



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

“PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA  
CIMENTACIÓN DEL NUEVO MUSEO  
UNIVERSITARIO DE ARTE CONTEMPORÁNEO”

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:

**VLADIMIR ERIVAN GUZMÁN OCARANZA**

**ISMAEL HUERTA HUERTA**

DIRECTOR DE TESIS:

**ING. CARLOS M. CHÁVARRI MALDONADO**

**MÉXICO D.F.**

**2006**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## **Agradecimientos**

Vladimir E. Guzmán O.

A mis familiares:

Padres:

María de Jesús Ocaranza B.  
Alejandro Guzmán D.

Hermanas:

Elizabeth Guzmán Ocaranza  
Wendy Giovanna M. Ocaranza

Tíos:

Carlos Alberto Guzmán D.  
Sonia E. Guzmán D.

A todos ellos por ser parte integral de mi formación.

Mi novia:

Gloria Edith Loeza Suárez

Porque cada día me ayuda a ser una mejor persona

Mis compañeros y amigos:

Manuel E. Ortiz Pérez  
Daniel I. Paredes Cervantes  
Román Vallejo Merino  
José Luís Rodríguez  
Héctor M. Gavaldón Flores

Por que con ellos sufrí y disfrute todos los años de mi carrera

Ingenieros Civiles Asociados (ICA) y Coordinación de Proyectos Especiales de la UNAM

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

Ismael Huerta Huerta

Esta tesis es la culminación de un objetivo más en esta lucha por tener una mejor calidad de vida. La dedico especialmente al Ing. Ismael Huerta Martínez, mi padre que gracias a sus consejos, amor, cariño y ejemplar educación, en el poco tiempo que Dios me permitió tenerlo, me dio las bases para ser un hombre de bien y a mi madre, Soledad Huerta Andonaegui, que a través de sus vivos ejemplos de fe, valor, sentido común, amor y fuerza, me dio los principios de la vida y gran parte de lo aprendido en mi carrera. Cualquier agradecimiento que pueda expresar hacia todos aquellos que me han estado ayudando en el transcurso de los años sería superficial e insuficiente. Sin embargo, muchas personas han contribuido en tal grado que sus nombres literalmente sobresalen en las paginas de mi vida y exigen reconocimiento, desafortunadamente por falta de espacio en estas paginas, me es imposible nombrarlos y solo puedo decirles que, esto es el esfuerzo de tantos años y que a través de ellos gracias a ustedes he logrado un sueño y una meta mas en mi vida y que todo aquel que se sienta participe de mi felicidad y éxito, es también suyo ya que sin su ayuda y apoyo no habría podido realizarlo. A mis hermanos, familiares, amigos, compañeros y aquellas personas que se han ido y las que han llegado, les pido que acepten mi más profundo y sincero agradecimiento y que a pesar de las circunstancias y por encima de todo siempre estarán en mi corazón.

## Índice

Introducción.....	1
I.- Descripción General del Proyecto.....	3
II.- Descripción de la Cimentación.....	19
II.1.- Estudios de Mecánica de Suelo.....	19
II.2.- Descripción Detallada de la Cimentación.....	47
III.- Excavación.....	65
III.1.- Excavación de la Roca.....	68
III.2.- Excavación en el Terreno Natural.....	72
IV.- Procedimiento de Construcción de la Cimentación.....	85
IV.1.- Plantilla de Concreto y Acero de Refuerzo.....	89
IV.2.- Cimbras y Concretos .....	97
IV.3.- Rellenos.....	103
V.- Programa de Obra .....	108
Conclusiones.....	123

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de tesis hablaremos del proceso de construcción de la cimentación del nuevo Museo Universitario de Arte Contemporáneo, dicho informe se encuentra constituido por cinco capítulos, en los cuales durante su desarrollo pudimos 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 que se va ejecutando 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 están desarrollando.

En el primer capítulo se describe el proyecto en forma general, cual será el uso y destino que tendrá el edificio, cómo está integrado y cuáles son las diferentes áreas que lo componen, así como los materiales que lo conformarán.

En el capítulo dos se tratará la descripción de la cimentación, en el cual se incluyen los resultados del estudio de mecánica de suelos realizado en el sitio de la construcción, características del tipo suelo que existe en esta zona, los inconvenientes que se pueden presentar durante la excavación del terreno, así como las recomendaciones que se ofrecen para mitigarlos, también se menciona algunos de los criterios utilizados para la selección y diseño del tipo de cimentación.

El tercer capítulo se desarrolló lo relacionado a la excavación, aquí es en donde da inicio físicamente la obra. Se hablará de los procedimientos implementados, los frentes de trabajo, la maquinaria utilizada y el tiempo de realización de esta actividad.

En el capítulo cuarto se menciona el procedimiento de construcción de la cimentación, 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 hace referencia al armado del acero de refuerzo, el tipo de cimbra utilizado, las características del concreto y



finalmente el material de relleno, como también las herramientas utilizadas en cada una de estas actividades.

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

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



## **Capítulo I Descripción General del Proyecto**

En la década de los 70's se decidió proveer a la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, de un espacio para la cultura, por lo que se edificó el Centro Cultural Universitario, CCU; se trata de un conjunto de edificios y cada uno de ellos alberga distintas actividades culturales, como son conciertos de música clásica, danza, obras de teatro, cine y exposiciones al aire libre.

Debido a la falta de un lugar destinado a las exposiciones, surge la necesidad de erigirlo, de esta manera se proyecta el Museo Universitario de Arte Contemporáneo, MUAC, mismo que tendrá diversas y modernas instalaciones para satisfacer dichas demandas; no obstante a lo anterior, desde que se planificó el Centro Cultural Universitario ya se tenía contemplado un museo, que debido a la falta de recursos económicos no fue, sino hasta el presente año que se decidió construirlo, siendo en mayo del 2005 cuando se contó con la propuesta definitiva.

El MUAC albergará las colecciones de arte moderno adquiridas por la UNAM con apoyo del patronato universitario, estas colecciones ascienden a más de 19 mil piezas; entre éstas se encuentran obras de artistas que en su mayoría no habían estado presentes en colecciones públicas del país. Con esto el MUAC pretende convertirse en líder de la cultura visual del país y uno de sus objetivos es orientarlo a diferentes sectores de la sociedad, así como formar una presencia internacional.

Pasando a otro punto, el proceso de licitación pública nacional se llevó a cabo conforme a los siguientes requisitos:

mayo	2 mayo del 2006	Convocatoria
	12 mayo del 2006	Visita de obra Junta de aclaraciones
junio	6 junio del 2006	Apertura técnica
	13 de junio del 2006	Apertura económica
	20 de junio del 2006	Fallo

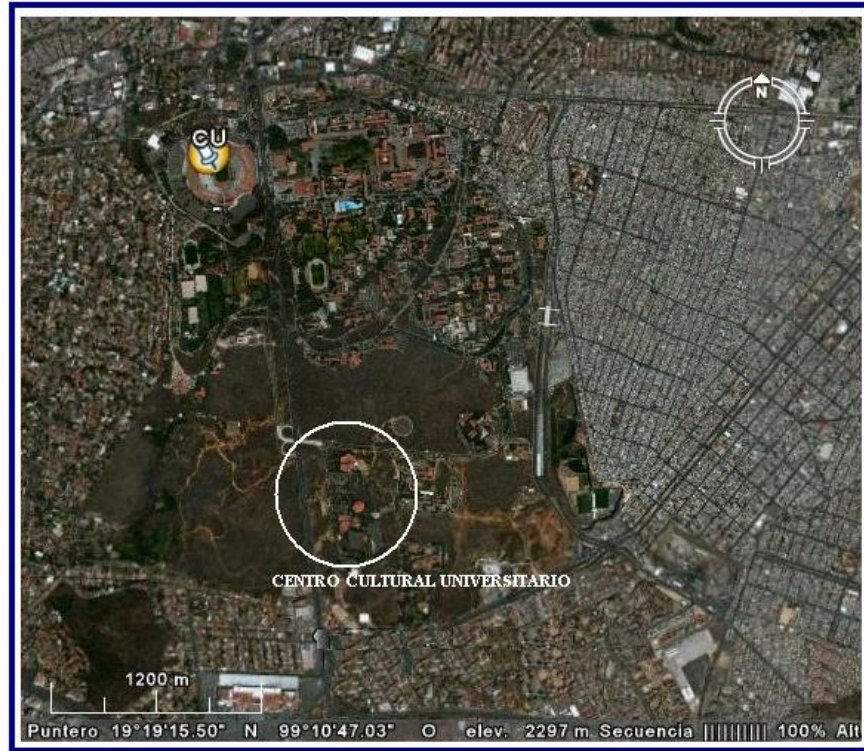


Una vez otorgado el fallo a la empresa constructora Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V. (I.C.A.), se inicia la obra en julio del 2006 y se pretende terminar en julio del 2007, este complejo tiene un presupuesto de 80 millones de pesos provenientes de la UNAM y 200 millones de pesos de la campaña financiera.

### **Ubicación**

El nuevo edificio, sede del Museo Universitario de Arte Contemporáneo, se localiza en el Centro Cultural Universitario, al sur de Ciudad Universitaria en México, Distrito Federal a un costado de la sala Nezahualcóyotl, específicamente en el estacionamiento No. 2 de la misma y enfrente de la Biblioteca Nacional.







El Centro Cultural Universitario está compuesto por los siguientes inmuebles:

- Sala de conciertos Nezahualcóyotl
- Teatro Juan Ruiz de Alarcón
- Foro Sor Juana Inés de la Cruz
- Sala de música de cámara Carlos Chávez
- Sala de Danza Miguel Covarrubias
- Salas de Cinematografía
- Centro Universitario de Teatro
- Librería Julio Torri
- Cafetería azul y oro
- Unidad bibliográfica
- Biblioteca Nacional
- Centro de Estudios Sobre la Universidad (CESU)
- Espacio escultórico

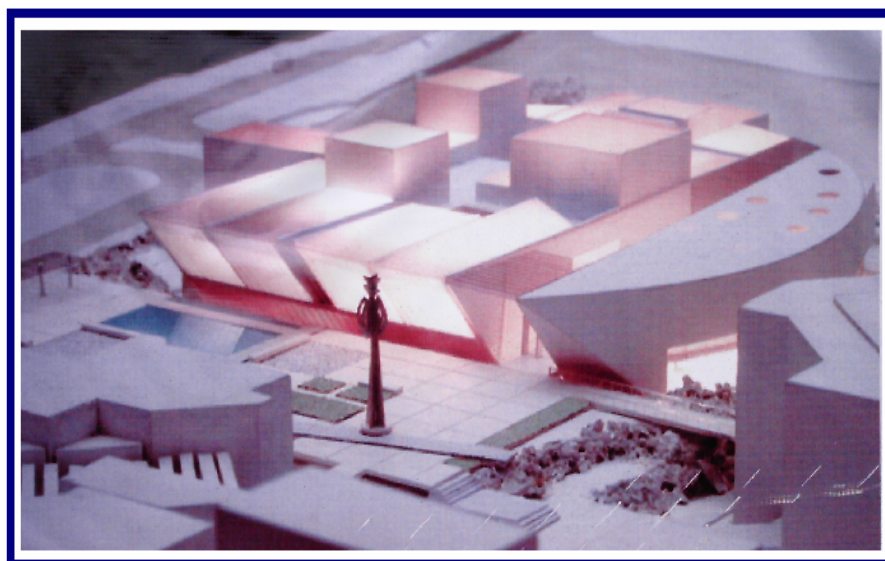
### **Propuesta**

El nuevo museo tendrá la función de complementar el conjunto cultural existente, este edificio se desplantará al costado de una plaza que lo relaciona con los edificios del Centro Cultural Universitario. La plaza será un sitio de encuentro de personas con varios destinos y servirá como espacio de exhibición al aire libre de las manifestaciones artísticas contemporáneas. Parte del concepto del museo es tener diferentes alturas y dimensiones para disponer de iluminación natural, debidamente controlada.



Vista aérea del Centro Cultural Universitario en el que se ve la imagen del nuevo edificio

El museo se organiza inscrito en un círculo, en la imagen se distingue la forma de los volúmenes de los edificios, uno de ellos tiene una sección de círculo en planta (siguiendo la circunferencia del conjunto); otros cuentan con planos oblicuos de cristal anti-reflejante, mismos que están dispuestos en frente de la plaza que conectará con el resto del centro cultural para que, de esta forma, se puedan tener espectáculos al aire libre por medio de proyecciones.





El hecho de tener diferentes niveles en las plazas se debe a que se trató de salvar una gran porción de la roca volcánica y minimizar las excavaciones.

Un espacio que atraviesa el conjunto, dispuesto a doble altura, lo divide en dos secciones desiguales:

- La sección menor, situada al oriente, aloja todas las áreas públicas de acceso libre, en dos plantas.
- La sección mayor, situada al poniente, aloja en la planta inferior las áreas que le dan soporte sin acceso del público.

Hay seis conjuntos de salas, que están comunicados por tres calles, tres patios y dos terrazas; estos últimos también son espacios de exhibición. Por otro lado, cada sala será destinada a un artista, o una colección en específico, o bien a un tema; éste es otro motivo por el cual se emplean diferentes dimensiones y alturas en los volúmenes.

El proyecto tendrá un área construida de 13,947m<sup>2</sup> y su plaza de acceso de nivel de piso terminado coincidirá con el nivel de estacionamiento de la sala Nezahualcoyotl, además en la planta baja (debajo de la plaza de acceso), cuyo nivel estará entre -6.60 y -8.40 m respecto al nivel actual de estacionamiento de la Sala Nezahualcoyotl, se encontrará el estacionamiento con una capacidad para 120 autos. De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias, la cantidad de cajones para este tipo de edificios debe ser de 1 cajón por cada 100 m<sup>2</sup> construidos, por lo que el proyecto cumple con lo que la norma establece.

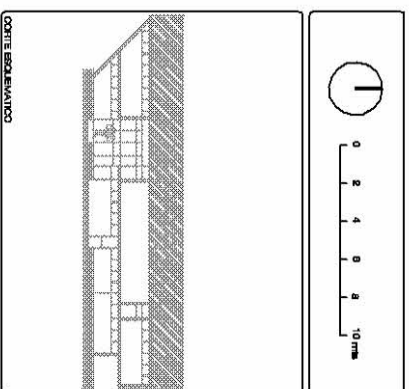
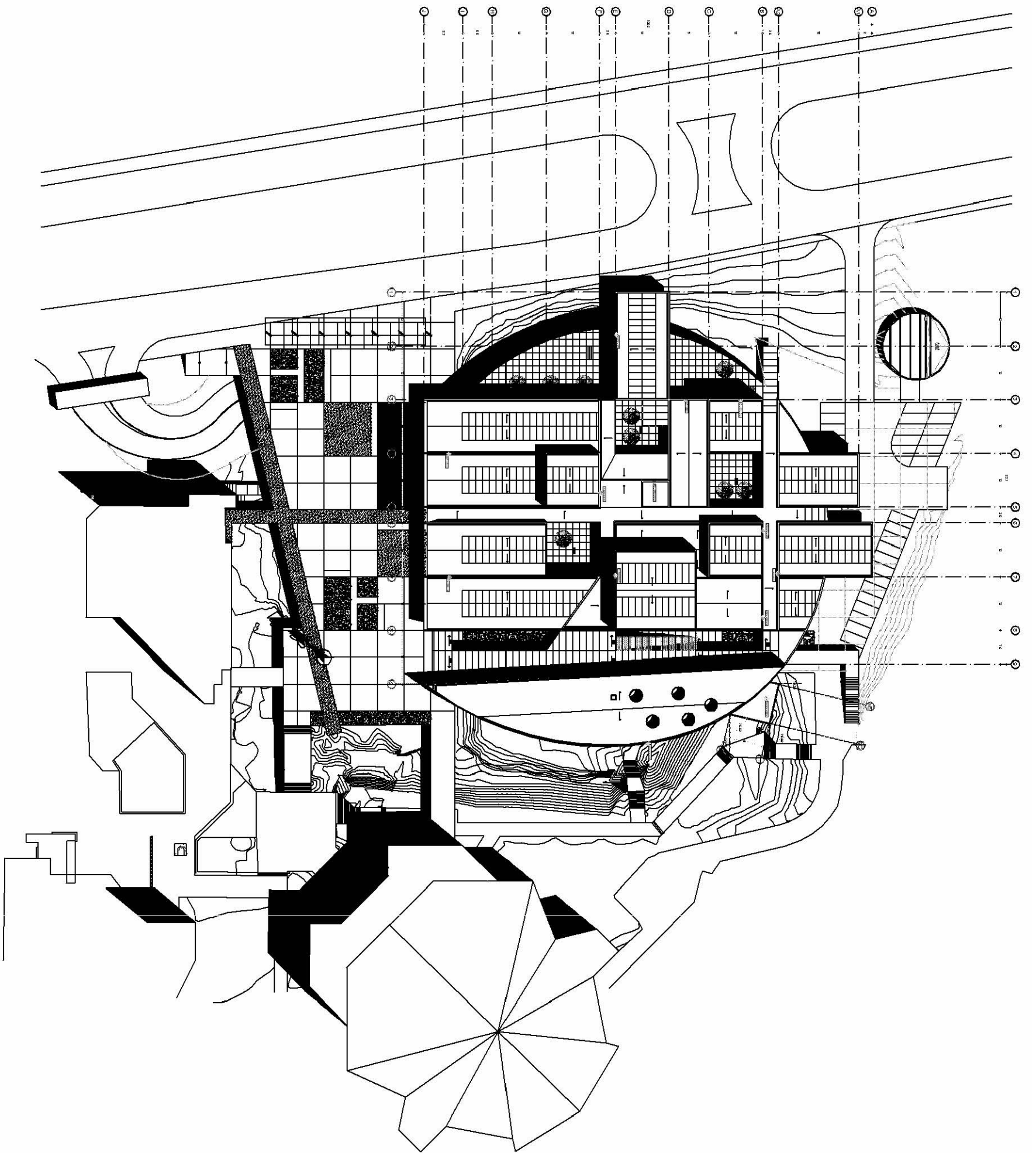
El complejo se compone de las siguientes áreas:

- **Servicios al público:** Vestíbulo, taquilla, módulo de información, recepción, marquesina electrónica, cajero automático, sanitarios públicos, teléfonos públicos,

guardarropa, restaurante, cocina, café-Internet, tienda, librería, auditorio, sala de conferencias y espacio de acción libre.

