etapas perimetrales

Excavación de etapas perimetrales

El proceso de excavación se realizará en forma continua utilizando equipo mecánico y sólo se interrumpirá temporalmente, al alcanzar la profundidad correspondiente a 30 cm por debajo de cada uno de los niveles de troquelamiento, para proceder a su colocación. De esta manera se irá alternando la excavación con el troquelamiento hasta alcanzar la profundidad correspondiente a 20 cm por arriba del nivel de desplante de la estructura; los últimos 20 cm se excavarán manualmente, con el objeto de evitar sobreexcavaciones y el remoldeo del terreno de apoyo; inmediatamente después se colará en el fondo una plantilla de concreto pobre ($f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$) de 5.0 cm de espesor.

Por ningún motivo se permitirá profundizar la excavación para la instalación del siguiente nivel de troquelamiento, si falta alguno de los troqueles del nivel anterior. En general todos los troqueles deberán quedar perfectamente acuñados contra los muros de contención, con el fin de evitar riesgos de inestabilidad.

El número y niveles de troqueles, los detalles de fijación de estos elementos de la estructura de contención, las características de los mismos y su posición exacta, se consultarán en los planos estructurales correspondientes.

El proceso de excavación en las etapas se efectuara conformando taludes de avance de 1:1, horizontal a vertical; las excavaciones se realizarán en forma continua hasta 30 cm por debajo de cada uno de los niveles de troqueles y sólo se interrumpirá el proceso el tiempo necesario para su colocación. Los niveles de troqueles se verificarán en los planos del proyecto estructural

CAPÍTULO III. EXCAVACION

Por ningún motivo se profundizará la excavación para alcanzar el siguiente nivel de troquelamiento, si en el anterior no se cuenta con la totalidad de los elementos del sistema de contención.

De la manera anteriormente descrita se alcanzará la profundidad de excavación correspondiente a 20 cm por arriba del nivel de desplante de la estructura; los últimos 20 cm se excavarán manualmente, con el objeto de evitar sobreexcavaciones y el remoldeo del terreno de apoyo, inmediatamente después se colará en el fondo una plantilla de concreto pobre ($f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$) de 5.0 cm de espesor. La construcción del resto de la estructura se efectuará siguiendo las indicaciones dadas en el siguiente capítulo de esta tesis.





En la figuras podemos observar el proceso de excavación ya explicado en este mismo capitulo, como vemos, los operadores de la maquinaria tienen que maniobrar con mucho cuidado, ya que se encuentra la cimentación existente.

Al construir una estructura sobre cualquier tipo de suelo es necesario conocer las características y condiciones del mismo. En el capítulo anterior se describieron los estudios realizados de la zona en cuestión, a partir de ellos se desarrolló el programa de trabajo más conveniente para el proyecto, tratando de no alterar en lo posible las condiciones naturales en las que se encuentra el material, ya que de lo contrario no se puede garantizar un comportamiento adecuado.



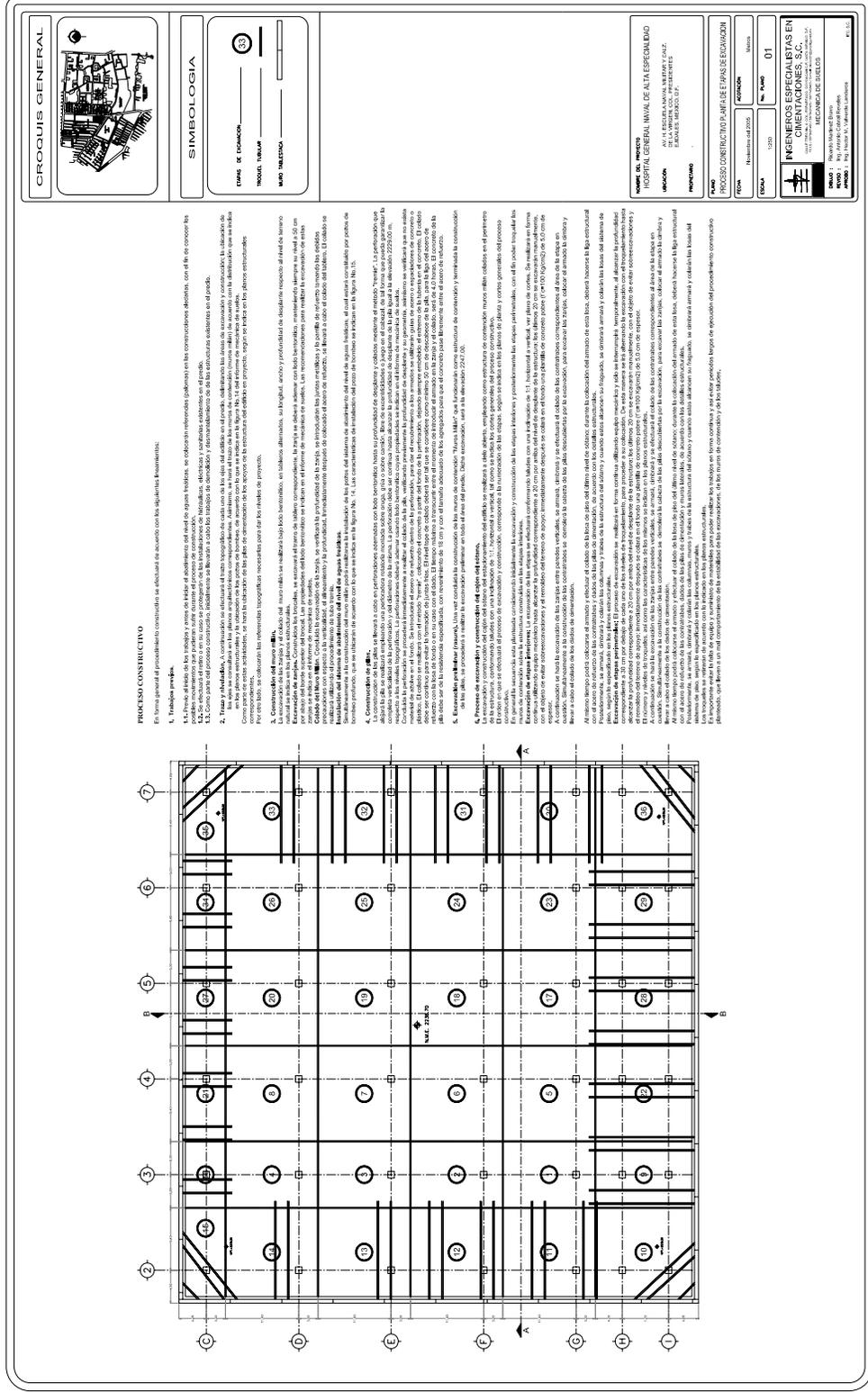
IV. Procedimiento constructivo de la cimentación.

En este capítulo hablaremos acerca del proceso constructivo de la cimentación, donde se conjunta con la excavación y la mecánica de suelos de capítulos anteriores, ya que todo va ligado de acuerdo al siguiente proceso constructivo, el proceso estima la mecánica de suelos, donde vemos las características del suelo y sus propiedades y con esto podemos ver que cada uno de los procedimientos constructivos de la cimentación es diferente. Con todo esto, vemos que van ligados entre si o que tienen que hacerse en forma simultanea, todo esto de acuerdo a los estudios realizados y mencionados anteriormente.

El procedimiento constructivo de la cimentación consiste en forma general, en realizar las excavaciones y la construcción del cajón del sótano de estacionamiento, a cielo abierto y desde luego, por etapas. Teniendo como estructura de contención un “muro Milán” colado en sitio bajo lodo bentonítico en todo el perímetro del predio del área del edificio o en su caso un muro tablestaca hincado.

La secuencia está planteada considerando inicialmente la excavación y construcción de las etapas interiores y posteriormente las etapas perimetrales, con el fin de poder troquelar los muros de contención sobre la estructura construida en las etapas interiores.

En figura se muestra el seguimiento del proceso constructivo de la cimentación, esta planeado hacer por etapas.



CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Muro milan

El “Muro Milán” debe estar diseñado para formar parte integral de la estructura del sótano de estacionamiento o sólo como muro de contención durante el proceso de excavación y construcción.

La distribución de los tableros del “Muro Milán” en el perímetro del área de construcción, su longitud, así como los niveles de desplante y remate de los mismos, se consultarán en los planos estructurales correspondientes.

En forma general el procedimiento esta efectuado de acuerdo con la siguiente secuencia:

1. Trabajos previos.
2. Trazo y nivelación.
3. Construcción del “Muro Milán”.
4. Instalación del sistema de abatimiento del nivel de aguas freáticas.
5. Construcción de pilas.
6. Excavación preliminar (rasure).
7. Proceso de excavación y construcción de la estructura de los sótanos.
8. Proceso constructivo de la rampa de acceso de sección circular.
9. Proceso constructivo de la rampa de sección rectangular.
10. Proceso de excavación y construcción del cajón de la casa de máquinas.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

TRABAJOS PREVIOS.

Para que la construcción de la cimentación tenga el menor contratiempo posible debemos de tener en cuenta los siguientes puntos.

- Se efectuará el retiro o en su caso la protección de las instalaciones hidráulicas, eléctricas, sanitarias existentes en el predio, así como demoler la losa de cimentación, los pilotes y el escombro de la cimentación ya existente.



Trabajos previos

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



Desmante del armado de la cimentación



Reconocimiento del terreno de la estructura a utilizar

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

- Previo al inicio de los trabajos y antes de iniciar el abatimiento del nivel de aguas freáticas, sé recomendó, dada la profundidad de excavación para la construcción del cajón del sótano de estacionamiento, instalar referencias (palomas) en las construcciones aledañas y en las banquetas de las avenidas colindantes al predio, con el fin de conocer los posibles movimientos que pudieran sufrir durante el proceso de construcción. Las referencias de las construcciones se colocaron en los muros a 1.50 m de altura con respecto al nivel de banqueta.

Se tomaron cuando menos dos nivelaciones previas al inicio de los trabajos, una nivelación semanal durante el proceso de excavación y construcción y finalmente una nivelación mensual durante los seis meses posteriores que estuvo detenida la obra. Esta frecuencia de lecturas podrá modificarse a juicio de la supervisión, dependiendo de la magnitud de los movimientos medidos. Las nivelaciones tuvieron como referencia un banco de nivel superficial alejado del área de construcción.

- Como parte del proceso constructivo inicialmente se llevaron a cabo los trabajos de desmantelamiento de las estructuras existentes en el predio que interfieren con la construcción del edificio del hospital.

El material producto del desmantelamiento de las estructuras, se retiró inmediatamente del área del predio, con el fin de facilitar las maniobras de los equipos de trabajo y evitar sobrecargas en los taludes que se conformarán durante las excavaciones posteriores. Adicionalmente, se recomendó retirar el material de relleno y la basura que se encuentran en algunas zonas del predio.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



Deshabilitado de la cimentación anterior

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

TRAZO Y NIVELACIÓN

A continuación sé efectuó el trazo de cada uno de los ejes de los edificios en el predio, delimitando las áreas de excavación y construcción; la ubicación de los ejes se consultará en los planos arquitectónicos correspondientes. Asimismo, se hizo el trazo de los siguientes elementos:

- a) Tableros de los muros de contención (muros milán o tablestacas) en el perímetro del área del sótano de estacionamiento, de acuerdo con la distribución que señalan los planos estructurales.
- b) Ubicación de los pozos de bombeo, de acuerdo con lo que se indica en la figura del capítulo referente a la mecánica de suelos.
- c) Ubicación de cada una de las pilas de cimentación en los apoyos de la estructura, según se indica en los planos estructurales correspondientes a este capítulo.

Al efectuar el trazo de los elementos señalados, se colocaron las referencias necesarias en el sitio para su identificación.

Por otro lado, se colocaron las referencias correspondientes para dar los niveles de proyecto de las estructuras, de acuerdo con los niveles topográficos.

En el desarrollo de esta actividad, fue necesario hacer revisiones constantes para tomar en cuenta cualquier discrepancia entre las características del suelo que puedan encontrarse a esa profundidad y de esta forma, poder tomar las medidas precisas para que en la superficie de apoyo, donde estará la cimentación, no se presenten alteraciones, durante o posteriores a la construcción y de ser necesario, se hagan los ajustes correspondientes para así asegurar una buena construcción.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Construcción del muro milán.