- **Salas de exhibición:** Espacios cubiertos y descubiertos, terraza, patios.
- **Centro multimodal**
- **Áreas educativas**
- **Museografía:** Laboratorio de museografía, taller de artista y bodega.
- **Áreas de apoyo:** Fondo reservado semi-restringido y restringido, colecciones en tránsito.
- **Registro de obra:** Embalaje y resguardo
- **Laboratorio de conservación y restauración**
- **Oficinas**
- **Servicios generales:** Sanitarios, vestidores, comedor de empleados, gimnasio, estancia infantil, enfermería, zona de instrucción operativa, control de seguridad, talleres de carpintería, electricidad y plomería, almacén general, basura o residuos, cuarto de máquinas, andén y patio de maniobras, seguridad y caseta de vigilancia
- **Pórtico, volados y jardín cubierto**
- **Paseo peatonal**

En la planta baja estará el centro multimodal, la sala de conferencias (en una caja de cristal), café-internet, restaurante – cafetería, el cual tendrá un piso de cristal para contemplar la cañada de lava; 1.80 m más abajo se encuentra el nivel del auditorio, que comunica con las oficinas y se integra con un patio que introduce luz natural. En la planta alta (nivel de acceso), además de salas de exhibición, hay una circulación externa que conecta con la tienda, librería y áreas educativas. En la azotea hay zonas cubiertas que permiten el paso de la luz natural a las salas de exhibición. (Ver plano planta baja y planta de acceso)



**SIMBOLOGIA:**  
 N.P.T. NIVEL DE PROYECTUADO  
 N.P.A.L. NIVEL DE PROYECTO DE LOMA  
 N.P. NIVEL DE PROYECTO DE LOMA  
 AL NIVEL DE PROYECTO DE LOMA  
 AL NIVEL DE PROYECTO DE LOMA  
 DE (NOV-2004)

**NOTAS:**  
 CORTAS Y VENTANAS EN ALGUNOS  
 NIVEL DE PROYECTO DE LOMA  
 LAS CORTAS HAN SIDO HECHAS  
 EN LA CORTA DE PROYECTO DE LOMA  
 DE PROYECTO DE LOMA

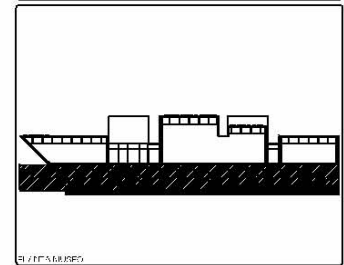
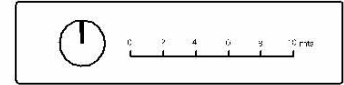
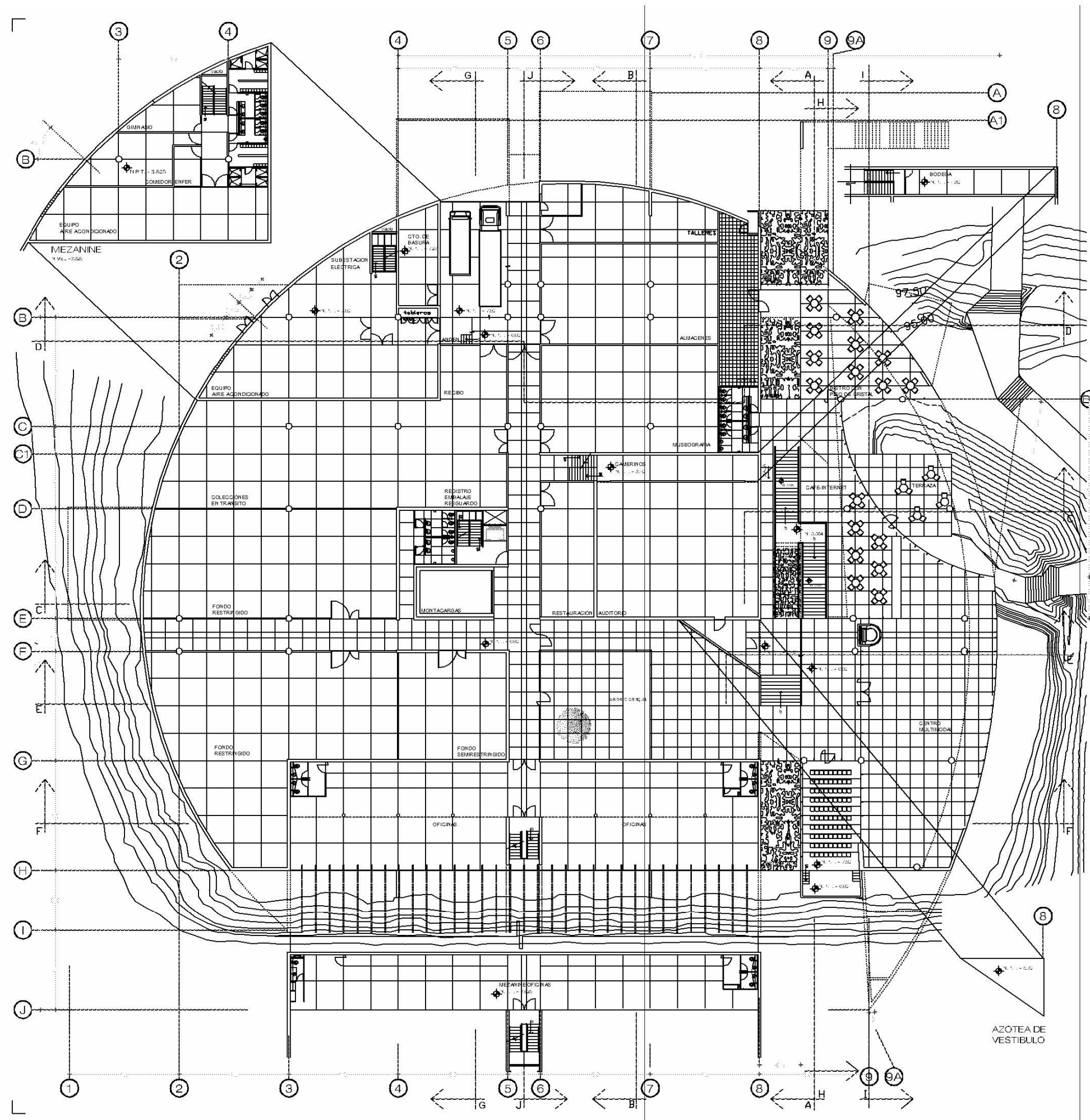
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MUSEO GALERIA  
 DE ARTES VISUALES

CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO







**LEYENDA**  
 N.F.T. NIVEL DE FINITIMADO  
 N.P. NIVEL DE PISO  
 N.L.A.L. NIVEL DE ALTO DE LOSA  
 C.I. NIVEL DE COEFICIENTE FOTOGRÁFICO  
 N.L. NIVEL DE NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO  
 N.L. NIVEL DE NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO  
 N.L. NIVEL DE NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO

**NOTAS:**  
 COTAS EN METROS  
 LAS COTAS DEBEN SER VERIFICADAS EN OBRAS  
 LAS COTAS DEBEN SER VERIFICADAS EN OBRAS  
 CUALQUIER DIFERENCIA CON LOS PROYECTOS DE  
 TUBERIAS DE TENDIDO QUE COINCIDA A LA  
 DIFERENCIA DE COTAS DEBEN SER VERIFICADAS



**MUSEO GALERIA DE ARTES VISUALES**  
 CENTRO CULTURAL UNAM  
**PLANTA BAJA**

Para aprovechar el alto porcentaje de horas de asoleamiento, las salas se diseñaron para que se puedan iluminar con luz cenital, esto proporciona uniformidad en el ambiente y los muros.



Vista del patio de acceso

Para la propuesta de las salas se tienen diferentes dimensiones basadas en el módulo de 12 metros (12x6, 12x9, 12x12, 12x18 y 18x18) y alturas de 4.5, 6.0, 9.0 y 12.0 metros. Estas dimensiones han sido observadas y estudiadas para emplearse en el arte contemporáneo y actualmente se están experimentando; lo anterior es resultado de la asimilación de experiencias recientes provenientes de expertos como el curador, el museógrafo y desde luego el artista, como una variedad de espacios que motiven a crear con el mínimo de adaptaciones.

Los acabados del museo estarán dados por dos materiales, concreto blanco y cristales esgrafiados en las áreas visibles. El concreto blanco fue una alternativa que se analizó y se utilizará en obra para dar una diferencia estética mediante el color, además que un concreto de esta clase da una apariencia definida y uniforme, no requiere de acabados superficiales y hay una menor necesidad de mantenimiento, lo que reduce los costos y tiempo en la ejecución de la obra.

En pisos de áreas no visibles se utilizará concreto gris pulido y molduras de acero inoxidable de ¼” en las juntas de colado, placas de mármol de 1.5 x 1.5 m, placas de acero de ½” con pintura epóxica en cambios de piso, impermeabilizante en rollo de 8 mm de espesor y cerámica antiderrapante de color blanco de 0.40 x 0.40 m.

Debido a que los planos inclinados del edificio serán de cristal, se necesitará una estructura compleja que aumentaría considerablemente las cargas a la cimentación, por lo que las divisiones interiores serán de tabla roca para disminuir el peso que soportará la cimentación; por otro lado, se conseguirá una mayor flexibilidad dentro del edificio, además de que es un material económico, intercambiable y desmontable.

La tabla-roca será cubierta con pintura blanca y cerámica de 0.4 x 0.4 m de color blanco, además se implementará un tratamiento acústico. En cuanto a los muros de carga, estos serán de concreto con grano y arena de mármol blanco, con acabado aparente fino.

En áreas exteriores, además de la utilización de concreto gris pulido y cincelado, se trabajará con grava seleccionada en porciones confinadas para la infiltración de la lluvia.

El nivel de acceso se estructura con una losa encasetonada de 50 cm y en el interior del edificio de sección circular, el peralte de la losa será de 60 cm, que se apoyará en muros y columnas de concreto reforzado. El nivel de azotea se edificará con armaduras metálicas apoyadas en muros de diferentes claros, éstas van a cada 3 m y soportan un sistema de losa acero y en algunas partes cristales templados.

## **Medidas ecológicas**

Aunque la ubicación del terreno no pertenece a la reserva ecológica del Pedregal, se llevó a cabo un inventario de los árboles y arbustos para seleccionar aquéllos con un valor ornamental o de características de porte, salud y edad, que merezcan ser trasplantados.

Las medidas de mitigación ecológica, en relación a los árboles y arbustos retirados de la zona del estacionamiento, han sido elaboradas por la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal y consiste en el transplante de árboles y arbustos, así como en la reforestación de las zonas de amortiguamiento entre la nueva construcción del museo y la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria.

El primer paso se dedicó a la detección de la zona afectada, de acuerdo con las recomendaciones proporcionadas por los especialistas encargados de la Coordinación de Proyectos Especiales de la UNAM (C.P.E.), como también los de Ingenieros Civiles Asociados (I.C.A.).

Para el transplante y tala de árboles se organizó el inventario en dos categorías para su mejor identificación.

### **Árboles para tala:**

1. Árboles considerados plaga: Eucalipto
2. Árboles que por su tamaño y edad quedan en riesgo su supervivencia, pino y pirul
3. Árboles con raíces atrapadas en roca que imposibilitan su extracción.

**Árboles para trasplante:**

Árboles considerados de la reserva ecológica: Tepozantes, Fresnos, Grevilleas, Truenos, Jacarandas, etc.



Árboles para la tala. Raíces atrapadas en las rocas



Transportación de árboles para su reubicación

### Árboles para plantar y reponer los que no se recuperaron



Los resultados que se obtuvieron de los árboles talados y transplantados son los siguientes:

388 árboles talados

101 árboles transplantados, los cuales se dividieron en diferentes especies:

Árboles	porcentaje
Tepozanes	47
Fresnos	17
Grevileas	2
Eucaliptos	3
Durazno	1
Pirul	3
Acasia	1
Huisache	3
Jarilla	1
Nogal	1
Capulin	10
Trueno	2
Pino	9

Otra de las medidas de mitigación ecológica que se tomaron en cuenta fue la relacionada a los bloques de roca volcánica extraída del sitio producto de la excavación, que fue concentrada en una zona de amortiguamiento de la reserva A11 del vivero alto, además de colaborar como donativo para el proyecto arquitectónico de “Paisaje Jardín Demostrativo de las Plantas del Pedregal” y con esto se logró optimizar el presupuesto en cuanto el flete y tiro de este material.



## Capítulo II Descripción de la Cimentación

### II.1 Estudio de Mecánica de Suelos

En el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias, en lo correspondiente al diseño y construcción de cimentaciones, indica que el objetivo de realizar exploraciones consiste fundamentalmente en la detección de rellenos inestables, cavidades naturales o discontinuidades del terreno, principalmente en los macizos rocosos; por otra parte, la exploración desde el punto de vista de la geología aplicada en la geotecnia consiste en determinar las condiciones estructurales, estratigráficas, intemperismo, además de la determinación de las propiedades del subsuelo.

De acuerdo con lo anterior, la clasificación geotécnica del Reglamento de Construcciones para el D.F., el sitio en estudio se localiza en la zona identificada como “zona I” o de lomas, particularmente en una región pétreo formada por los derrames basálticos del volcán Xitle. Esta zona se encuentra inmersa en un sistema geológico de la sierra de las Cruces, constituyendo el límite poniente de la cuenca de la ciudad de México, caracterizándose por la presencia de abanicos volcánicos formados por materiales producto de los procesos eruptivos de los volcanes de la región, así como el arrastre y depósito de materiales por medio de corrientes superficiales. De manera general presenta la siguiente composición litológica:

- Capa de erupciones pumíticas
- Lahares
- Avalanchas ardientes
- Depósitos fluviales
- Suelos
- Rocas ígneas

De manera general estos materiales presentan características y condiciones irregulares de cementación y compacidad, aunque usualmente resulten favorables para la estabilidad en el diseño y construcción de cimentaciones, esto no implica que no se tenga que realizar los



estudios pertinentes para determinar con seguridad las propiedades del mismo y con ello poder anticiparse a posibles problemas.

Una vez que se tiene un conocimiento general de la regional, es posible analizar detalladamente el área de interés, haciendo una descripción de las estructuras geológicas, tanto de su geometría, como de su naturaleza.

El predio donde se ubicará el nuevo Museo Universitario de Arte Contemporáneo es una región que se caracteriza por la presencia de derrames basálticos, producto del volcán Xitle; debido principalmente a la topografía irregular en la que se depositaron las coladas de lava, estos tienen una disposición y espesores de roca muy erráticos, estos depósitos son representados por rocas duras y compactas con un bajo nivel de intemperización a excepción de la parte superficial, constituidas por lo general por escoria basáltica muy porosa.

En general y por la experiencia acumulada, debido a las construcciones anteriores a ésta en la cercanía a la misma, se puede decir desde el punto de vista de la mecánica de suelos que la región es adecuada para la construcción de la obra, gracias a la resistencia al esfuerzo cortante y la baja compresibilidad de la mayoría de los estratos; sin embargo la topografía y las condiciones geológicas existentes en la región han dado lugar a problemas locales específicos como son:

- Cavidades formadas de manera natural por la acumulación de gases en el interior de las coladas de lava que al enfriarse dejaron huecos en su interior. En cualquier caso, su existencia representa un riesgo para la construcción por la posibilidad de derrumbes y asentamientos provocados por las caídas y deterioro en los techos de cavernas.
- Inestabilidad de taludes debido a cortes indiscriminados sin estudios previos que provocan erosión y posibles derrumbes cuando se altera el grado de equilibrio natural de las laderas.

- Rellenos inestables provocados por la colocación de escombros, basura o producto de excavaciones aledañas a barrancas o depresiones topográficas usadas ya sea como zona de tiradero o por las necesidades de configurar superficies horizontales sobre las cuales desplantar nuevas estructuras.

En prácticamente toda la zona de la construcción se puede observar afloramientos rocosos que muestran diferentes grados de porosidad y fracturamiento, en algunos otros puntos se observan áreas de relleno sobre todo en las parte bajas del terreno y en los taludes de las hondonadas existentes; esto fue debido a que el lugar funcionaba como estacionamiento para la Sala de conciertos Nezahualcoyotl, por lo que se requirieron rellenos para obtener superficies horizontales. El proyecto se desarrolla en su mayor parte fuera del área de influencia de las estructuras colindantes existentes, sin olvidar que servirá como vínculo entre ellas.

Con la finalidad de conocer las características estratigráficas generales del subsuelo y verificar las condiciones actuales, así como la posible presencia de oquedades, discontinuidades importantes, la determinación de la capacidad de carga y la geometría de la cimentación de la nueva estructura, se llevó acabo un estudio de mecánica de suelos en el que se desarrollaron las siguientes etapas:

- Exploración y muestreo
- Ensayes de laboratorio
- Interpretación de resultados
- Análisis de la cimentación

Es importante destacar que antes de realizar la primera etapa del estudio antes mencionado se consideraron ciertos estudios preliminares con la finalidad de optimizar y sacar el mayor provecho a las etapas posteriores.

Estos estudios preliminares consistieron en la realización de trabajos de campo que se basaron en la recopilación de información, tanto del proyecto como de las estructuras

aledañas, a fin de localizar en los planos topográficos y los de trazo de la estructura los puntos de mayor importancia para la ejecución de los sondeos; fundamentalmente se trató de hacer coincidir dichos puntos con los sitios de mayor descarga al subsuelo por parte del nuevo edificio.

Una vez localizados topográficamente en campo los puntos de sondeo, se ubicaron los lugares donde se encontrarán las columnas y los muros más cargados. Este levantamiento se llevó a cabo tomando como referencia un levantamiento topográfico general previo, el plano de conjunto y el plano estructural de cimentación. En campo se lograron ubicar algunos de los puntos de exploración, dejando marcas en aquellos sitios que tuvieran factibilidad de llevarse a cabo. Algunos puntos coincidieron en sitios donde la topografía hacía muy difícil el acceso al equipo de perforación, por lo que se decidió que no fueran explorados.

- **Exploración y muestreo**

La exploración, para fines de ingeniería civil, requiere un alto grado de veracidad, esto es que las muestras que se obtengan, sean representativas del lugar para obtener datos precisos de su comportamiento mecánico. En cuanto a la exploración, en este caso se tuvo conocimiento del comportamiento de los fluidos de perforación, pues en caso de pérdida del mismo indica la presencia de fracturas o cavernas en la roca.

Tomando en cuenta las características generales y ubicación del proyecto, la investigación del terreno se estableció mediante la realización de sondeos exploratorios con obtención de muestras mediante barril y broca de diamante para exploración en roca.

Las máquinas de perforación para superficie convencional que se le ha dado el nombre de “perforadora diamante”, está diseñada de tal forma que la herramienta de corte opere de forma óptima, por lo que requiere velocidades de corte en la broca de 200, 450, 800, y 1300 RPM como promedio. La caja de velocidades transmite a la unidad la fuerza

motriz en la velocidad requerida, el motor puede ser accionado por diferentes combustibles como son gasolina, diesel o gas.

La presión de corte aplicada a la broca está dada por una bomba hidráulica y dicha presión puede fluctuar desde 0 a los 70 kg/cm<sup>2</sup>, presión que es aplicada por los pistones del sistema hidráulico a la sarta de perforación que se encuentra sujeta a la barra de avance.

La perforadora cuenta con un malacate de maniobras que opera un cable de acero que sujeta y eleva a la superficie las barras de perforación para poder extraer y recuperar las muestras, cambiar el barril o sustituir la broca.

Todos los elementos de este tipo de equipos se encuentran montados sobre un marco metálico, que actúa como un trineo, aprovechando para empujarse.

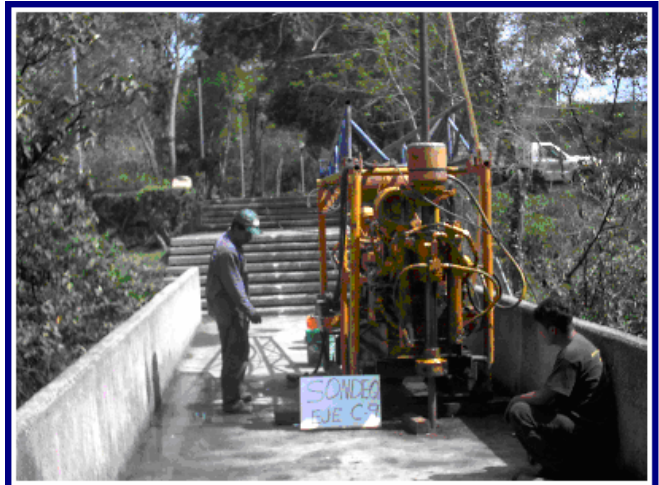
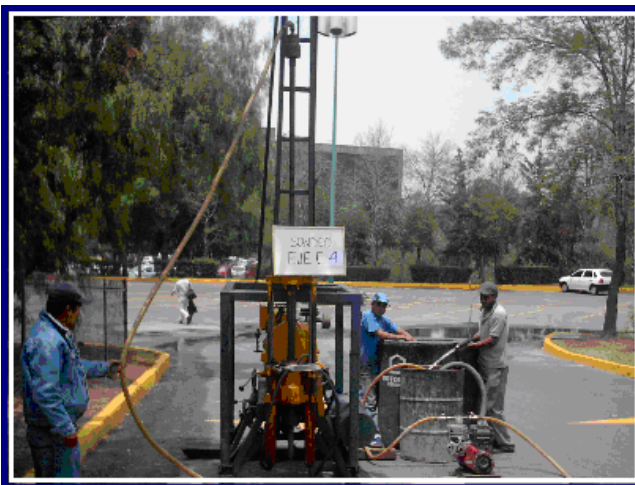
La herramienta utilizada para la obtención de muestras para su posterior análisis fue el barril doble tubo giratorio, éste consta de las siguientes partes:

- Tubo exterior
- Rima
- Retenedor de muestras
- Broca
- Tubo interior
- Cabeza
- Balero de carga
- Perno de soporte para tubo interior
- Tuerca de ajuste
- Porta retenedor de muestra

Este elemento es idóneo para obtener la mayor cantidad de muestra posible, en la cual el núcleo queda libre del fluido de perforación que sirve para enfriar la broca y a su vez elevar el detritus procedente del corte hacia la superficie, al introducirse en el tubo interior. El retenedor de muestra puede estar compuesto de 4, 6 u 8 piezas dependiendo del

diámetro del barril, que pueden ser del tipo AX, BX, NX , AW, BW y NW, dependiendo del tipo de cuerda que tenga la caja de la cabeza para conectar las barras.

Con este sistema de explotación, cuando mayor sea la calidad de la roca, menor grado de agrietamiento o fracturación se tendrá, con lo que el tubo muestreador recibirá mayores longitudes de recuperación, así como tramos menos fragmentados. Esta simple observación puede ser muy útil para caracterizar de forma preliminar la roca.



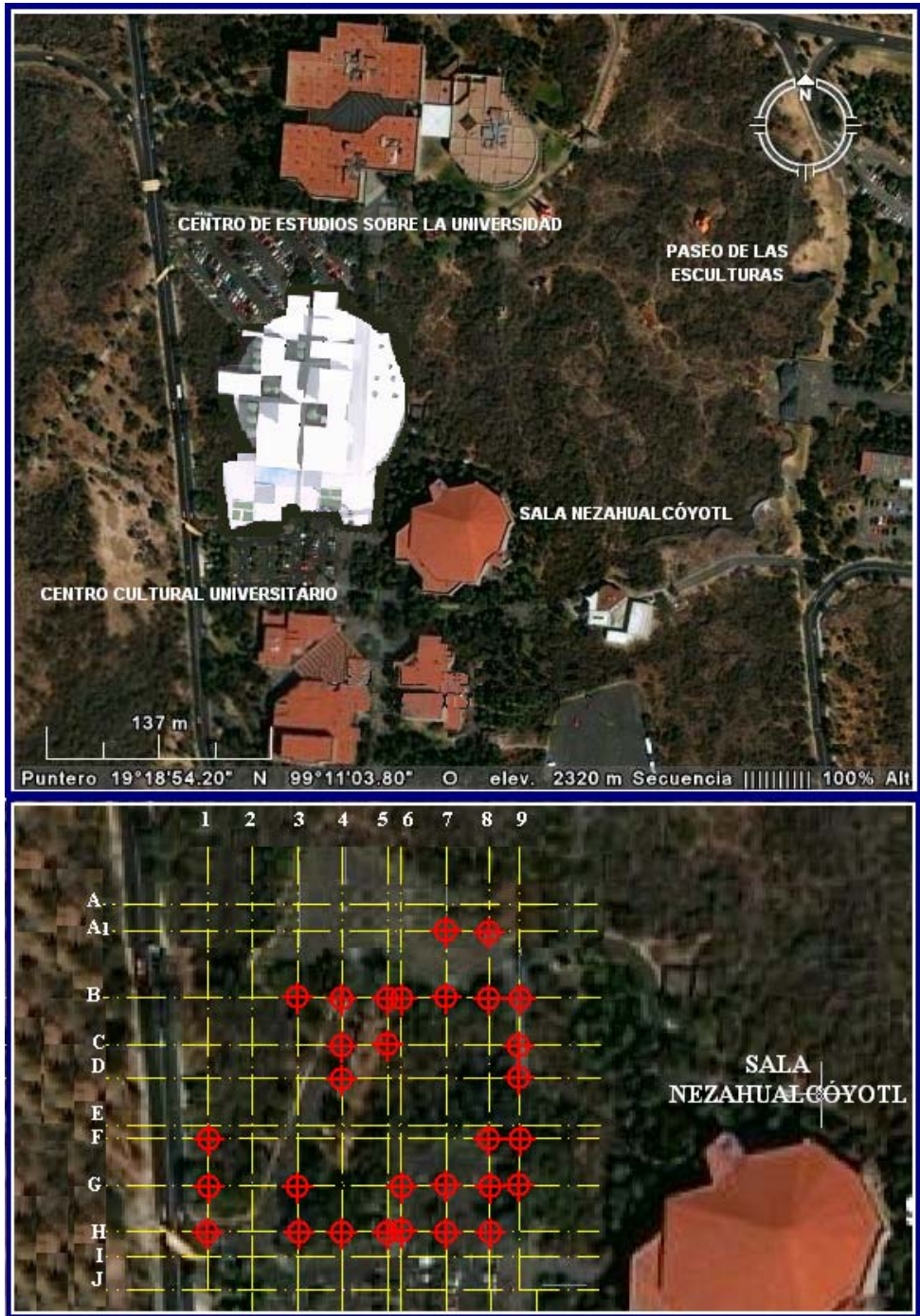
Los sondeos en la zona de estudio fueron llevados a diferentes profundidades que variaron entre los 3.80 y 10.20 m de profundidad, valores que fueron referidos en su mayor parte al nivel actual del estacionamiento.

En algunos puntos de sondeo se encontraron rellenos de suelos, en cuyo caso la exploración se llevó a cabo por medio de la herramienta de penetración estándar (SPT), aunque la información obtenida con esta herramienta no es de gran relevancia, ya que todos los rellenos superficiales existentes serán removidos, independientemente de sus propiedades físicas y mecánicas, debido a las condiciones del proyecto.

La tabla que se muestra a continuación contiene los puntos donde se realizaron los sondeos refiriéndolos de acuerdo a los ejes del proyecto, además de las profundidades de exploración desarrolladas.

Número	Eje	Localización topográfica	Accesibilidad	Sondeo	Profundidad (m)
1	H	Si	adecuada	Efectuado	9.8
2	H-8	Si	adecuada	Efectuado	10
3	H-7	Si	adecuada	Efectuado	5.8
4	H-6	Si	adecuada	Efectuado	6.2
5	H-5	Si	adecuada	Efectuado	3.9
6	H-4	Si	adecuada	Efectuado	4.5
7	H-3	Si	adecuada	Efectuado	3.3
8	G	Si	adecuada	Efectuado	9
9	G-9	Si	adecuada	Efectuado	9.9
10	G-8	Si	adecuada	Efectuado	4.5
11	G-7	Si	adecuada	Efectuado	4.2
12	GH-7	No	adecuada	Efectuado	10
13	G-6	Si	adecuada	efectuado	10.2
14	G-3	Si	adecuada	Efectuado	3.8
15	F	Si	adecuada	Efectuado	9.3
16	F-9	Si	adecuada	Efectuado	4.8
17	F-8	si	adecuada	Efectuado	9.8
18	D-9	si	dificil	Efectuado	9
19	D-4	si	adecuada	Efectuado	4
20	C-9	si	dificil	Efectuado	4.2
21	C-5	si	adecuada	Efectuado	7
22	C-4	si	adecuada	Efectuado	5
23	B-9	si	adecuada	Efectuado	9.6
24	B-8	si	adecuada	Efectuado	9.4
25	B-7	si	adecuada	Efectuado	8.4
26	B-6	si	adecuada	Efectuado	8.2
27	B-5	si	adecuada	Efectuado	9.2
28	B-4	si	adecuada	Efectuado	8.2
29	B-3	si	adecuada	Efectuado	8.3
30	A-1-8	si	adecuada	Efectuado	9.4
31	A-1-7	si	adecuada	Efectuado	9.2

Para ubicar en el terreno los sondeos se presenta la siguiente imagen que dará una mejor información de la distribución de los mismos:





Debido a la naturaleza de los materiales encontrados en el sitio, específicamente la roca, los objetivos del estudio fueron dirigidos a la detección de discontinuidades y verificación de la capacidad de carga, por lo tanto las muestras obtenidas no fueron sujetas de un programa de laboratorio muy exhaustivo, además que las muestras de suelo en los rellenos superiores simplemente se clasificaron de manera visual y al tacto, obteniéndose también su contenido natural de agua.

Las muestras de roca, además de su clasificación, fueron objeto de las siguientes pruebas:

- Índice de Calidad de la Roca (RQD) por sus siglas en inglés (Rock Quality Designation)
- Ensayes de compresión simple en muestras representativas.

### Ensayes de laboratorio

Los datos obtenidos de Índice de Recuperación (IR), Índice de Calidad de Roca (RQD), además de una descripción del material encontrado en los sondeos se presenta en la siguiente tabla:

sondeo	profundidad	Índice de recuperación (%)	RQD (%)	Descripción
H-3	0.0 - 0.20	NA	NA	Carpeta asfáltica y relleno
	0.20 - 1.40	79	21	Boleo y basalto gris oscuro fracturado de muy mala calidad
	1.40 - 3.30	87.50	31	Basalto gris oscuro poco poroso de mala calidad

H-4	0.00 - 0.60	NA	NA	Limo arenoso café oscuro de consistencia media
	0.60 - 2.00	58	24	Boleo y basalto fracturado de muy mala calidad
	2.00 - 3.20	66.6	10	Basalto fracturado color gris oscuro

	3.20 - 4.50	44.4	12.2	Basalto fracturado de muy mala calidad
--	-------------	------	------	--

H - 5	0.00 - 0.60	NA	NA	Relleno limo arenoso café oscuro con material vegetal
	0.60 - 1.20	NA	NA	Gravas y pequeños boleos empacados en suelo arcilloso
	1.20 - 2.00	65	0	Fragmentos de basalto poroso fracturado de muy mala calidad
	2.00 - 3.90	53.3	13.3	Basalto poroso gris oscuro de muy mala calidad

H - 6	0.00 - 0.40	NA	NA	Capa vegetal sobre carpeta asfáltica
	0.40 - 1.00	NA	NA	Relleno de arena poco limosa con gravas y compacidad media
	1.00 - 1.60	NA	NA	Gravas y pequeños boleos empacados en limos
	1.60 - 2.80	NA	NA	Gravas con poca arena fina de compacidad media
	2.80 - 5.10	44 - 53	0	Basalto muy fracturado de muy mala calidad
	5.10 - 6.20	81	16	Basalto fracturado de mala calidad

H - 7	0.00 - 1.20	NA	NA	Limos arenosos
	1.20 - 2.40	NA	NA	Arenas y lavas con escoria volcánica
	2.40 - 5.20	16 - 66	0	basalto poroso muy fracturado color gris oscuro
	5.20 - 5.80	100	33	Basalto poroso medianamente fracturado

H - 8	0.00 - 1.20	NA	NA	Relleno de limos arenosos con grava
-------	-------------	----	----	-------------------------------------

	1.20 - 1.80	33	0	Fragmentos de basalto y escoria volcánica
	1.80 - 7.60	60 - 83	12 a 23	Basalto color gris oscuro de calidad muy mala excepto de 2.40 a 4.20 m, donde se tiene roca menos fracturada con RQD igual a 42%
	7.60 - 10.00	84	58	Basalto muy poco fracturado de buena calidad

H	0.00 - 1.20	NA	NA	Arena arcillosa con gravas y gravillas en la parte inferior
	1.20 - 2.40	44	17	Basalto poroso gris oscuro de muy mala calidad
	2.40 - 3.00	83	53	Basalto poco fracturado de regular a buena calidad
	3.00 - 4.80	83	11	Fragmentos de rocas basáltica muy porosa
	4.80 - 9.80	86 a 95	54 a 65	Roca basáltica gris oscura poco fracturada de buena calidad