La excavación de las zanjas y el colado del muro milán se realiza bajo lodo bentonítico, en tableros alternados, es decir no se puede excavar tableros contiguos en forma simultánea; su longitud, ancho y profundidad de desplante respecto al nivel de terreno natural se indica en los planos estructurales; el procedimiento de como se efectuaron estos trabajos se indica a continuación:

Construcción de brocales. Una vez realizado el trazo de los tableros del muro milán en el perímetro del predio, se llevo a cabo su construcción. Estos brocales tienen la función de retener los rellenos superficiales y como guía a las herramientas de excavación de las zanjas de colado de los “Muros Milán”; son elementos o piezas en forma de ángulo recto colados en el lugar, de concreto reforzado, formados por un alero (rama horizontal) que se cuela en la superficie y un faldón (rama vertical) que se cuela en las paredes de la zanja excavada previamente para este fin.

La geometría y características del concreto a utilizar, así como el detalle del acero de refuerzo de los brocales, se consulta en los planos dados a continuación.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Colado del “Muro Milan”

Concluida la excavación de la zanja se hace la limpieza del azolve depositado en el fondo, se verifica la profundidad de la zanja, se introduce las juntas metálicas y la parrilla de refuerzo tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad. Se cuida la posición del acero para garantizar el recubrimiento del muro. En el armado de refuerzo, se dejan las preparaciones necesarias para realizar la liga estructural con la losa del cajón del sótano de estacionamiento.

Inmediatamente después de colocado el acero de refuerzo, se lleva a cabo el colado del tablero. El tiempo máximo a transcurrido entre el momento de introducir el armado en la zanja y el colado, es de 4.0 horas, pues tiempos mayores reducen la adherencia concreto acero. El colado se realiza utilizando el procedimiento de tubo tremie, el cual consiste el uso de trompas de colado y tolvas donde se descarga el concreto desde las ollas revolventoras. El concreto es lo suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente en todo el tablero, conforme el concreto fluya el lodo se ira desplazando hacia la superficie. El concreto no debe ser vaciado de golpe dentro de la tolva para lograr un flujo suave y continuo.

Es conveniente verificar durante el colado el volumen de concreto que entra en el tablero y el volumen de lodo que desplaza y compararlos con los volúmenes calculados de acuerdo con la geometría del tablero.

Las dimensiones de los tableros, su armado y las características del concreto a utilizado, dependen del diseño estructural correspondiente.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



En caso de que el muro de contención sea con el uso de tablestacas, el procedimiento de hincado de los tableros, se realizo de acuerdo con lo que indico el constructor.

Durante el proyecto, haciendo un balance, el proyectista determino que en lugar de meter muro Milán se pusiera para el muro de contención, tablestacado de acero, ya que, se determino que seria factible en cuestión de la durabilidad y sobre todo el costo. Con este cambio no se tuvo contratiempos pues esto se determino mientras la obra estuvo parada por los problemas ambiéntales dichos en el capitulo I.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

A partir de esta etapa, la cantidad de trabajadores aumentó considerablemente, ya que las actividades que veremos en el capítulo referente a programa de obra, se incrementaron con el avance. En las etapas anteriores a ésta, sólo se requirió del personal que operaba la maquinaria, los camiones, jardinería y topografía entre otros.

Una vez tomadas las medidas de seguridad para la estabilidad de la excavación del terreno y con el frente al nivel requerido, se procedió a ubicar los lugares en donde quedarían desplantadas cada una de las zapatas, por medio de un levantamiento topográfico y conforme a lo indicado en los planos de cimentación.

La brigada de topógrafos indicó el lugar en donde se situarán cada una de las zapatas y marcaron en el terreno para indicar al operador de la máquina la zona a excavar.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

En las siguientes figuras podemos ver el habilitado del muro perimetral que servirá para retener la caída de taludes y ablandamiento del terreno, y con esto no afectar a las estructuras aledañas.



CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Construcción de pilas.

La construcción de las pilas de cimentación son los apoyos de los marcos de la estructura, se llevo a cabo en perforaciones profundas ademadas con lodo bentonítico hasta su profundidad de desplante y coladas mediante el método “tremie”, de acuerdo con lo siguiente:

- a) Trabajos previos. Previo al inicio de la construcción de las pilas, se realizó la ubicación topográfica de cada una de las pilas de cimentación correspondientes. Se tuvo presente que en el área del edificio del hospital comprendida entre los ejes C-D y 2-7, se encuentran los pilotes de la estructura metálica del edificio construido con anterioridad en el predio.
- b) Se contó en el sitio con el habilitado del armado de refuerzo de la pila por construir, con el fin de que la perforación permanezca abierta el menor tiempo posible, para evitar los problemas de caídos de las paredes de la perforación.
- c) Perforación. La perforación que aloja la pila se realizó empleando una perforadora rotatoria montada sobre oruga, grúa o sobre camión, libre de excentricidades o juego en el cabezal, de tal forma que pueda garantizar la completa verticalidad de la perforación y del diámetro de la misma. La perforación fue continua hasta alcanzar la profundidad de desplante de la pila igual a la elevación 2229.00 m, respecto a los niveles topográficos.
- d) Ademado de la perforación: Para estabilizar las paredes de la perforación se usó lodo bentonítico en toda la profundidad, el cual se prepara con las características indicadas para estabilizar las zanjas de los muros milán.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

- e) Colado de la pila. Concluida la perforación, inmediatamente se realizó el colado de la pila, verificando previamente la profundidad de desplante y su geometría, asimismo se verificó que no exista material de azolve en el fondo.

Se introdujo el acero de refuerzo dentro de la perforación, para dar el recubrimiento a los armados, se utilizó guías de acero o espaciadores de concreto o plástico. El colado se realizó con el método “tremie”, colocando el concreto a partir del fondo de la perforación, dejando siempre embebido el extremo de la tubería en el concreto. El colado debe ser continuo para evitar la formación de juntas frías. El nivel tope de colado debe ser tal que se considere como mínimo 50 cm de descabece de la pila, para la liga del acero de refuerzo con la losa de fondo o en este caso con el dado.