GH- 7	0.00 - 1.20	NA	NA	Gravas y arenas
	1.20 - 1.65	20	0	Basalto gris muy fracturado
	1.60 - 4.40	50	0	Basalto gris claro fracturado
	4.05 - 5.25	100	58 a 73	Basalto gris claro de buena calidad
	5.25 - 10.0	100	75 a 85	Basalto gris claro de muy buena calidad

G -3	0.0 - 1.00	NA	NA	Carpeta asfáltica sobre relleno
	1.00 - 2.00	45	0	Boleos y basalto fracturado
	2.00 - 3.00	50	30	Basalto poco fracturado
	3.00 - 3.80	50	0	Basalto muy fracturado

G-6	0.00 - 0.80	NA	NA	Gravas empacadas en arenas
	0.80 - 3.60	70 a 83	20 a 32	Basalto poroso poco fracturado color gris claro

				de mala calidad
	3.60 - 6.10	84	13	Basalto poroso fracturado de muy mala calidad
	6.10 - 8.10	90	64	Basalto color gris claro de buena calidad
	8.10 - 9.30	84	25	Basalto color gris claro de mala calidad
	9.30 - 10.20	84	99	Basalto poco poroso sano de excelente calidad

G - 7	0.00 - 1.20	NA	NA	Limo arenoso con grava
	1.20 - 1.60	NA	NA	Arenas con gravas y escoria volcánica
	1.60 - 3.00	50	0	Basalto poroso gris oscuro muy fracturado
	3.00 - 4.20	50	31	Basalto poroso gris oscuro de calidad media

G - 8	0.00 - 0.80	NA	NA	Limo arenoso café oscuro
	0.80 - 1.70	NA	NA	Grava y escoria volcánica empacadas en arena
	1.70 - 4.5	55 a 66	0	Basalto poroso gris oscuro muy fracturado

G - 9	0.00 - 1.80	NA	NA	Relleno de limos arenosos de consistencia variable
	1.80 - 3.00	58	0	Fragmentos de basalto poroso color gris oscuro muy fracturado
	3.00 - 5.40	62.5	19	Basalto poroso gris oscuro fracturado de muy mala calidad
	5.40 - 9.80	58 a 95	47	Roca basáltica color gris claro de calidad mala a regular

G	0.00 - 1.20	NA	NA	Arcilla arenosa de consistencia media con gravas en la parte inferior
	1.20 - 4.40	45 a52	15	Basalto fracturado gris oscuro de muy mala calidad
	4.40 - 5.2	50	34	Basalto poroso gris oscuro de mala calidad
	5.20- 7.50	42	0	Fragmentos de roca basáltica porosa de muy mala calidad
	7.50 - 9.00	58	25	Roca basáltica porosa de mala calidad

F - 8	0.00 - 1.70	NA	NA	Relleno de limos arenosos con gravillas y materia vegetal
	1.70 - 2.70	40 a 66	20 a 25	Basalto poroso color gris oscuro de mala calidad
	2.70 - 8.60	83	32 a 46	Basalto gris oscuro de porosidad media y calidad mala a regular
	8.60 - 9.5	100	66	Basalto homogéneo color gris oscuro poco poroso de buena calidad

F- 9	0.00 - 0.75	NA	NA	Limos arenosos con gravas y escorias volcánica
	0.75 - 1.20	--	--	sin recuperación
	1.20 - 1.80	10	NA	Gravas y fragmentos de basalto
	1.80 - 4.80	50	0	Basalto poroso muy fracturado color gris oscuro con gravas

F	0.00 - 1.20	NA	NA	Limos arenosos con gravas y gravillas
	1.20 - 4.00	30 a 33	0 a 12	Basalto fracturado muy poroso de muy mala calidad
	4.00 - 5.20	100	26	Roca basáltica porosa de mala calidad
	5.20 - 7.60	62	57	Basalto poco fracturado de buena calidad
	7.60 - 9.30	67	17	Fragmentos de basaltos porosos de muy mala calidad

D - 4	0.00 - 4.00	40 a 60	0	Fragmentos de escoria basáltica muy fracturada
D - 9	0.00 - 0.80	68	31	Basalto poroso de mala calidad
	0.80 - 4.20	50 a 73	22 a 27	Basalto medianamente fracturado de calidad muy mala a mala
	4.20 - 6.60	100	55	Basalto poco fracturado de porosidad media y buena calidad
	6.60 - 9.00	100	79	Roca basáltica sana de muy buena calidad
C - 4	0.00 - 0.75	NA	NA	Carpeta asfáltica
	0.75 - 1.20	sin registro	NA	---
	1.20 - 5.00	42.8 a 50	0 a 16	Boleos pequeños y escoria Basáltica
C - 5	0.00 - 1.00	NA	NA	Rellenos de materia vegetal, basura y limos poco arenosos
	1.00 - 7.20	50 a 60	0 a 10	Fragmentos de basalto poroso muy fragmentado de muy mala calidad
C - 9	0.00 - 1.20	NA	NA	Losa de concreto de 10 cm y mamposteado de cimentación para puente peatonal
	1.20 - 3.80	45	15	Roca basáltica fracturada de mala calidad
B - 3	0.00 - 4.20	55 a 65	0 a 15	Basalto poroso de muy mala calidad
	4.20 - 6.00	47	40	Basalto color gris claro de calidad media
	6.00 - 8.30	82	12	Basalto fracturado color gris claro

B - 4	0.00 - 8.20	50 a 72	0 a 20	Basalto y fragmentos basálticos de muy mala calidad
-------	-------------	---------	--------	---

B - 5	0.00 - 0.20	NA	NA	Carpeta asfáltica sobre grava y escoria basáltica
	0.20 - 5.50	65 a 70	0 a 16	Fragmentos de roca basáltica muy fracturada de muy mala calidad
	5.50 - 7.50	88	56	Basalto color gris oscuro poco fractura de buena calidad
	7.50 - 8.2	92	76	Basalto poco poroso de muy buena calidad

B - 6	0.00 - 0.20	NA	NA	Carpeta asfáltica sobre grava y escoria basáltica
	0.20 - 1.20	75	46	Basalto con fracturas y porosidad media, de mala a regular calidad
	1.20 - 6.20	55 a 70	0 a 10	Fragmentos de roca basáltica muy fracturada y muy mala calidad
	6.20 - 7.20	sin registro	--	---
	7.20 - 8.20	60	40	Basalto medianamente fracturado de mala a regular calidad

B - 7	0.00 - 0.20	NA	NA	Carpeta asfáltica sobre limos arenosos
	0.20 - 3.70	70	0	Fragmentos de basalto poroso muy fracturado
	3.70 - 5.70	65	52	Basalto poco poroso de buena calidad
	5.70 - 7.70	90	21	Basalto fracturado de color gris oscuro de muy mala calidad
	7.70 - 8.40	80	32	Basalto fracturado color gris oscuro de mala calidad

B - 8	0.00 - 1.20	NA	NA	Relleno de limos arenosos con gravas
	1.20 - 5.20	58 a 60	29	Basalto poroso de mala calidad
	5.20 - 9.40	60 a 75	37.5 a 42	Basalto poroso color gris oscuro de mala calidad

B - 9	0.00 - 1.50	NA	NA	Avance en losa de puente peatonal y mamposteado de cimentación
	1.50 - 5.50	60 a 75	10 a 25	Roca basáltica fracturada de muy mala calidad
	5.50 - 7.50	68	31	Roca porosa color gris oscuro de mala calidad
	7.50 - 9.60	65	15	Balasto fracturado gris oscuro de mala calidad

A1 - 7	0.00 - 1.00	NA	NA	Relleno de limos arenosos y fragmentos de roca
	1.00 - 6.00	45 a 60	12 a 17	Basalto vesicular fracturado de muy mala calidad
	6.00 - 8.10	63	55	Roca basáltica poco fracturada de buena calidad
	8.10 - 9.20	50	17	Basalto fracturado gris oscuro de muy mala calidad

A1 - 8	0.00 - 1.20	60	25	Basalto poroso gris oscuro de mala calidad
	1.20 - 4.20	40 a 50	0 a 15	Basalto fracturado de muy mala calidad
	4.20 - 8.20	70 75	40 a 46	Roca basáltica porosa gris oscuro de calidad mala a regular
	8.20 - 9.40	70	27	Roca porosa fracturada de mala calidad



Es de mencionar que para todas las muestras de roca obtenidas de los sondeos se realizaron las pruebas de laboratorio para determinar sus propiedades mecánicas, como es la prueba de compresión triaxial para la determinación de la capacidad de carga. La tabla que se muestra a continuación presenta información de los datos obtenidos. Estos puntos se marcan como de importancia, ya que es en ellos donde se ubicarán las columnas y los muros que presentarán la mayor cantidad de carga de la estructura al terreno por lo que se les da cierta prioridad en su estudio, pero esto no indica que los demás sondeos no tengan nivel de importancia para que en algún momento se realice alguna modificación al proyecto.

Sondeo	Profundidad	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Peso volumétrico (T/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
B-5	7.50-8.10	10.46	2.67	688.33
B-7	3.70-5.70	10.46	2.59	707.45
C-5	4.00-6.00	10.46	2.71	764.81
F-8	8.80-9.60	17.35	2.75	593.66
H-8	7.60-10.00	17.35	2.74	587.89
GH-7	5.85-6.45	17.35	2.68	599.42

### Interpretación de resultados

Los resultados de las exploraciones y las observaciones en campo indican que el sitio en donde se desplantará la nueva estructura en estudio, se localiza dentro de una importante zona de coladas de material lávico con espesores variables y una disposición errática, debida principalmente a la topografía irregular del lugar.

Los macizos rocosos muestran una parte superior cubierta con espuma volcánica y roca intemperizada de muy mala calidad para los procesos constructivos, seguida de un material basáltico que mejora su calidad con la profundidad, aunque dicho material conserva un grado importante de porosidad. Esta secuencia se repite con cierta uniformidad

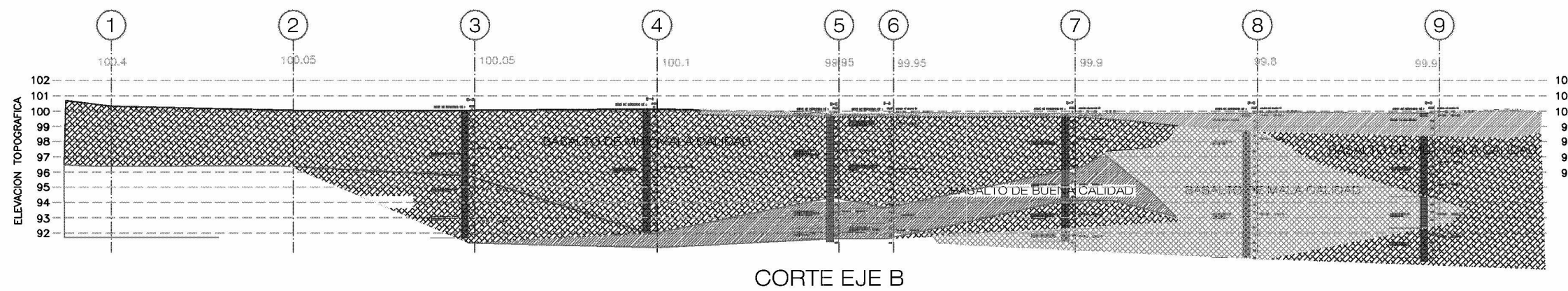
en las rocas que conforman el subsuelo de la zona donde la parte superior de los macizos se constituyen por roca muy intemperizada, con gravas de diversos tamaños.

Además de la roca se tienen zonas donde aparecen rellenos superficiales compuestos por limos arenosos, gravas y arenas con presencia de materia orgánica (suelo vegetal y raíces), así como también la presencia de basura. Estos materiales se encontraron principalmente en los taludes de las depresiones topográficas existentes o en las zonas próximas a los mismos, así como también en algunas áreas del estacionamiento, particularmente en la zona sur (alrededor de los ejes G y H) donde probablemente estos rellenos se colocaron para lograr superficies horizontales.

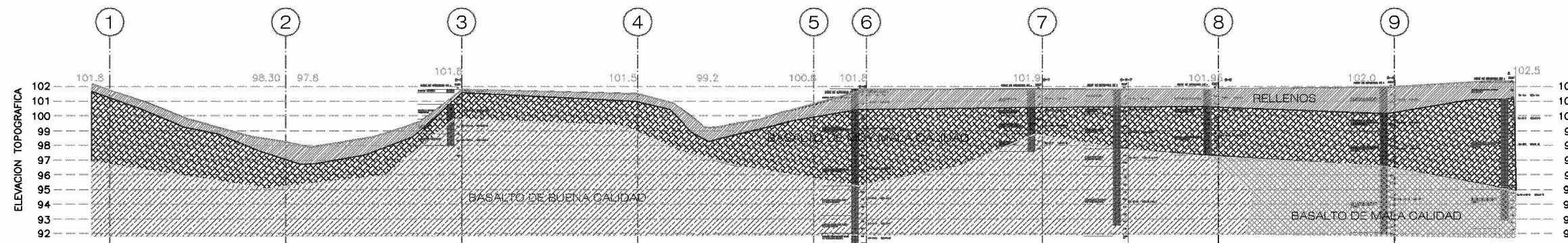
De manera general se puede concluir, con base a los resultados obtenidos del estudio del subsuelo, que la roca con mayor grado de intemperización se localiza entre 0.0 y 6.0 m de profundidad en promedio, recordando que la topografía es bastante irregular por lo que hay lugares que no obedecen este dictamen. Este material deberá ser retirado de acuerdo a los niveles que establece el proyecto.

En total se realizaron 31 sondeos de 44 que se pretendían realizar, esto se debió a la dificultad para colocar el equipo de exploración en el terreno. De los 31 sondeos efectuados, 10 de ellos fueron desarrollados a poca profundidad, entre 3.6 y 4.20 m, y los 21 sondeos restantes a más de 8.0 m de profundidad. Esto es porque el nivel que el proyecto pretende se encuentra entre los 6.00 y 8.40 m de profundidad a partir del nivel del estacionamiento.

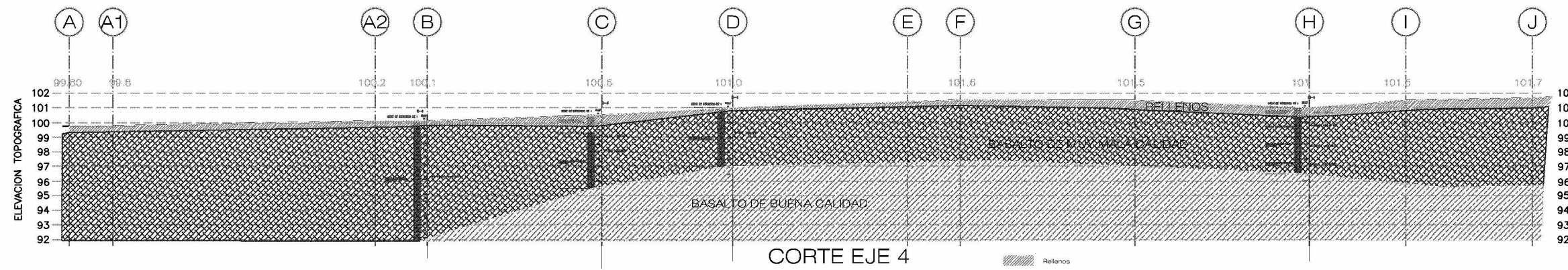
Los resultados permitieron elaborar cuatro cortes que muestran el perfil estratigráfico de las coladas de lava, en estos se observa la ubicación y la trayectoria de los cortes trazados. Dos de ellos se realizaron en dirección Norte-Sur sobre los ejes B y G, respectivamente y perpendiculares a ellos dos cortes en la orientación Este-Oeste sobre los ejes 4 y 8.



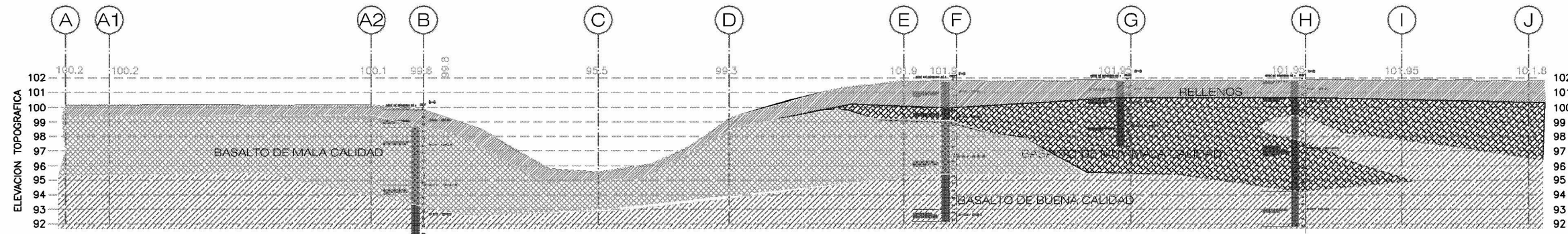
CORTE EJE B



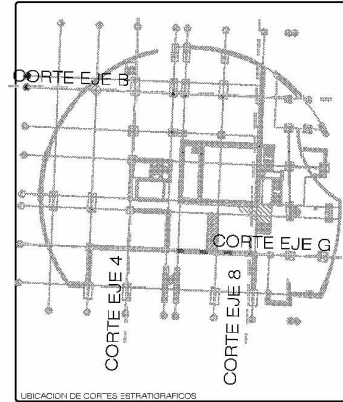
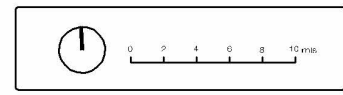
CORTE EJE G



CORTE EJE 4



CORTE EJE 8



**SIMBOLOGIA:**

- Relenos
- Roca de muy mala calidad
- Roca de mala calidad
- Roca de buena calidad

**NOTAS:**

LOS SONDEOS FUERON REALIZADOS EN LOS SITIOS DONDE QUEDARÍAN ALOJADAS LAS ZARZAS DE CIMENTACIÓN. ES DECIR EN LA LA INTERSECCIÓN DE EJES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MUSEO GALERIA  
ARTES VISUALES

CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO

CORTES ESSTRATIGRAFICOS

El sitio presenta las siguientes características generales:

- Se tiene una topografía irregular.
- Tanto el manto rocoso que aflora como las muestras obtenidas en los sondeos muestran la presencia de un basalto vesicular, en tonos variables entre gris claro y gris oscuro, con un grado de porosidad y fracturamiento variables.
- En general, la roca más fracturada se localiza en los primeros 6.0m de profundidad respecto al nivel actual del estacionamiento.

Después de los 6.0 m de profundidad en promedio aparece material de mejor calidad, menos fracturas y mayor porcentaje de recuperación, indicativo de estratos más homogéneos y de menor presencia de grietas.

### **Análisis de la cimentación**

Además de los criterios que establece el Reglamento de Construcciones para el D.F., en el diseño de cimentaciones en roca, que se rige por la resistencia individual de especímenes representativos obtenidos, que por lo general arrojan valores de resistencia muy altos, no tomando mucha importancia a otros parámetros a menos que lo amerite. Para este caso particular se decidió, además, tomar como criterio para el diseño de la cimentación las características de los posibles agrietamientos, grado de fracturamiento y alteración de los macizos.

En lugares donde las exploraciones no tienen como finalidad principal la determinación de las características individuales de los materiales, sino conocer la calidad y continuidad de los macizos rocosos y los valores de presión admisible ( $q_a$ ); estos últimos pueden obtenerse mediante correlaciones entre dicho parámetro de diseño y algunas de las propiedades físicas encontradas, tales como clasificación de la roca, porosidad, continuidad de las muestras extraídas, grado de fracturación, entre otras; o bien, en base a características dinámicas obtenidas mediante estudios de campo tales como las empleadas por los métodos geofísicos como lo pueden ser: downhole, crosshole, TRS y otros.

Las cargas máximas admisibles pueden estimarse tomando como referencia la deformabilidad de la roca ante cargas, la cual depende fundamentalmente de la calidad del depósito en función a su grado de intemperización, su compacidad y al posible número de aberturas y dirección de juntas y partes alteradas. Cuando el material rocoso presenta cierta homogeneidad, la compresibilidad del mismo permite valorar las presiones de contacto admisibles, reflejada en la propiedad RQD (Rock Quality Designation), Índice de Calidad de la Roca, la cual se define en porcentaje, como la relación entre la suma de longitudes de los tramos de muestras mayores a 10 cm. de largo y la longitud total del barreno.

La estratigrafía obtenida por medio de los ensayos de laboratorio indica los valores de RQD para todos los sondeos, así como el índice o porcentaje de recuperación (IR), parámetro que da una buena idea acerca del posible comportamiento del macizo ante la acción de cargas sobre el mismo.

La tabla que se presenta muestra los valores de RQD tanto en porcentaje como una descripción básica.

RQD (%)	Calidad de la Roca
0-25	Muy mala
25-50	Mala
50-75	Buena
75-90	Muy buena
90-100	Excelente

A continuación se muestra una tabla que indica de manera general la capacidad de carga de la roca en función del Índice de Calidad de la Roca (RQD). Estos valores son estimativos y deberán corregirse de acuerdo a diferentes factores y condiciones tales como son:

- El porcentaje de recuperación de las muestras
- La topografía del sitio que orienta la trayectoria de las coladas
- La presencia de posibles discontinuidades
- La porosidad de la roca, etc.

Los valores de capacidad de carga estimados fueron tomados como referencia de Peck-Hanson-Thornburn en “Ingeniería de Cimentaciones” y son los siguientes:

RQD (%)	Presión Admisible (kg/cm <sup>2</sup> )
100	300
90	200
75	120
50	65
25	50
0	10

Conforme las dos últimas tablas presentadas se puede clasificar que para el caso que se está estudiando la roca de cobertura en los primeros 6.0 m en promedio, se califica como de mala a muy mala calidad, siendo además el material que deberá ser retirado por cuestiones de proyecto; es por estas razones que dicho material no será considerado como estructural, por lo que la roca basáltica de calidad mala a regular compacta y medianamente fracturada localizada por debajo de la anterior, constituirá el material de desplante de las diversas estructuras, asignándole una capacidad de carga admisible teórica entre 10 y 30 kg/cm<sup>2</sup>.

Tomando los criterios de diseño establecidos, los resultados de los ensayos, así como las características de la obra y las recomendaciones del proyecto estructural, se concluye que la cimentación del nuevo Museo Universitario de Arte Contemporáneo será de tipo superficial formado de zapatas aisladas para columnas y corridas para los muros, desplantadas sobre la capa de roca de calidad mala a regular encontrada por debajo del material intemperizado que tiene un espesor promedio de 6.0 m.

Considerando las cotas de proyecto, que indican un nivel de piso terminado entre 6.0 y 8.4 m, las zapatas estarán desplantadas cuando menos 0.6 m por debajo de dicho nivel, es decir a una profundidad entre 7.2 y 9.0 m respecto a la cota +102.0 que coincide en buena parte del terreno, con el nivel actual de estacionamiento. Como la roca presenta un alto

grado de fracturación, aún a profundidades mayores a los 6.0 m, se recomienda dar un tratamiento para mejorar las condiciones.

De acuerdo al análisis de carga, las presiones de contacto que las zapatas transmitirán al subsuelo, oscilan entre las 21.8 T/m<sup>2</sup> hasta presiones de 68 T/m<sup>2</sup>, como en el caso de las zapatas del eje C-5-6 y de 92.5 T/m<sup>2</sup> en la zapata C-7.

Debido principalmente a las características de erraticidad que presenta el terreno, se recomienda que para cualquier caso, las zapatas de cimentación sean diseñadas y dimensionadas de manera que las descargas máximas transmitidas no rebasen las 60 T/m<sup>2</sup>, aunque los resultados obtenidos de los estudios establezcan que los macizos tiene valores de resistencia mayores a éste.

Los sondeos realizados de manera particular en los perfiles estratigráficos nos permiten realizar las siguientes conclusiones de importancia.

1. La Zona Nor-Poniente del sitio donde se ubicará el museo presenta un alto grado de fracturación en las cotas en las que tentativamente se desplantarán las zapatas, se recomienda se realice el mejoramiento del material de apoyo.
2. La Zona Sur-Oriente muestra una mejor calidad de los macizos rocosos, por lo que las zapatas de cimentación podrán desplantarse con un empotramiento mínimo de 60 cm directamente sobre los estratos de basalto; una vez efectuadas las excavaciones correspondientes para alcanzar los niveles de proyecto y verificar la continuidad del macizo rocoso en cada una de ellas.

Para el caso donde se tiene que dar un tratamiento al terreno para su mejoramiento se recomienda el uso de inyecciones con boquilla para barrenos en roca.

**Procedimiento de inyección con boquilla en roca.**

El objetivo de realizar inyecciones en la roca que servirá para desplantar la cimentación es de mejorar su capacidad al cortante, mejorar la cohesión y el ángulo de rozamiento del macizo, además de corregir las zonas débiles, reduciendo así los efectos de anisotropía. La inyección también repara en cierta forma los daños provocados en la roca causados por la excavación.

Esta técnica consiste en hacer penetrar un fluido cementante en la masa rocosa de forma que fragüe en las grietas y fisuras, desplazando el aire o el agua en ellas. El producto inyectado, al mismo tiempo que impide la circulación del agua por la roca, proporciona una resistencia adicional al macizo.

La inyección en roca requiere normalmente el empleo de una lechada formada por una mezcla de cemento Pórtland y agua. Se puede añadir también arena, arcilla, polvo de roca y otros materiales inertes con objeto de reducir el costo del tratamiento cuando las fisuras son suficientemente grandes como para absorber grandes cantidades de lechada.

Con objeto de hacer penetrar estos materiales en las fisuras más finas, es necesario que la lechada contenga una cantidad de agua relativamente mayor a la necesaria para provocar la hidratación del cemento.

Para realizar este procedimiento se requieren elevadas presiones, no sólo para hacer penetrar la lechada en las fisuras, sino también expulsar el exceso de agua y asegurar un producto de fraguado de adecuada resistencia. La presión de inyección depende del estado tensional de la roca en el instante de la inyección, es recomendable realizar ensayos de rotura por presión con objeto de estimar la presión de trabajo adecuado.

La inyección suele ser muy eficaz cuando las fracturas están abiertas y limpias. La inyección de cemento se adhiere a las paredes de las fisuras, con lo cual se mejora la cohesión de la roca y se evita la circulación del agua.



La boquilla es un nicle de hierro que se empotra y se cierra en la boca del barreno con una mezcla de agua y cemento. En el extremo libre se acopla una manguera de inyección junto con una conexión para instalar el manómetro que controla la presión del flujo.



Las mezclas de inyección pueden ser diseñadas para tratamientos de impermeabilización y consolidación. Para este caso se utilizará una mezcla tal que sirva para rellenar las fisuras y grietas que puedan existir en la roca, por lo que se utiliza una lechada de agua-cemento en proporción 2:1. No se utilizó arena en esta mezcla ya que pueden ocurrir que exista taponamiento de la bomba de succión y en la entrada de las fisuras y grietas provocando que estas no se rellenen debido al diámetro de la arena.

Con esta mezcla, se puede inyectar con una presión baja entre 2.5 a 5 kg/cm<sup>2</sup> que podrá variar de acuerdo al avance de los trabajos de inyección.

Los rellenos que deberán hacerse para desplantar los sistemas de piso de la planta baja deberán de cumplir con las siguientes especificaciones:

- Deberá emplearse material de banco volumétricamente inerte (tipo tepetate)
- Se colocará en capas no mayores a 20 cm. compactadas cuando menos al 95% de su PVSM obtenido en una prueba Proctor estándar.
- El material deberá tener un porcentaje de partículas finas no mayor al 30%
- En la parte fina, el suelo deberá tener un LL <25% y un IP<15%



## II.2 Descripción Detallada de la Cimentación

El Reglamento de Construcciones para el D.F. y sus Normas Técnicas Complementarias en lo correspondiente al diseño de cimentaciones dice que el análisis de la misma debe considerar los estados límites de falla y de servicio, además de los correspondientes a los elementos de la estructura.

El Estado límite de falla consta de la revisión de los siguientes parámetros:

- Flotación
- Desplazamiento plástico local o general del suelo bajo la cimentación
- Falla estructural de la cimentación.

La revisión de éste estado consiste en comparar para cada elemento de la cimentación, y en su conjunto con la capacidad de carga del suelo, recordando que esta propiedad no es la única que se toma en cuenta para el diseño de la cimentación como se mencionó en la primera parte de este capítulo. Para las acciones de diseño, se tomaron en cuenta los factores de carga correspondientes tanto para la capacidad de carga neta y otras acciones.

Aunque el área de influencia del nuevo museo se encuentra fuera del área de influencia de las estructuras colindantes fue necesario tomar en cuenta la interacción entre las diferentes estructuras y sus cimentaciones para evitar posibles afectaciones durante o después de la construcción.

Los parámetros del estado límite de servicio que requieren ser analizados para cumplir con el reglamento son las siguientes:

- Movimiento vertical medio, asentamiento o emersión de la cimentación, con respecto al nivel del terreno circundante.
- Inclinação media de la construcción.
- Deformación diferencial de la propia estructura y sus vecinas.

En cada uno de estos movimientos se consideró el componente inmediato bajo carga estática y carga accidental (principalmente por sismo), y por la combinación de los dos. El valor esperado de cada uno de estos movimientos garantiza que no se causarán daños a la cimentación, estructura, instalaciones o elementos no estructurales y acabados, pero esto además tomó en cuenta las afectaciones a las construcciones aledañas y los servicios públicos con los que contará.

Basados en los estudios de mecánica de suelos realizados se propuso resolver la cimentación del nuevo Museo Universitario de Arte Contemporáneo a través de zapatas aisladas para las columnas y zapatas corridas en el caso de muros. Además se ha considerado que el terreno tiene una capacidad de carga admisible de 50 T/m<sup>2</sup>.

Una vez resuelta la cimentación, se realizaron algunos sondeos en el lugar donde se ubicarán las zapatas más cargadas para revisar las condiciones del macizo y hacer tratamientos en los casos que lo requirieron.

Para la determinación de las cargas consideradas en el diseño de la cimentación, se tomó en cuenta el peso propio de los elementos estructurales, aplicando las acciones unitarias permanentes y variables que se describen a continuación.

Para el análisis de la cimentación se tomó la combinación de acciones permanentes más acciones variables incluyendo la carga viva. Con este tipo de combinación se revisaron los estados límite de falla y de servicio. Las acciones variables se consideraron con su intensidad media para fines del análisis de asentamientos u otros movimientos a largo plazo.

Para la revisión de estados límite de falla, se tomó en cuenta la acción variable más desfavorable con su intensidad máxima y las acciones restantes con intensidad instantánea. Entre las acciones permanentes se incluyeron el peso propio de los elementos estructurales de la cimentación, los efectos del hundimiento regional sobre la cimentación, el peso de los rellenos y lastres que graviten sobre los elementos de la subestructura, los empujes laterales

sobre dichos elementos y toda otra acción que se genere sobre la propia cimentación o en su vecindad.

En una segunda etapa de análisis se llevó a cabo otra combinación de acciones que consistió en la aplicación de acciones permanentes más acciones variables con intensidad instantánea y acciones accidentales debidas a sismo. Con este tipo de combinación se revisaron los estados límite de falla y límite de servicio asociados a deformaciones transitorias y permanentes del suelo.

Para las combinaciones realizadas, los valores de peso unitario que se tomaron en cuenta en dicho análisis son los que se presentan a continuación:

a) Cargas permanentes.-

Aceros en perfiles laminados	7800 kg/m <sup>3</sup>
Concreto normal	2200 kg/m <sup>3</sup>
Plafón e instalaciones	60 kg/m <sup>2</sup>
Muros divisorios (sin incluir acabados)	140 kg/m <sup>2</sup>
Piso y entornados	120 kg/m <sup>2</sup>
Por reglamento	40 kg/m <sup>2</sup>
Enladrillado y entortado en azotea	120 kg/m <sup>2</sup>
Aplanado de yeso en muros	30 kg/m <sup>2</sup>

b) Cargas vivas.-

	Diseño (kg/m <sup>2</sup> )	Sismo (kg/m <sup>2</sup> )	Cimentación (kg/m <sup>2</sup> )
Salas de exhibición	500	250	100
Auditorio y lugares de reunión	350	250	40
Azotea pendiente menor al 5 %	100	70	15
Escalera y pasillos	350	150	40

## Análisis estructural

Considerando las cargas permanentes y variables que actuarán sobre la estructura así como la geometría de las secciones y las propiedades mecánicas de los materiales, se analizó la estructura como un sistema de respuesta elástica ante carga vertical estática y carga lateral por sismo; para el análisis estructural se echó mano de la utilización de programas de computadora que usan métodos matriciales y de elementos finitos, además de poderse realizar análisis sísmico.

Para realizar el análisis se obtuvieron las coordenadas de los lugares donde se encontrarán los muros y columnas en cada nivel, esto con el objetivo de clasificarlas para su posterior estudio.

El coeficiente sísmico que se entiende como la fuerza cortante horizontal que actúa en la base de la edificación por efecto del sismo entre el peso de la edificación tomando como base de la estructura el nivel donde los desplazamientos con respecto al terreno circundante son significativos se realizó como se explica a continuación.

El coeficiente sísmico para las edificaciones clasificadas como del grupo B tomado del Reglamento de Construcciones para el D.F. se presenta en la siguiente tabla:

Zona	$c$	$a_o$	$T_a^{-1}$	$T_b^{-1}$	$r$
<b>I</b>	<b>0.16</b>	0.04	0.2	1.35	1.0
II	0.32	0.08	0.2	1.35	1.33
III <sub>a</sub>	0.40	0.10	0.53	1.8	2.0
III <sub>b</sub>	0.45	0.11	0.85	3.0	2.0
III <sub>c</sub>	0.40	0.10	1.25	4.2	2.0
III <sub>d</sub>	0.30	0.10	0.85	4.2	2.0

Como el nuevo Museo Universitario de Arte Contemporáneo se clasifica como estructura de grupo A, el reglamento indica que se incrementará el coeficiente sísmico en un 50 por ciento.

Por lo tanto se consideró un coeficiente sísmico  $C = 0.24$  que es el incremento en un 50 % al coeficiente  $c = 0.16$  correspondiente a zona I de estructuras de grupo B.