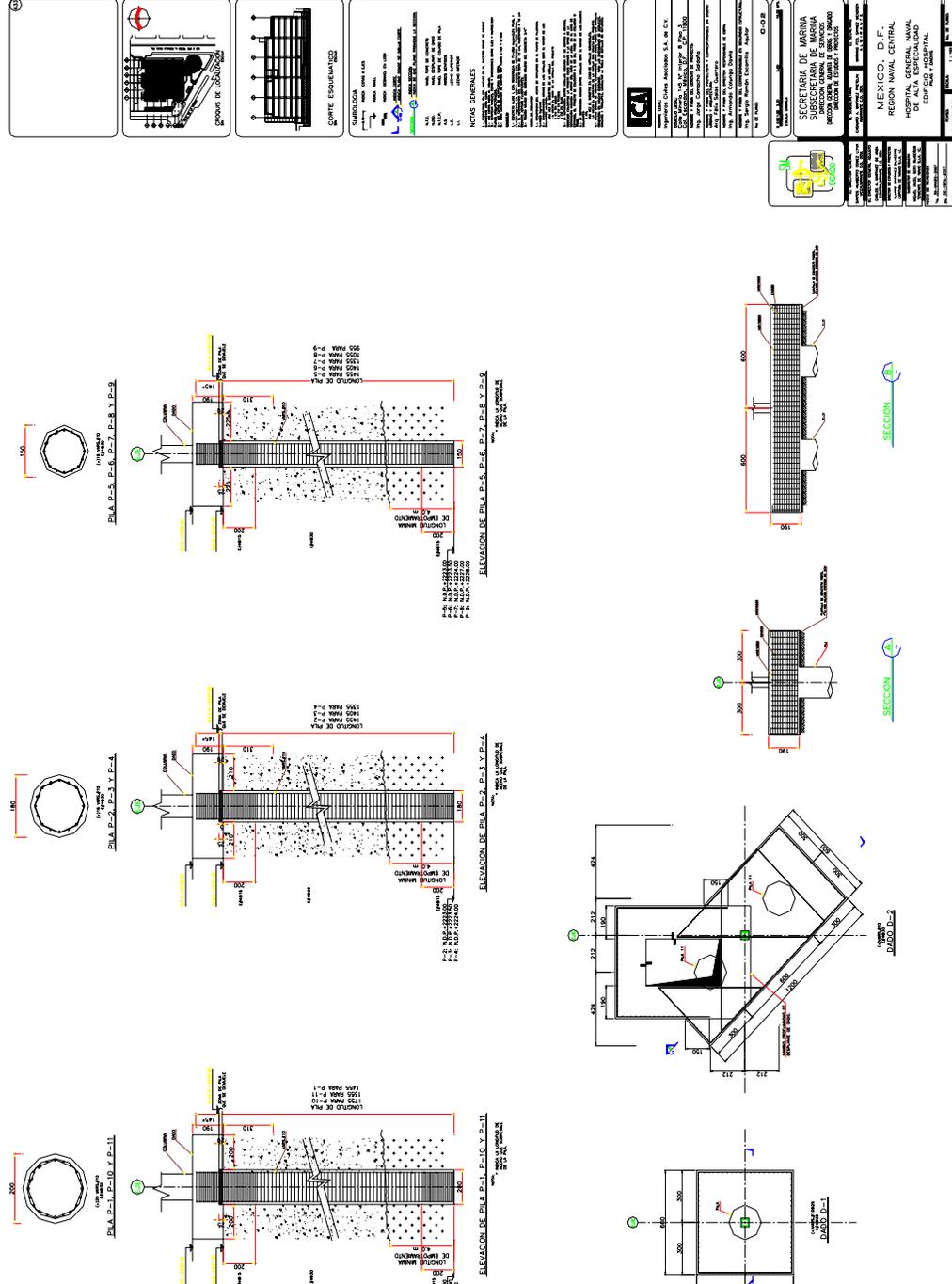
- f) El tiempo máximo a transcurrir entre el momento de introducir el armado en la zanja y el colado, fue de 4.0 horas.
- g) Concreto: El concreto de la pila debe ser de la resistencia especificada por el calculista, con revenimiento de 18 cm y con el tamaño adecuado de los agregados para que el concreto pase libremente entre el acero de refuerzo.

Finalmente, con el fin de evitar problemas de inestabilidad en las paredes de las perforaciones entre el nivel de la cabeza de colado de la pila y el nivel de terreno natural, durante el movimiento del equipo de excavación para la construcción del cajón del sótano de estacionamiento, así como evitar algún accidente del personal, se relleno la perforación con grava o empleando el material producto de la demolición de las estructuras existentes en el predio; o en su caso colocando en el brocal de la

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

perforación una placa metálica con un diámetro equivalente al doble de la perforación.

En el siguiente esquema podemos ver el armado de los dados y pilas así como un reporte fotográfico del hincado y colado.



Acero y Concreto en Trabes y Contr trabes

El material utilizado como cimbra en el colado de las zapatas es madera, la cual consiste en polines y hojas de triplay de 1.80 m de largo por 1.50 m de ancho aproximadamente.

El proceso de cimbrado consiste, antes que nada, en cubrir la superficie de la madera, que estará en contacto con el concreto, con un desmoldante para evitar que se adhieran entre sí, las hojas y los polines se miden directamente en la caja o zanja de cimentación para hacer el molde a la medida necesaria. Los polines son cortados con serrucho, al igual que las hojas de triplay, después se colocan los polines y las hojas de manera que formen el molde de la zapata y son sujetados entre sí mediante clavos.

Se debe tener cuidado de que la madera tenga la distancia necesaria con el acero de refuerzo para cumplir con el recubrimiento mínimo. Para evitar que al momento de que se vierta la mezcla de concreto en el molde de madera se colapse por la presión que éste ejerza, se utilizan trozos de madera, varillas y rocas para contener dichos empujes, estos materiales se colocan en la parte exterior del molde en forma de escuadra, clavados en el terreno o simplemente apoyándose sobre la cimbra, esto le proporciona resistencia mientras se realiza el colado.

Después del colado y el fraguado de la mezcla, el molde es desarmado con precaución de no maltratar la madera; esto se debe a que dicho material se reutiliza para elaborar la cimbra de otra zapata, en caso de que se encuentre la madera en condiciones aceptables para su uso, de lo contrario es destinada para otra actividad o desechada.

El procedimiento de colado de las zapatas se realiza en dos etapas: Cuerpo de la zapata y dado de la zapata.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Una vez cimbrada la primera etapa, se procede a limpiar la superficie donde se depositará el concreto, ya que de existir agentes externos (materia orgánica, basura u otros) se pueden producir alteraciones en la mezcla, reduciendo la calidad o la resistencia del producto y con ello no se cumplirían las condiciones requeridas para la obra.