Además se utilizó un factor de comportamiento sísmico  $Q = 1.6$  que es el resultado de que la estructura cumpla con las condiciones de factor  $Q = 2.0$ , pero este valor es afectado por las características de irregularidad de la misma, por lo que se disminuye en un 20 %. Estos valores son los que estipula el Reglamento de Construcciones para el D.F. dentro de las Normas Técnicas Complementarias para el diseño por sismo.

Tanto el análisis sísmico estático como el sísmico dinámico se hicieron empleando un programa de computadora que incluye todos los requisitos indicados en el Reglamento. El programa ECOgcW V2.15 fue el utilizado, ya que maneja métodos matriciales y de elementos finitos. De la misma forma, los desplazamientos estimados cumplieron los requisitos y no afectan ni a la estructura ni a las colindancias.

Para el análisis se consideró que la estructura tendría un aceleración espectral de diseño  $a_0=0.04$ , periodos característicos de 0.2 s para  $t_a$  y 1.35 s para  $t_b$  y un exponente  $r=1.0$  para el cálculo de los espectros, obteniendo como resultado un periodo fundamental  $T=0.86$  s correspondiéndole una aceleración espectral  $a = 0.24$ .

Por otra parte se consideró que  $Q = Q'$  ya que el periodo fundamental  $T$  es mayor que  $t_a$ .



## Diseño estructural

Para el diseño de los elementos estructurales se utilizó el método de los estados límite o resistencia última que hace las siguientes consideraciones:

- 1) La deformación unitaria útil máxima del concreto a compresiones es de  $\epsilon_{cu} = 0.003$
- 2) Existe adherencia entre concreto y el acero de refuerzo, de tal manera que la deformación unitaria del conjunto sea la misma
- 3) El concreto no resiste esfuerzos a tensión

Además se debe satisfacer la condición de que las cargas actuantes afectadas del factor correspondiente sean inferiores a la resistencia nominal, por su factor de reducción respectivo.

Para el cálculo de la cimentación se consideraron las siguientes expresiones.

### Momento último

$$M_u = FC(M)$$

FC = 1.5 factor de carga para estructuras clasificadas como del grupo A

$M_u$ .- Momento último.

### Flexión momento resistente:

$$M_r = FRT(d - c) + C_1(c - d') + C_2\left(c - \frac{a}{2}\right)$$

Tomando en cuenta un FR = 0.9 para flexión

### Cortante último

$$V_c = FC(V)$$

FC=1.4

### Cortante resistente del concreto

$$VCR = FC(0.2 + 30p)\sqrt{f^*}cbd \quad \text{sí } p \leq 0.01$$

$$VCR = FC(0.5)\sqrt{f^*}cbd \quad \text{sí } p \geq 0.01$$

### Separación de los estribos en elementos trabajando a cortante (trabes y vigas)

$$S = \frac{FRAsfyd}{Vu - VCR}$$

Donde  $f^*c = 0.8f^c$

P= porcentaje de refuerzo de tensión por flexión

FR.- factor de reducción = 0.8 para cortante

### Columnas

Se estimaron las cargas estáticas sobre cada columna en base a su área tributaria y se corrigieron posteriormente para tomar en cuenta la redistribución por continuidad de las trabes.

Del análisis estático de marcos, se obtuvieron los momentos estáticos debidos a cargas vertical y del análisis sísmico los momentos por carga lateral afectados del factor de reducción que resulta del cociente de cortante dinámico entre el cortante estático.

El trabajo numérico se efectuó mediante computadora, considerando las siguientes condiciones de flexocompresión biaxial.

#### a.- condición estática

$$PU=1.4PE$$

$$MUX=1.4(MEX+MACCX)Fax$$

$$MUY=1.4(MEY+MACCY)Fay$$

#### b.- condición estática más sismo (x)

$$P_U = 1.1(P_E + P_{sx} + 0.3P_{sy})$$

$$M_{UX} = 1.1(M_{EX} + M_{ACCX} + M_{SX})F_{ax}$$

$$M_{UY} = 1.1(M_{EY} + M_{ACCY} + 0.3M_{SY})F_{ay}$$

**c.- condición estática más sismo (y)**

$$P_U = 1.1(P_E + 0.3P_{sx} + P_{sy})$$

$$M_{UX} = 1.1(M_{EX} + M_{ACCX} + 0.3M_{SX})F_{ax}$$

$$M_{UY} = 1.1(M_{EY} + M_{ACCY} + M_{SY})F_{ay}$$

Donde:

F<sub>a</sub>.- factor de amplificación de momentos para considerar efectos de segundo orden, calculado con la expresión:

$$f_a = 1 + \frac{\frac{W_u}{h}}{\frac{R}{Q} - 1.2 \frac{W_u}{h}} \leq 1.0$$

W<sub>u</sub>.- carga de diseño en todo el piso acumulado desde el último nivel hasta el nivel considerado.

R.- rigidez de entrepiso

Q.- factor de comportamiento sísmico

h.- altura del entrepiso

Para cada una de las condiciones anteriores se calcularon los coeficientes adimensionales:

$$K = \frac{P_u}{FRb_f''c}$$

$$R_x = \frac{M_{ux}}{FRb_2ff''c}$$

$$R_y = \frac{M_{uy}}{FRbt_2 f'c}$$

$f'c = 250 \times 0.8 \times 0.85 = 170 \text{ kg/cm}^2$  para concreto  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

### Muros por cortante

Los muros a flexión en su plano se calcularon con la expresión

$$A_s = \frac{M_u}{FRF_y Z}$$

Si la carga vertical de diseño  $P_u \leq 0.2 FRtL f'c$  y la cuantía de acero a tensión  $\frac{A_s}{td} \leq 0.008$  (d es el peralte efectivo del muro en la dirección de la flexión)

$$\begin{aligned} Z &= 0.8L && \text{si } \frac{H}{L} \geq 1.0 \\ Z &= 0.4 \left( 1 + \frac{H}{L} \right) L && \text{si } 0.5 < \frac{H}{L} < 1.0 \\ Z &= 1.2 H && \text{si } \frac{H}{L} \leq 0.5 \end{aligned}$$

Donde:

H.- altura total del muro

L.- longitud horizontal del muro

La fuerza cortante que toma el concreto en muros sujetos a fuerzas horizontales en su plano se determinó con el siguiente criterio

$$\begin{aligned} \text{Si } \frac{H}{L} \leq 1.5 \quad VCR &= 0.85 FR f'c t L \\ \text{Si } \frac{H}{L} \geq 2.0 \quad VCR &= FR t d (0.2 + 30p) \sqrt{f'c} \\ VCR &= 0.5 FR t d \sqrt{f'c} \end{aligned}$$

Donde  $d = 0.8 L$

La cuantía del refuerzo horizontal  $P_h$  y refuerzo vertical  $P_v$  se calcularon con la expresión.

$$P_h = \frac{V_u - V_{CR}}{FRf_y d}$$

$$P_v = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{H}{L} \right) (P_h - 0.0025)$$

### Losas perimetralmente apoyadas

Para el análisis de diseño de estos elementos se consideraron únicamente los efectos debido a las cargas verticales, la obtención del peralte se hizo utilizando la siguiente expresión:

$$D = \frac{\text{perimetro}}{250} \times 0.034 \sqrt{f * c}$$

$F_s$  = esfuerzo de trabajo de acero igual a  $0.6f_y$

W.- carga de diseño en  $\text{kg/m}^2$

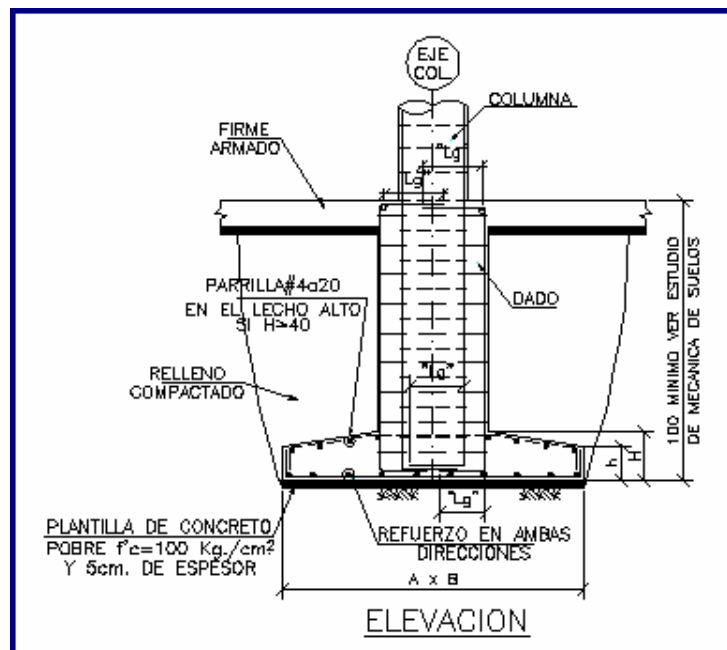
### Elementos no estructurales

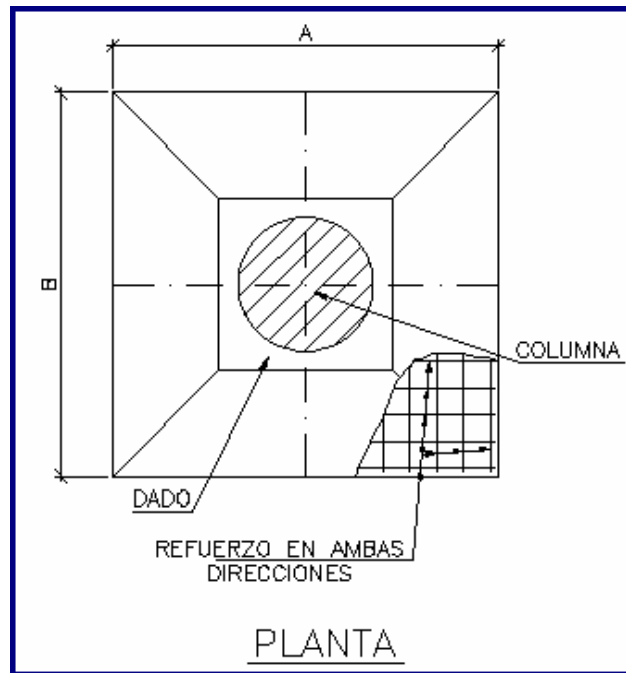
Para los elementos que no forman parte integral de la estructura, como en el caso de muros de mampostería, cancelería y ventanas deberán desligarse de la estructura de tal modo que no interfiera con la deformación de la misma. Las zapatas asiladas que se proponen son las que se presentan en la tabla siguiente.

## Tabla de Zapatas

### Aisladas

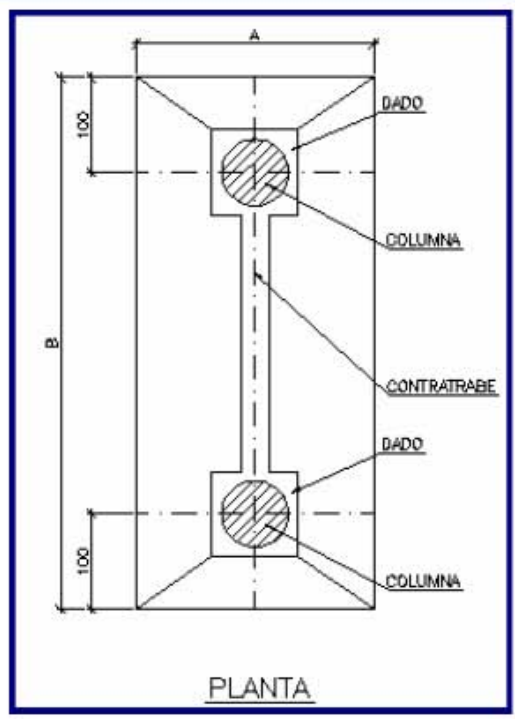
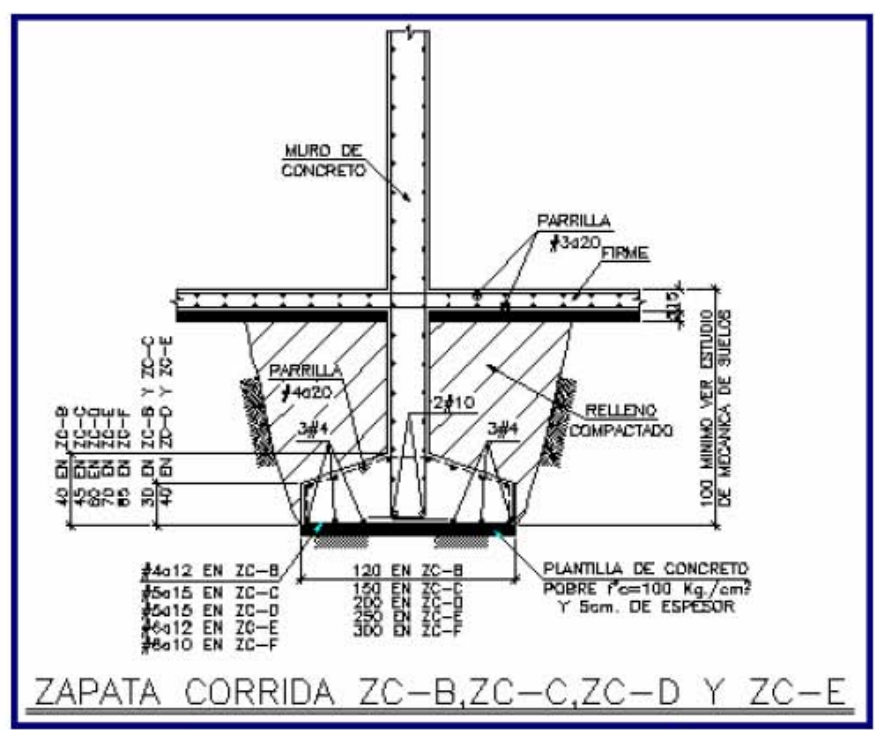
tipo	Dimensiones			refuerzo en ambas direcciones
	AxB [cm]	h [cm]	H [cm]	
Z-1	150x150	20	25	#4a15
Z-2	200x200	20	40	#5a18
Z-3	250x250	25	45	#5a14
Z-4	290x250	25	55	#5a10





Las zapatas corridas para los muros son las que se presentan en la tabla siguiente:

tipo	Dimensiones			refuerzo en ambas direcciones	
	AxB [cm]	h [cm]	H [cm]	AS-1	AS-2
Z-I	150x560	20	40	#6a18	#5a18
Z-II	200x560	30	55	#5a12	#5a18
Z-III	250x560	30	70	#6a14	#5a18





Para las diferentes secciones de zapatas se hicieron los análisis que verifican la seguridad de las mismas.

Los parámetros que se utilizaron además de los mencionados con anterioridad son:

- Revisión por cortante
- Revisión por penetración
- Flexión

A manera de ejemplo se proporciona el diseño de la zapata Z-2

### **Diseño de zapatas aislada Z-2**

$$Q_n = 50t/m^2$$

$$P = 182 \text{ T}$$

#### Concreto

$$F'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$$

#### Acero

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

#### Sección columna

$$B = 90 \text{ cm}$$

$$D = 90 \text{ cm}$$

$$\text{Peralte } H = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Área de la zapata } (A_z) = 3.64 \text{ m}^2$$

$$B = 191 \text{ cm}$$

$$L = 191 \text{ cm}$$

### Revisión por cortante

Como viga ancha

$$V_u = 14.28 \text{ T}$$

$$V_u = 4.76 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{CR} = 6.20 \text{ kg/cm}^2$$

### Revisión por penetración

$$V_u = 154 \text{ T}$$

$$V_u = 10.69 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{CR} = 12.39 \text{ kg/cm}^2$$