Armado de los dados de las zapatas

Antes de que el camión revolvedor comience a vaciar el concreto y se ponga en la bomba, se toman muestras de la mezcla en cilindros de acero para posteriormente probarlos en el laboratorio y comprobar que la resistencia sea la indicada.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

La prueba previa al colado de las zapatas es la prueba de revenimiento, que consiste en tomar una muestra de concreto hasta llenar un cono de acero (el llenado se hace en tres capas, asegurándose de que no quede aire atrapado en cada una de ellas), después se retira el molde y se mide la longitud vertical que la mezcla descendió por efecto de la gravedad con respecto a la altura del cono.

El revenimiento que se solicita para este tipo de elementos, de acuerdo a las especificaciones de diseño, es aproximadamente de 14 a 16 cm, valor nominal para un concreto de tipo 1, con una tolerancia de acuerdo a lo indicado en NMX C-155 de ± 3.5 cm para concretos de uso estructural en el Distrito Federal.



CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



Armado de zapatas y retiro de la cimentación existente



Colado por etapas del cajón la losa de cimentación

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN



Bombeo y colocación de concreto



CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Proceso de excavación y construcción del cajón de los sótanos

La excavación y construcción del cajón del sótano del estacionamiento de los edificios se realizó a cielo abierto, empleando como estructura de contención “Tablestacas” colados en el perímetro de La estructura, o tablestacas hincadas, conformando taludes con una inclinación de 1:1, horizontal a vertical, tal como se indica en los planos de planta y cortes generales antes mostrados.

El orden en que se efectuó el proceso de excavación y construcción, corresponde a la numeración de las etapas, según se indica en los planos de planta y cortes generales del proceso constructivo mostrados. En general la secuencia esta planteada considerando inicialmente la excavación y construcción de las etapas interiores y posteriormente las etapas perimetrales, con el fin poder troquelar los muros de contención sobre la estructura construida en las etapas interiores.

A continuación se hizo la excavación de las zanjas entre paredes verticales, se armo, cimbro y se efectuó el colado de las contratrabes correspondientes al área de la etapa en cuestión. Simultáneamente a la construcción de las contratrabes se demolió la cabeza de las pilas descubiertas por la excavación, para excavar las zanjas, colocando el armado de la cimbra y se llevó a cabo el colado de los dados de cimentación ya explicados anteriormente.

Al mismo tiempo se puso el armado y se efectuó el colado de la losa de piso del último nivel de sótano; durante la colocación del armado de esta losa, se hizo la liga estructural con el acero de refuerzo de las contratrabes, dados de las pilas de cimentación y muros laterales, de acuerdo con los detalles estructurales.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Posteriormente, se amarró, cimbro y se colocaron las columnas, muros y trabes de la estructura del sótano y cuando estos alcanzaron su fraguado, se cimbro, armo y colocaron las losas del sistema de piso, según lo especificado en los planos estructurales.

Los troqueles se retiraron cuando los muros y losas de piso de los sótanos alcanzaron cuando menos el 75% de su resistencia y de acuerdo con lo indicado en los planos estructurales.

Fue importante evitar la falta de equipo y suministro de materiales para que se pudieran realizar los trabajos en forma continua y así evitar períodos largos de ejecución del procedimiento constructivo planteado, que lleven a un mal comportamiento de la estabilidad de las excavaciones, de los muros de contención y de los taludes.



Colado central de la losa

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

A partir de esta etapa no podremos documentar más, puesto que por el retraso de la obra, no estamos en tiempo para mostrar las etapas posteriores.

A continuación daremos una breve explicación de las etapas restantes y así poder empezar con la estructura de este hospital:

Proceso de excavación y construcción de la rampa de acceso de sección circular

La construcción de la estructura de rampa de acceso de sección circular, localizada en la zona sur-oriente del edificio del hospital, se efectuará una vez concluida la construcción de la estructura de los sótanos de estacionamiento.

El proceso de excavación y construcción de esta estructura, se efectuará por etapas, a cielo abierto, entre una estructura de contención formada por muro milán colados en el sitio, o constituida por tablestacas prefabricadas hincadas. Esta estructura de contención es necesaria debido a que el desarrollo de los taludes afectaría las vialidades, principalmente la correspondiente a la Av. H. Escuela Naval Militar.

Los trabajos se iniciarán con la construcción de las pilas de cimentación, posteriormente la instalación de los pozos para el abatimiento del nivel de aguas freáticas y a continuación la construcción de los muros milán, estas actividades se realizarán de acuerdo con lo indicado en los capítulos anteriores.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Como se indica en el plano de la ubicación del muro de contención, las etapas de excavación y construcción, así como la propuesta del troquelamiento. Tal como se observa en dicha figura, se propone iniciar el proceso con las excavaciones y la construcción de la parte central (etapa "A") de la rampa de acceso constituida por la losa de fondo, columnas y los muros que definen el "cilindro" central de la misma, para posteriormente llevar a cabo las excavaciones y la construcción de las etapas laterales (etapas "B" y "C"), de esta manera los muro de contención se podrán troquelar sobre la estructura previamente construida de dicha etapa central "A", tal como se indica en los cortes C-C y D-D, del plano antes citado.

Previo al inicio de las excavaciones será necesario abatir el nivel de aguas freáticas en todos los pozos instalados durante un tiempo mínimo de ocho días.

La etapa central se excavará entre taludes perimetrales con una inclinación de 1:1, horizontal a vertical. Las excavaciones se efectuarán en forma continua hasta alcanzará la profundidad de excavación correspondiente a 20 cm por arriba del nivel de desplante de la estructura; los últimos 20 cm se excavarán manualmente, con el objeto de evitar sobreexcavaciones y el remoldeo del terreno de apoyo; en cuanto se alcance el fondo se colará una plantilla de concreto pobre ($f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$) de 5.0 cm de espesor.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

A continuación se hará la excavación de las zanjas entre paredes verticales, se armará, cimbrará y se efectuará el colado según el caso de las contratrabes correspondientes. Simultáneamente a la construcción de las contratrabes se demolerá la cabeza de las pilas descubiertas por la excavación, para excavar las zanjas, colocar el armado la cimbra y llevar a cabo el colado de los dados de cimentación.

Al mismo tiempo podrá colocarse el armado y efectuar el colado de la losa de fondo correspondiente a esta etapa; durante la colocación del armado de esta losa, deberá hacerse la liga estructural con el acero de refuerzo de las contratrabes, dados de las pilas de cimentación y muros, de acuerdo con los detalles estructurales.

Posteriormente, se armará, cimbrará y colarán las columnas, muros correspondientes, según lo especificado en los planos estructurales.

Una vez que la estructura de la etapa central haya alcanzado cuando menos el 75% de su resistencia de proyecto, se harán las excavaciones de las etapas “B” y “C”, durante las cuales se irán troquelando los muros de contención contra dicha estructura central. Cabe comentar que en los cortes “C y D” del plano señalado, se indican los troqueles en forma esquemática, su posición definitiva, el número y niveles de troquelamiento, así como sus detalles de fijación se consultarán en los planos estructurales correspondientes. La construcción de la estructura correspondiente a las etapas “C y D”, se efectuará en forma similar a lo descrito anteriormente.

Una vez construidos los muros de la estructura circular de la rampa y que estos hayan alcanzado cuando menos el 75% de su resistencia de proyecto, se podrá colocar el material de relleno en el espacio comprendido entre estos muros y los de contención, utilizando un material areno limoso

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

(tepetate), el cual se tenderá en capas no mayores de 20 cm de espesor, hasta alcanzar el nivel de construcción de la estructura del pavimento; cada capa se compactarán al 95 % de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo a la norma Proctor.

El material que se empleará para conformar el relleno de las zanjas será areno-limoso, tepetate, el cual deberá cumplir con las siguientes características:

1. El material deberá estar libre de materia orgánica.
2. Tamaño máximo de las partículas de 3" (7.5 cm).
3. El porcentaje máximo de partículas que pasen la malla N° 200, no excederá del 30 %.
4. Límite líquido máximo del 30%.
5. El material utilizado se colocará y compactará con una humedad cercana a la óptima, teniendo una tolerancia del $\pm 2\%$, preferentemente del lado seco de la curva de compactación.

Proceso de excavación y construcción de la rampa de acceso de sección rectangular

La construcción de esta rampa se llevará a cabo al igual que la otra rampa, una vez concluida la construcción de la estructura de los sótanos de estacionamiento del edificio; el proceso de excavación y construcción se realizará por etapas entre una estructura de contención constituida por muros milán o tablestacas hincadas; en la figura No.3 del plano No. 3 anexo, se indica la secuencia de las etapas de excavación así como una propuesta del troquelamiento.

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Previo al inicio de la primera etapa, se deberá abatir el nivel de aguas freáticas durante un tiempo mínimo de 48 horas, en todos los pozos indicados en la figura No.4 del plano antes citado.

Proceso de excavación y construcción del cajón de la casa de máquinas

El proceso de excavación y construcción del cajón de la casa de máquinas, se llevará a cabo a cielo abierto, entre taludes con una inclinación de 0.50:1, horizontal a vertical, en etapas de 10.0 m de longitud y del ancho correspondiente al de la estructura.

La excavación en cada etapa se efectuará en forma continua empleando equipo mecánico hasta alcanzar la profundidad correspondiente a 20 cm por arriba del nivel de desplante de la estructura; los últimos 20 cm se excavarán manualmente, con el objeto de evitar sobreexcavaciones y el remoldeo del terreno de apoyo; inmediatamente después se colará en el fondo una plantilla de concreto pobre ($f'c=100$ Kg/cm²) de 5.0 cm de espesor.

En caso de que durante las excavaciones aparezcan filtraciones de agua por la presencia del nivel de aguas freáticas o por lluvia, se controlarán por medio de bombeo de achique, conformando zanjas perimetrales a la excavación rellenas de grava limpia, las que reconocerán hacia un cárcamo, desde donde se bombearán al exterior.

A continuación se hará la excavación de las zanjas entre paredes verticales, se armará, cimbrará y se efectuará el colado de las contratrabes

CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

correspondientes al área de la etapa en cuestión. Simultáneamente a la construcción de las contratraves se demolerá la cabeza de las pilas descubiertas por la excavación, para excavar las zanjas, colocar el armado la cimbra y llevar a cabo el colado de los dados de cimentación.

Al mismo tiempo podrá colocarse el armado y efectuar el colado de la losa de fondo del cajón; durante la colocación del armado de esta losa, deberá hacerse la liga estructural con el acero de refuerzo de las contratraves, dados de las pilas de cimentación y muros laterales, de acuerdo con los detalles estructurales.

Posteriormente, se armará, cimbrará y colarán las columnas, muros y traves de la estructura del cajón y cuando estos alcancen su fraguado, se cimbrará armará y colará la losa superior del cajón, según lo especificado en los planos estructurales.

Cuando los muros laterales del cajón alcancen cuando menos el 75% de su resistencia de proyecto se rellenará el espacio comprendido entre estos muros y las paredes de los taludes, utilizando un material areno limoso (tepetate), el cual se tenderá en capas no mayores de 20 cm de espesor, hasta alcanzar el nivel de construcción de la estructura del pavimento; cada capa se compactarán al 95 % de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo a la norma Proctor

El material que se empleará para conformar el relleno de las zanjas será areno-limoso, tepetate.

V Programa de Obra

La necesidad de realizar una planeación adecuada durante las etapas previas a la construcción es de vital importancia para obtener resultados satisfactorios. Tener control sobre los procesos, prevenir cualquier eventualidad y satisfacer las necesidades del cliente. Estas son las medidas que los ingenieros encargados de la programación y ejecución de obra deben tener presente en el momento de desarrollar el programa de construcción.

Desde hace años, la administración de las actividades por medio de uso de aparatos electrónicos ha resultado una buena herramienta para la solución de problemas sistemáticos de control de obra; sin embargo, si estos son usados indiscriminadamente puede llevar a situaciones que pongan en dificultades o en riesgo el proyecto. Los ingenieros responsables de la planeación deben tener conocimiento en cuanto a las limitaciones de estas herramientas, los sistemas constructivos designados, además deberán contar con experiencia de obras semejantes, pleno entendimiento del proyecto y de los recursos con los que se cuenta para desarrollar el proyecto, ya que todos estos elementos son fundamentales y se interrelacionan.

La planeación como una herramienta de la administración representa actividades de un proyecto que se conectan en una secuencia lógica, a cada actividad se le asigna un tiempo de duración estimado con un grado de incertidumbre, también es posible determinar el margen de tiempo disponible y cuándo y cómo ocurre. La planeación es la determinación de las necesidades de los recursos del proyecto, mismas

que dependen de un orden de aplicación en las diversas operaciones que deberán realizarse para lograr los objetivos.