### Revisión por flexión

$$M_u = 8.89 \text{ T-m}$$

$$B_1 = 0.87857143$$

$$B_{dis} = 0.87857143$$

$$Q_{bal} = 0.51680672$$

$$A_{s_{max}} = 56.48 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = 8.66 \text{ cm}^2$$

$$C = 0.0539$$

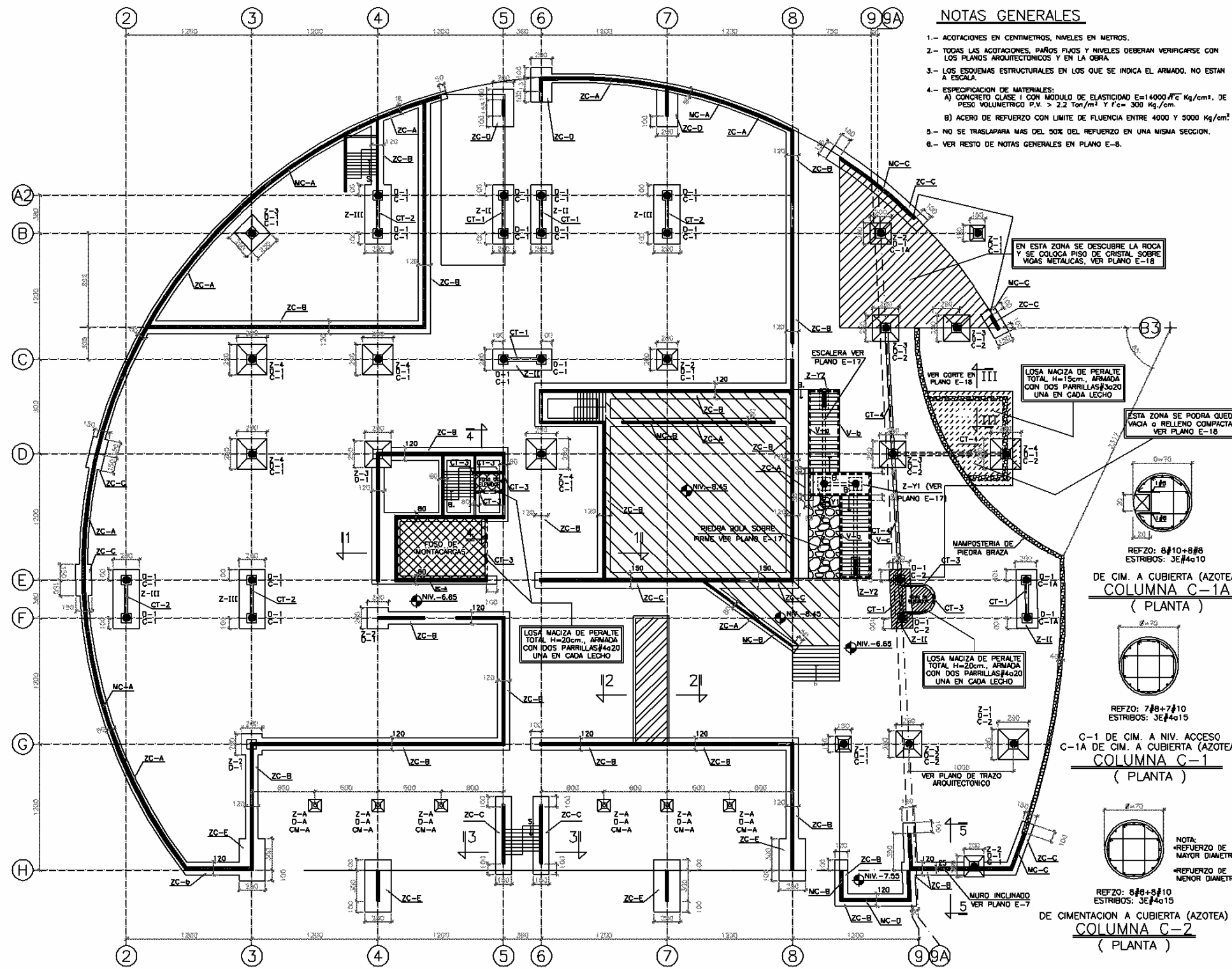
$$Q = 0.0553$$

$$A_{s_1} = 80.6 \text{ cm}^2$$

De manera similar se procedió para la revisión de cada una de las zapatas que se utilizarán en la cimentación del museo

Tipo de zapata	unidades
aisladas	
Z-1	2
Z-2	1
Z-3	6
Z-4	6
corridas	
Z-I	2
Z-II	5
Z-III	4

La ubicación y los detalles de cada zapata se muestran en los planos de cimentación que se anexan en las siguientes páginas.

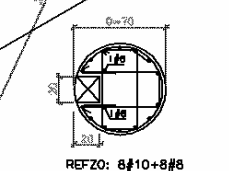


- ### NOTAS GENERALES
- 1.- ACOTACIONES EN CENTIMETROS, NIVELES EN METROS.
  - 2.- TODAS LAS ACOTACIONES, PAÑOS FIJOS Y NIVELES DEBERAN VERIFICARSE CON LOS PLANOS ARQUITECTONICOS Y EN LA OBRA.
  - 3.- LOS ESQUEMAS ESTRUCTURALES EN LOS QUE SE INDICA EL ARMADO, NO ESTAN A ESCALA.
  - 4.- ESPECIFICACION DE MATERIALES:
    - A) CONCRETO CLASE I CON MODULO DE ELASTICIDAD  $E=14000 \text{ Kg/cm}^2$ , DE PESO VOLUMETRICO P.V.  $> 2.2 \text{ Ton/m}^3$  Y  $f_c= 300 \text{ Kg/cm}^2$ .
    - B) ACERO DE REFUERZO CON LIMITE DE FLENCIA ENTRE 4000 Y 5000  $\text{Kg/cm}^2$ .
  - 5.- NO SE TRASLAPARA MAS DEL 50% DEL REFUERZO EN UNA MISMA SECCION.
  - 6.- VER RESTO DE NOTAS GENERALES EN PLANO E-8.

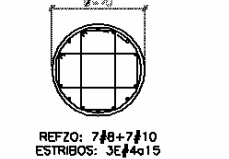
EN ESTA ZONA SE DESCUBRE LA ROCA Y SE COLOCA PISO DE CRISTAL SOBRE VIGAS METALICAS, VER PLANO E-18

LOSA MACIZA DE PERALTE TOTAL  $H=15\text{cm}$ , ARMADA CON DOS PARRILLAS  $\#4\text{x}20$  UNA EN CADA LECHO

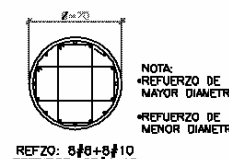
ESTA ZONA SE PODRA QUEDAR VACIA O RELLENO COMPACTADO VER PLANO E-18



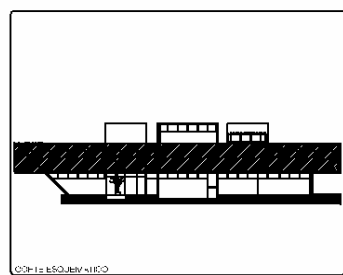
DE CIM. A CUBIERTA (AZOTEA)  
**COLUMNA C-1A**  
( PLANTA )



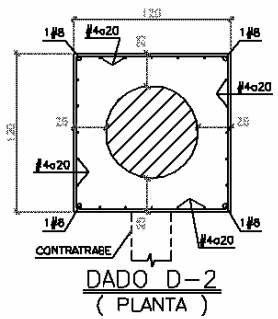
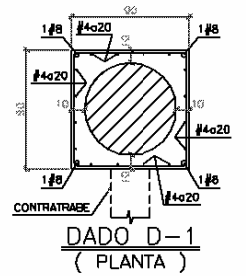
C-1 DE CIM. A NIV. ACCESO  
C-1A DE CIM. A CUBIERTA (AZOTEA)  
**COLUMNA C-1**  
( PLANTA )



DE CIMENTACION A CUBIERTA (AZOTEA)  
**COLUMNA C-2**  
( PLANTA )



### PLANTA DE CIMENTACION MUROS Y COLUMNAS



### NOTAS DE REFERENCIA:

- 1.- VER DETALLES DE ZAPATAS EN EL PLANO E-2.
- 2.- VER DETALLES DE CONTRATRASES EN PLANO E-2.
- 3.- VER CORTES EN EL PLANO E-2.
- 4.- VER DETALLES DE LOS MUROS EN LOS PLANOS E-3, E-4, E-5 Y E-6.
- 5.- VER DETALLE TIPICO DE ANCLAJE DE MURO EN COLUMNAS EN EL PLANO E-6.
- 6.- VER DETALLE TIPICO DE ESQUINAS DE MURO EN EL PLANO E-6.
- 7.- VER DETALLE DE DESPLANTE DE MURO DE CONCRETO EN EL PLANO E-6.

### NOTAS DE CIMENTACION

- 1.- TODAS LAS ZAPATAS SE DESPLANTARAN SOBRE TIERRINO SANO LIBRE DE MATERIA ORGANICA o RELLENOS, QUE GARANTICEN UNA PRESION DE CONTACTO MINIMA DE 50  $\text{Ton/m}^2$ , VER ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.
- 2.- TODAS LAS ZAPATAS SE DESPLANTARAN SOBRE UNA PLANTILLA DE CONCRETO POBRE DE  $f_c= 100 \text{ Kg/cm}^2$  Y 5cm. DE ESPESOR.
- 3.- LOS RELLENOS DEBERAN HACERSE EN CAPAS NO MAYORES DE 20cm. DE ESPESOR COMPACTADO PERFECTAMENTE HASTA OBTENER EL 90% DE LA PRUEBA PROCTOR ESTANDAR.
- 4.- CONCRETO CLASE I CON MODULO DE ELASTICIDAD  $E= 14000 \text{ Kg/cm}^2$ , DE PESO VOLUMETRICO P.V.  $= 2.2 \text{ Ton/m}^3$  Y  $f_c= 300 \text{ Kg/cm}^2$ .
- 5.- LOS DESPLANTES DE ZAPATAS DEBERAN SER AUTORIZADOS POR EL ESPECIALISTA DE MECANICA DE SUELOS.

### PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION:

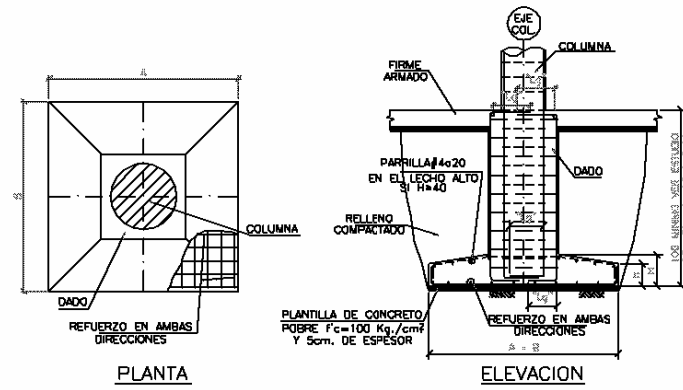
- 1.- SE DEBE HACER UN SONDEO DE VERIFICACION BAJO CADA ZAPATA OBTENIENDO EL ESPESOR DE ROCA, SI EXISTEN HUECOS BAJO DICHO APOYO SE DIMENSIONARA SU ANCHURAS PARA MODIFICAR LA ZAPATA SI ES NECESARIO.
- 2.- RESPECTO AL PISO DE PLANTA BAJA, COMO SU NIVEL ES INFERIOR AL NIVEL DE ESTACIONAMIENTO EXISTENTE, DEBE VERIFICARSE EN OBRA AL EXCAVAR Y LLEGAR AL NIVEL DE PISO, SI ES NECESARIO ESTRUCTURAR LA ZONA O SIMPLEMENTE SE COLOCA UN FIRME SOBRE RELLENO COMPACTADO.
- 3.- VER ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

EL NIV. TIENDAS EXISTENTE, AUTOPURBA DEL NIV. PISO

MUSEO GALERIA DE ARTES VISUALES

OPORTO CULTURAL S.A. VER PLANO E-2

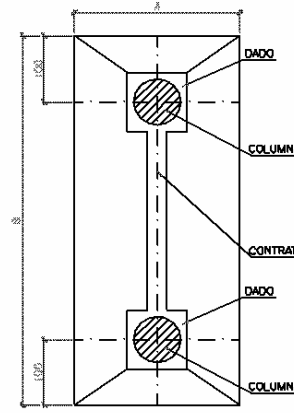
### PLANTA DE CIMENTACION



PLANTA  
DETALLE DE ZAPATAS AISLADAS

TIPO	DIMENSIONES			REFUERZO EN AMBAS DIRECCIONES
	A x B	h	H	
Z-1	150x190	20	25	#4x15
Z-2	200x200	20	40	#5x18
Z-3	250x250	25	45	#5x14
Z-4	290x290	25	55	#5x10

RESISTENCIA NETA DEL TERRENO DE 50 Ton./m<sup>2</sup>



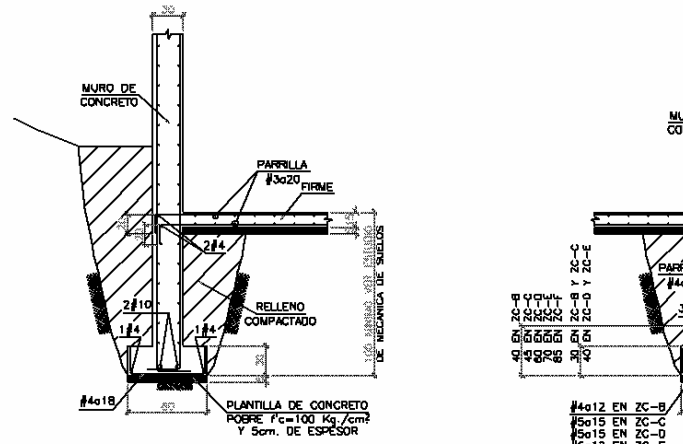
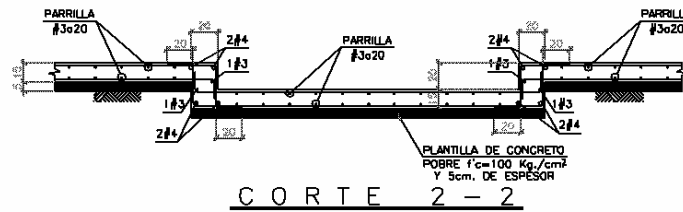
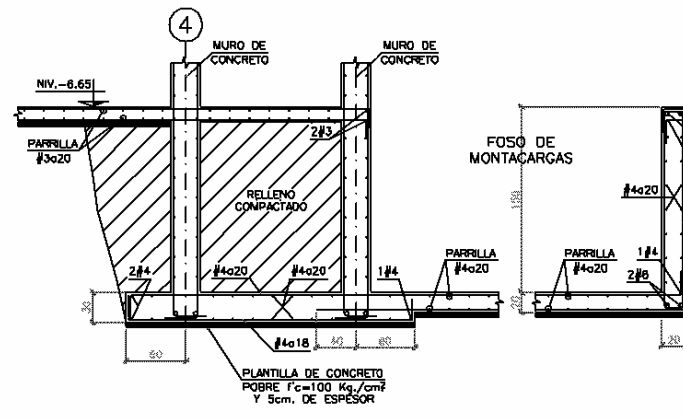
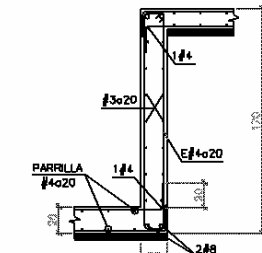
PLANTA  
DETALLE DE ZAPATAS AISLADAS

TIPO	DIMENSIONES		REFUERZO EN AMBAS DIRECCIONES	
	A x B	h	AS-1	AS-2
Z-I	150x560	20	#5x18	#5x18
Z-II	200x560	30	#5x12	#5x18
Z-III	250x560	30	#6x14	#5x18

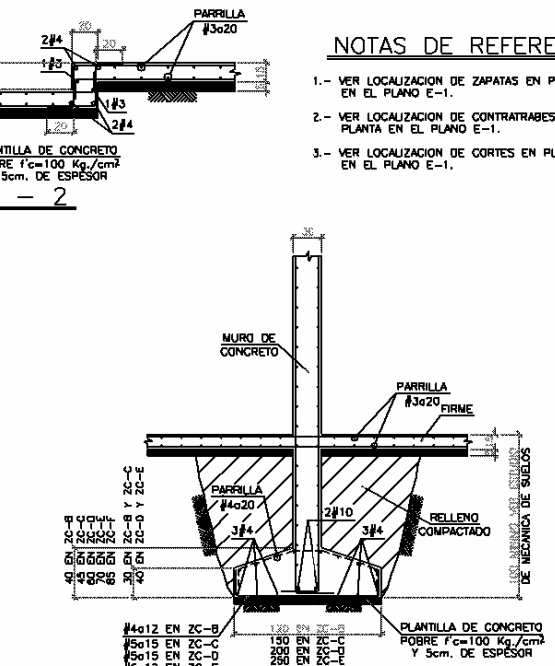
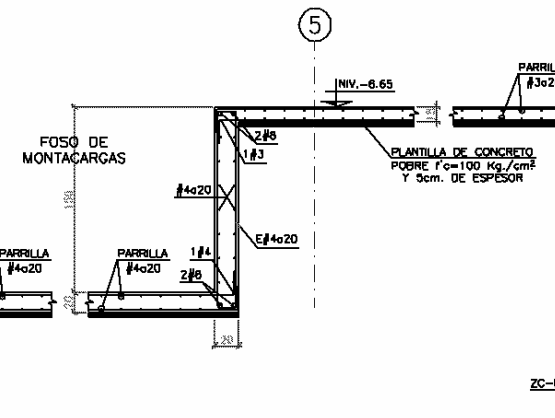
RESISTENCIA NETA DEL TERRENO DE 50 Ton./m<sup>2</sup>

CALIBRE	DIAMETRO	LONG. DE ANCLAJE	
		L <sub>a</sub>	L <sub>g</sub>
2.5	5/16"	30	15
3	3/8"	35	15
4	1/2"	45	20
5	5/8"	55	25
6	3/4"	70	35
8	1"	115	55