Uno de los beneficios de planear es que proporciona a la administración la habilidad de considerar alternativas y de saber el costo de cada una de ellas. Para que la administración de un proyecto sea eficiente se requieren utilizar los métodos de planeación que más se apeguen a las condiciones de la obra, para tal objeto pueden definirse en función de:

1. Planeación Estratégica.- Es la rama de la administración que se encarga de la selección de los objetivos generales y la formulación de la estrategia necesaria para lograrlo.
2. Planeación y Operación.- En este rubro se determinan las tácticas de realización y el uso de recursos para alcanzar los objetivos generales.
3. Asignación y Programación de Recursos.- Se muestra como una asignación juiciosa de los elementos para terminar cada actividad del proyecto, por lo que al desarrollar un programa, el propósito principal es concluir el proyecto en el mejor tiempo y al menor costo.
4. Administración y Control de Proyectos.- La finalidad es estar al tanto de todo el proceso desde el punto de decisión hasta su culminación.

La programación y la supervisión de los proyectos son una función de la administración. La planeación eficiente en estos, significa la diferencia entre “a tiempo” y “tarde,” que significa éxito o fracaso, la administración se mide por los resultados alcanzados, el factor clave en

esto es el tiempo de respuesta ante la necesidad de realizar algunos cambios.

Una buena planeación lleva a que la obra se desarrolle sin demoras, distribuir las actividades en el tiempo conforme su jerarquía permite reducir su terminación. Conocer los sistemas constructivos, permite a los supervisores tomar decisiones acerca de los insumos que se requerirán y suministrarlos cuando sean necesarios; esto propicia que no se tenga dentro de la obra un almacén demasiado grande para el resguardo de todos los materiales que se requieran.

Lo anterior se ve reflejado en la cuestión financiera de un proyecto, al reducir el tiempo de ejecución de la obra se tendrá un menor costo en algunos procesos (por ejemplo la renta de maquinaria), es importante distribuir los costos en el tiempo para evitar una cantidad demasiado fuerte desde el principio; en muchas ocasiones, el dinero se obtiene mediante financiamientos y obtener cantidades importantes desde el comienzo del proyecto implica un mayor costo debido a los intereses.

Un proyecto está formado por varias actividades interdependientes e interrelacionadas, las cuales utilizan recursos y sobre las cuales se imponen condiciones internas y externas, el propósito final es alcanzar los objetivos por los cuales el proyecto fue establecido.

Toda actividad requiere de elementos para poder desarrollarse; las operaciones, los recursos y las condiciones o restricciones son algunos de ellos, por tal razón se consideran como agentes indispensables al

momento de realizar un análisis minucioso de las cuestiones administrativas.

Las operaciones son las actividades o trabajos, a los que se les debe dar vital importancia en su secuencia, que deben realizarse para cumplir los objetivos del proyecto.

En cualquier proyecto hay trabajos que pueden o deben hacerse antes que otros, y algunos que pueden hacerse al mismo tiempo. Para este caso, un ejemplo claro es que se debe terminar parte de la excavación antes de que se pueda comenzar a construir la cimentación.

Los responsables de la planeación del proyecto deben establecer el método, el tiempo y el costo de realización de cada actividad.

Los recursos se clasifican en: fuerza humana, dinero, materiales, maquinaria y tiempo; este último elemento, con frecuencia es menospreciado como un recurso, pero suele ser el más valioso y el que debe ser gastado con más juicio. El tiempo y el costo para realizar las actividades del proyecto se estiman al desarrollar la lógica de un plan, estas estimaciones se basan en las operaciones que van a efectuarse. El tiempo y el costo en el conjunto de los recursos, ligan su asignación real a las actividades del proyecto y se muestran como las limitaciones de un programa.

Las condiciones o restricciones se pueden referir a diversas cuestiones incluyendo los agentes exteriores como la entrega de diseño, materiales, máquinas y asuntos semejantes.

Un ejemplo de lo que se menciona es la entrega de una pieza de algún equipo, en ocasiones el retraso de ésta puede significar un costo no previsto y la terminación retrasada de la actividad o del proyecto.

El Hospital de especialidades de la Marina no es la excepción a lo anterior, ya que se analizaron detenidamente los tiempos en los que se desarrollarían los procesos, los costos por etapa y la obtención de los recursos, para llevar esto a cabo y que se cumpla conforme al plan, la supervisión en la obra es muy importante debido a que es la que dirige las actividades, revisa que se hagan bien las cosas e informa de cualquier percance.

El programa general de la obra se divide en 23 actividades principales que van desde los procedimientos preliminares hasta la instalación de todo tipo. El desarrollo de éste tema se enfoca principalmente a las etapas designadas como preliminares y cimentación. Pero por falta de tiempo solo se muestra el programa de obra antes de que se pararan actividades.

La figura siguiente muestra de manera general las actividades de todo el proyecto, además se pueden ver los tiempos estimados de comienzo y término de cada proceso, de acuerdo con lo planeado.

CAPÍTULO V. PROGRAMA DE OBRA

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	Firma del contrato	0d	vie 15/09/06	vie 15/09/06
2	Inicio del Proyecto	15d	vie 15/09/06	lun 02/10/06
3	Entrega del Anticipo	15d	vie 15/09/06	lun 02/10/06
4	Estudios preliminares	53d	lun 16/10/06	mié 13/12/06
5	Levantamiento Topográfico	35d	lun 16/10/06	jue 23/11/06
6	Estudio de Mecánica de Suelos	50d	mié 18/10/06	mié 13/12/06
7	Estudio de Impacto Ambiental	28d	lun 16/10/06	mié 15/11/06
8	Estudio de Impacto Urbano	28d	lun 16/10/06	mié 15/11/06
9	Cedula de Servicios	27d	lun 16/10/06	mar 14/11/06
10	Estudio Químico del Agua	42d	lun 16/10/06	vie 01/12/06
11	Diseño Ejecutivo y Dirección Técnica	511d	lun 02/10/06	jue 08/05/08
12	Anteproyecto Arquitectónico	36d	lun 02/10/06	vie 10/11/06
13	Desarrollo Arquitectónico	118d	mié 15/11/06	vie 30/03/07
14	Diseño Estructural	80d	vie 10/11/06	vie 09/02/07
15	Diseño Instalaciones Hidrosanitarias	91d	vie 01/12/06	jue 15/03/07
16	Diseño Instalaciones Gas L.P.	122d	vie 13/10/06	jue 01/03/07
17	Diseño Ingeniería Gases Medicinales	122d	vie 13/10/06	jue 01/03/07
18	Diseño Ingeniería Eléctrica	122d	vie 13/10/06	jue 01/03/07
19	Diseño Ingeniería Telecomunicaciones	122d	vie 13/10/06	jue 01/03/07
20	Diseño Ing. Sistema Contra Incendios	122d	vie 13/10/06	jue 01/03/07
21	Diseño Ing. Aire Acondicionado	122d	lun 23/10/06	vie 09/03/07
22	Dirección Técnica	475d	vie 10/11/06	jue 08/05/08
23	Peritos y Corresponsables.	500d	lun 16/10/06	vie 09/05/08
24	Peritos	500d	lun 16/10/06	vie 09/05/08
25	Corresponsables	500d	lun 16/10/06	vie 09/05/08
26	Trámites y Permisos	86d	lun 16/10/06	sáb 20/01/07
27	Uso del Suelo	13d	lun 16/10/06	lun 30/10/06
28	Alineamiento y Número Oficial	18d	lun 23/10/06	lun 13/11/06
29	Permiso de Demolición	12d	lun 13/11/06	sáb 25/11/06
30	Revisión EIU, primera etapa	5d	mié 15/11/06	mar 21/11/06
31	Suspensión por cambio de Gobierno	17d	mar 21/11/06	lun 11/12/06
32	Revisión EIU, segunda etapa	11d	lun 11/12/06	vie 22/12/06
33	Vacaciones SEDUVI	14d	vie 22/12/06	mar 09/01/07
34	Revisión Final EIU	6d	mar 09/01/07	lun 15/01/07
35	Manifestación de Construcción.	5d	mar 16/01/07	sáb 20/01/07
36	Preliminares	82d	lun 13/11/06	mié 14/02/07
37	Desmantelamiento de Estructura metálica	70d	sáb 25/11/06	mié 14/02/07
38	Despalme del terreno	70d	lun 13/11/06	mié 31/01/07
39	Cimentación	220d	sáb 20/01/07	jue 27/09/07
40	Demolición cimentaciones existentes	91d	mié 14/02/07	mié 30/05/07
41	Tablaestacado	90d	jue 15/02/07	mié 30/05/07
42	Colado de Pilas en sitio	100d	sáb 20/01/07	mié 16/05/07
43	Abatimiento del Nivel Freático.	220d	sáb 20/01/07	jue 27/09/07
44	Excavación	100d	vie 02/03/07	lun 25/06/07
45	Colado de losa de cimentación.	90d	sáb 31/03/07	mié 11/07/07

CAPÍTULO V. PROGRAMA DE OBRA

En lo concerniente a la cimentación del hospital tenemos:

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	3er trimestre		1er trimestre		3er trimestre		1er trimestre	
					jul	oct	ene	abr	jul	oct	ene	abr
1	Firma del contrato	0d	vie 15/09/06	vie 15/09/06								
2	Inicio del Proyecto	15d	vie 15/09/06	lun 02/10/06								
4	Estudios preliminares	53d	lun 16/10/06	mié 13/12/06								
11	Diseño Ejecutivo y Dirección Técnica	511d	lun 02/10/06	jue 08/05/08								
23	Peritos y Coreponsables.	500d	lun 16/10/06	vie 09/05/08								
26	Trámites y Permisos	86d	lun 16/10/06	sáb 20/01/07								
36	Preliminares	82d	lun 13/11/06	mié 14/02/07								
39	Cimentación	220d	sáb 20/01/07	jue 27/09/07								
40	Demolición cimentaciones existentes	91d	mié 14/02/07	mié 30/05/07								
41	Tablaestacado	90d	jue 15/02/07	mié 30/05/07								
42	Colado de Pilas en sitio	100d	sáb 20/01/07	mié 16/05/07								
43	Abatimiento del Nivel Freático.	220d	sáb 20/01/07	jue 27/09/07								
44	Excavación	100d	vie 02/03/07	lun 25/06/07								
45	Colado de losa de cime	90d	sáb 31/03/07	mié 11/07/07								

Debido al retraso de la obra y al tiempo tardado en checar los niveles del suelo y un nuevo abatimiento, el programa de obra solo se recorrió 6 meses y según los últimos datos que nos proporciono ICA solo se lleva 3 semanas de atraso con respecto al programa programado.

CONCLUSIONES

En esta tesis hablamos del proceso constructivo de la cimentación del hospital de alta especialidad de la marina, en cada uno de los capítulos se describe el proceso llevado a cabo en la construcción y desarrollo hasta la culminación de la cimentación, se pudo observar y conocer la planeación de las actividades realizadas en la obra, además, se habló de la forma en la ejecución de cada uno de los procedimientos constructivos, así como la solución de los problemas ya previstos y los que surgen durante el avance de cada una de las etapas de desarrollo.

Con relación al impacto ambiental dentro de la construcción del hospital se vio que efectos que se genera se analizaron las emisiones de ruido gases producto de hidrocarburos residuos peligrosos, transplante de árboles.

Compara el tiempo de construcción real contra el programa de obra, para conocer los aciertos y errores dentro de la planeación y la ejecución.

Durante el proceso de la tesis pudimos observar la complejidad de trabajo en campo que en situaciones específicas, se debe ser conciente de la importancia de entender que los procesos no siempre se pueden desarrollar como se tienen pensados, pero esto no implica que el resultado deba ser de mala calidad. ICA y La Secretaria de Marina, a pesar de la cantidad de inconvenientes que se han ido presentando, tienen una meta, que es terminar oportunamente y presentar un producto con las características de calidad que se estipularon.

Bibliografía

“ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO”

González Cuevas Óscar, Robles Fernández Francisco

Ed. Limusa - Noriega. México 2006.

“FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA”

Braja M. Das

Ed. Thomson – Learning. México 2001.

“MECÁNICA DE SUELOS TOMOS 1,2 y 3”

Juárez Badillo Eulalio, Rico Rodríguez Alfonso

Ed. Limusa Noriega. México 2006

“MANUAL TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN”

HOLCIM APASCO

García Rivero José Luis

Ed. Grupo Fogra. México 2006

“REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL D.F. Y SUS NTC”

Ed. LIMUSA. MÉXICO 2005