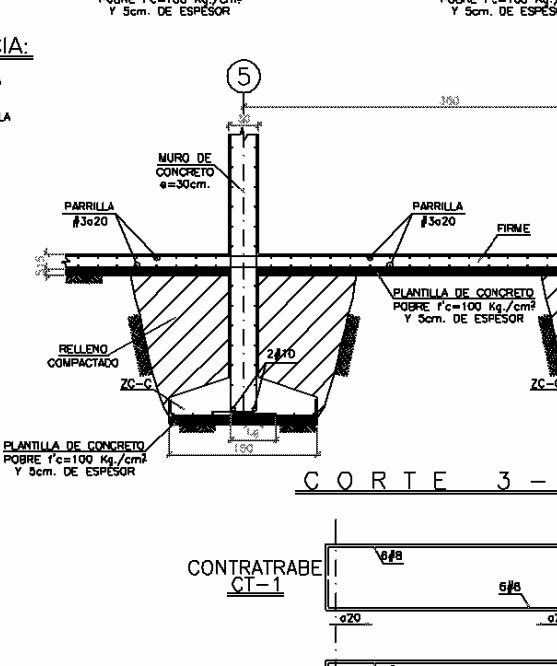
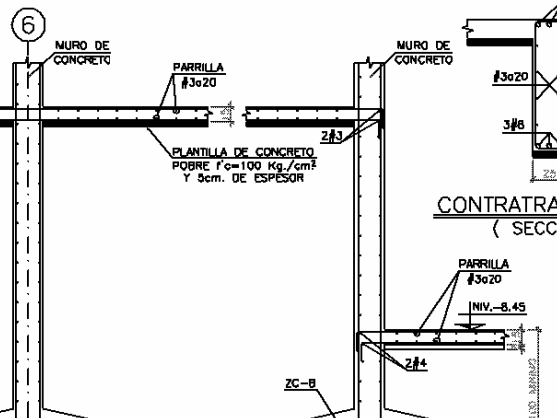
L<sub>a</sub> LONGITUD DE ANCLAJE RECTO O TRASLAPE  
L<sub>g</sub> LONGITUD DE ANCLAJE EN ESQUINERA



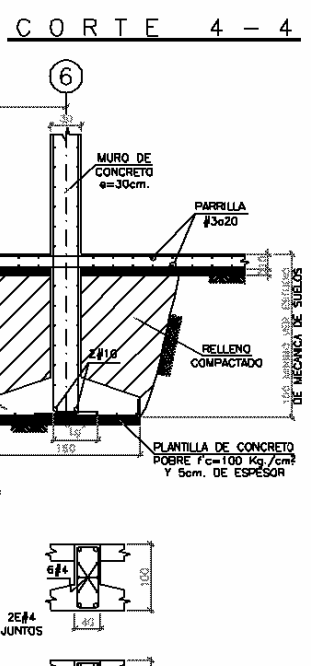
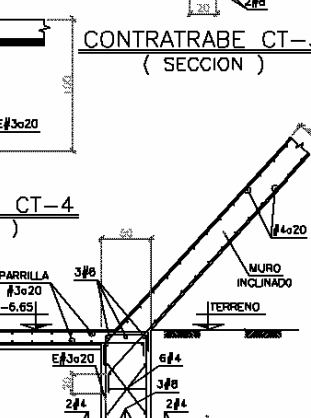
ZAPATA CORRIDA ZC-A  
(ELEVACION)



ZAPATA CORRIDA ZC-B, ZC-C, ZC-D Y ZC-E  
(ELEVACION)



ZAPATA CORRIDA ZC-B, ZC-C  
(ELEVACION)



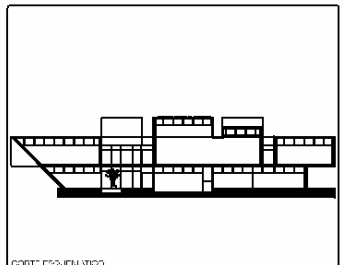
CONTRABRABE CT-3  
(SECCION)

CORTE 1-1

CORTE 4-4

NOTAS DE REFERENCIA:

- 1.- VER LOCALIZACION DE ZAPATAS EN PLANTA EN EL PLANO E-1.
- 2.- VER LOCALIZACION DE CONTRABRABES EN LA PLANTA EN EL PLANO E-1.
- 3.- VER LOCALIZACION DE CORTES EN PLANTA EN EL PLANO E-1.



**NOTAS GENERALES**

- 1.- ACOTACIONES EN CENTIMETROS, MMILES EN METROS.
- 2.- TODAS LAS ACOTACIONES, PANTOS FIJOS Y NIVELES DEBERAN VERIFICARSE CON LOS PLANOS ARQUITECTONICOS Y EN LA OBRA.
- 3.- LOS ESQUEMAS ESTRUCTURALES EN LOS QUE SE INDICA EL ARMADO, NO ESTAN A ESCALA.
- 4.- ESPECIFICACION DE MATERIALES:  
A) CONCRETO CLASE I CON MÓDULO DE ELASTICIDAD E=14000 Kg./cm<sup>2</sup> DE PESO VOLUMETRICO P.V. > 2.2 Ton./m<sup>3</sup> Y Fc= 300 Kg./cm<sup>2</sup>.  
B) ACERO DE REFUERZO CON LIMITE DE FLUENCIA ENTRE 4000 Y 5000 Kg./cm<sup>2</sup>.
- 5.- NO SE TRASLAPARA MAS DEL 50% DEL REFUERZO EN UNA MISMA SECCION.
- 6.- VER RESTO DE NOTAS GENERALES EN PLANO E-8.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MUSEO GALERIA DE ARTES VISUALES

CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO

DETALLES DE CIMENTACION

### Capítulo III Excavación

Aún cuando en muchos casos se tiene la impresión de que una cimentación desplantada sobre un manto de roca es fácil de calcularse, el comportamiento de dicho material puede ser que presente cambios notables dentro del área de soporte de la estructura; éstos cambios pueden ser debidos a diferentes condiciones, como pueden ser formación (por ejemplo el enfriamiento brusco de las coladas de lava), intemperismo, efectos sísmicos, acomodo de la corteza terrestre y en muchas ocasiones se deben a los diversos medios de ataque con los que se genera la excavación. Por lo tanto resulta que cada sitio de estudio tiene características diferentes, aun en terrenos cercanos por lo que no se puede establecer reglas generales para los procedimientos de excavación, sino que en cada caso se debe hacer un análisis del problema.

Los macizos que presentan discontinuidades hacen más difícil que se pueda contar con un sistema general de excavación. La estratificación y la estructura del macizo son factores importantes para la determinación de algún procedimiento.

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.

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 macizo, recursos tanto económicos como de tiempo.

Una vez que se estructuró adecuadamente el proyecto y se estudió el material donde se va a desplantar el mismo, se revisaron algunos factores que pudieran presentar problemas

durante la etapa de excavación. Para el diseño de ésta se consideraron las siguientes posibilidades:

- Inestabilidad en los taludes y las paredes de la excavación durante o después del proceso de la misma
- Alteraciones y fallas en las cimentaciones de construcciones vecinas
- En el caso de galerías o cavernas, el colapso de los techos
- Movimientos tanto horizontales como verticales debidos a la descarga producto de la excavación
- Daños a instalaciones de servicio público

La estabilidad de la excavación se revisó tomando en cuenta la profundidad a la que se llevará la excavación, la inclinación de los taludes, la posibilidad de agrietamiento en las paredes y la presencia de grietas u otras discontinuidades.

Como el proyecto tendrá una zona que contará con cortes permanentes en la roca, se consideraron las precauciones necesarias para que estos taludes no presenten peligro de falla local en las construcciones adyacentes o al mismo museo. De no protegerse estos cortes de manera adecuada, existe la posibilidad de que generen problemas por el proceso de intemperismo y con ello se ponen en riesgo algunos elementos de la estructura.

En las galerías que pudieran presentar algún riesgo se decidió rellenarlas con concreto y roca de la misma excavación, esto siempre y cuando dichas galerías tengan posibilidad de proceder de esta manera, en caso contrario se tendrá que utilizar otro procedimiento para su relleno.

Los movimientos horizontales y verticales que se producen en una excavación se deben a la relación de descarga al terreno y el tiempo en el que se hace, ahora bien el cálculo de los desplazamientos para este proceso determinó que no se generarían problemas de este fenómeno.

Debido a las características del suelo existen diversas formas de resolver una excavación. La zona se encuentra dentro de un área urbana con edificios de importancia a sus alrededores, por lo que se descartó la posibilidad del uso de explosivos por los riesgos que estos involucran, además de que las autoridades de la UNAM prohíben la utilización de explosivos dentro del su territorio. Otro factor de importancia para eliminar este método es que con el uso de explosivos se alteraría el macizo rocoso generando grietas o ampliando las ya existentes, por lo que el material del cimiento perdería su capacidad para alojar al museo.

Para describir este capítulo se consideran los siguientes puntos:

- Procedimiento de excavación
- Programa de excavación
- Maquinaria
- Mano de obra
- Tiempos reales
- Volumen diario

En la zona existen tres tipos de material que se tienen que remover para desplantar la estructura: arcilla, relleno que se ocupó para obtener una superficie horizontal en el lugar del estacionamiento, tierra natural con vegetación y roca de origen volcánico, este último es el que predomina en la zona y donde se desplantará la estructura, por lo que los estudios y la determinación del procedimiento de excavación se enfocan a éste. Los otros materiales por su naturaleza son más fáciles de extraer con el mismo procedimiento por lo que no se requiere de una maquinaria diferente.

Estos materiales son acarreados fuera de la obra a un lugar de tiro que se encuentra dentro de Ciudad Universitaria, la roca producto de la excavación se donará y utilizará para realizar el proyecto “Jardín demostrativo del la reserva del pedregal.”



### III. 1 Excavación en la roca

#### Procedimiento de excavación

Los estudios de mecánica de suelos, las especificaciones del proyecto y las indicaciones que marcan las autoridades de la UNAM son los factores que linearon los procedimientos de excavación. Antes de comenzar dicho proceso se realizaron las medidas de seguridad correspondientes para evitar inconvenientes que pudieran interferir en el desarrollo de la obra.

Una de las primeras etapas desarrolladas fue el resguardo del terreno mediante la colocación perimetral de malla ciclónica, previamente se llevó a cabo un levantamiento topográfico para ubicar los puntos de exploración y sondeo, los bancos de nivel y la zona donde se colocó dicha malla.

Es de mencionar que el terreno se divide en dos partes: una que estaba concebida como estacionamiento y otra como una barranca natural con de arbustos, árboles, maleza y basura, por lo que en esta última, se realizó la limpieza y deshierbe para que la maquinaria pudieran trabajar.



Para el caso de roca la maquinaria que se utiliza son retroexcavadoras de la marca “Caterpillar”, a estas se les intercambia la cuchara por una rompedora (también conocida como cincel mecánico), ya que esta herramienta trabaja con percusiones de alta frecuencia y permite ir penetrando éste material. Debido a lo anterior, se tiene la ventaja de que la misma máquina puede romper y llevar el material a los camiones para retirarlo de la zona.



Con el objetivo de disminuir los tiempos de obra, se tomó la decisión de realizar paralelamente la excavación y otras actividades. Para este cometido, los frentes de trabajo comenzaron orientados norte-sur del eje 1 al 9 y de A al H. No obstante a lo anterior, se

retrasaron los trabajos de excavación debido a que en la zona poniente del terreno se encontraba una línea de alta tensión, la cual se tuvo que reubicar por no tener en cuenta que pudiera existir algo de tal magnitud; para solucionar dicha situación se le dio prioridad y se asignaron los recursos necesarios para liberar este tramo lo antes posible y que no afectara más la ejecución de la obra. De otra forma, se tenía conocimiento de la existencia de una línea de fibra óptica en la parte sur que por el momento no afecta el avance de la excavación, ya que este frente será el último en ser ejecutado; sin embargo, al tratarse de un elemento delicado se tomó la decisión de reubicarlo.

### Programa de excavación

El proceso de excavación se encuentra dentro de los trabajos preliminares del programa de obra, por otro lado los procesos previos a dicha excavación, los tiempos de ejecución y la fecha de comienzo que se marcan son los programados para realizar las tareas, más adelante se presentarán las comparaciones de los avances reales que lleva la obra.

Nombre de la Tarea	duración	inicio	Fin
<b>Museo Galería De Artes Visuales</b>	366	26/06/2006	26/06/2007
<b>Preliminares</b>	161	26/06/2006	03/12/2006
• Instalación De Oficinas	34	26/06/2006	29/07/2006
• Colocación De Tapial	20	10/07/2006	29/07/2006
• Limpieza Y Deshierbe	19	10/07/2006	28/07/2006
• Desmantelamiento De Mobiliario Urbano	54	10/07/2006	01/09/2006
• Tala De Árboles	20	10/07/2006	29/07/2006
• Transplante De Árboles	42	10/07/2006	20/08/2006
• Excavación De Material II Del Eje 1 A 9 Y A Al H	140	17/07/2006	03/12/2006
• Excavación De Material III Del Eje 1 A 9 Y A Al H	140	17/07/2006	03/12/2006

Programa de obra: El material tipo II se refiere a la roca y el material tipo III a los rellenos y a la tierra

En ocasiones, el programa se ha visto afectado por diversos factores, uno de ellos son las condiciones climatológicas que hacen lento el proceso y en ocasiones ha llegado a detener las actividades. Otro factor que afectó la excavación es que no se contaba con el

conocimiento de la existencia de las líneas de alta tensión y de fibra óptica, que se tuvieron que reubicar y por lo tanto requirieron recursos y tiempo que no se tenía contemplados.



Reubicación de la línea de alta tensión en el costado oeste de la zona de la obra



En esta fotografía se puede observar el manejo para la reubicación de la línea de fibra óptica en la zona sur del proyecto



De manera esquemática se presentan los frentes de trabajo de la excavación, numerados como fueron presentándose.

### III.2 Excavación en el terreno natural

Como ya se mencionó, además de la roca hay la presencia de otros materiales (arcilla de los rellenos y tierra vegetal), aunque la cantidad de estos comparándolos con la de la roca son inferiores, por otra parte la existencia de dichos materiales no afecta el procedimiento de excavación que se estableció para la extracción de la roca.

La implementación de un solo sistema de excavación hace que no se requiera de maquinaria especializada para cada material, esto es conveniente para economizar el proceso, además la roca y la tierra pueden ser extraídos simultáneamente sin la necesidad de detener uno para realizar el otro.

Al comienzo de las excavaciones se encontró con este tipo de materiales (arcilla y tierra vegetal) tanto en el estacionamiento como en la barranca, caso que ya se tenía claramente identificado, sin embargo la profundidad de estos depósitos no sobrepasaba los 2 m en promedio y a partir de ahí solo se encuentra la roca volcánica.

Ya que el procedimiento de excavación es el mismo y las maquinas que se utilizan para dicho trabajo también los siguientes tópicos de este capitulo se llevaran de forma simultanea tanto para excavación en roca como para terreno natural, señalando las diferencia en los casos que lo ameriten.

### Maquinaria

Como ya se mencionó la maquinaria empleada es de la marca “Caterpillar“ y las tablas que se muestran a continuación son los informes mensuales de cada una de ellas con sus rendimientos por día. La clasificación mostrada en las tablas es la denominación del modelo y como se identifican en la obra cada maquinaria, los modelos corresponden a retroexcavadoras, pero como ya se mencionó estas maquinas son las utilizadas para romper la roca y como las tareas de éstas en un solo día son de fragmentar y retirar el material no se puede hacer una distinción clara de que maquina es rompedora y cual esta retirando en material. Por tal razón se ponen las clasificaciones de manera genérica de los modelos que están trabajando.

julio

maquinaria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
320C	--	--	--	--	--	--	--	--		--	--	--	10	100	100		100	100	100	100	100
330L caseta amarilla	--	--	--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	80	100		100	100	100	100	100
330L caseta negra	--	--	--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--		--	--	10	100	100
330L	--	--	--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--		--	--	--	80	100
345B	--	--	--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	20
340BL caseta amarilla	--	--	--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--
340BL	--	--	--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--
<b>maquinaria</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>												
320C	100		100	100	100	100	100	100													
330L caseta	100		100	100	100	100	100	100													

amarilla									
330L caseta negra	100		100	100	100	100	100	100	
330L	100		100	100	100	100	100	100	
345B	100		100	100	100	100	100	100	
340BL caseta amarilla	--		--	--	--	--	70	100	
340BL	--		--	--	--	--	70	100	

Los trabajos del mes de julio comenzaron después de dar el fallo de licitación, los días que se marcan son los que la maquinaria comenzó a producir, no obstante existen trabajos previos al comienzo de las máquinas.

**agosto**

maquinaria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
330L	100	100	100	100	70		100	100	100	100	100	100		100	100	90	100	100	100		100
330L caseta amarilla	40	100	100	100	70		100	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100		100
330L caseta negra	50	100	100	100	70		100	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100		100
330BL	--	--	100	--	--		--	--	--	--	100	100		100	90	100	100	100	100		100
320C	40	100	50	100	70		100	100	100	100	100	100		70	90	90	100	80	--		--
345BL	100	100	100	100	70		100	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100		100
322C	100	100	100	100	70		100	100	100	100	100	100		70	95	100	100	100	100		100
225LC	--	--	--	--	--		--	--	--	100	100	100		100	60	100	100	100	100		--
312B	--	--	--	--	100		100	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100		--
3C	--	--	--	--	--		--	--	--	100	100	100		100	100	100	100	100	100		100
D6R	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100		100	100	100	100	100	100		100
<b>maquinaria</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>											
330L	100	100	100	100	100		100	90	100	100											
330L caseta amarilla	100	100	100	100	100		100	100	100	100											
330L caseta negra	100	100	100	--	--		--	90	100	100											
330BL	100	100	100	100	100		100	90	100	100											
320C	--	--	--	100	100		100	--	--	--											
345BL	100	100	100	100	100		100	90	100	100											
322C	100	100	100	100	100		100	90	100	100											
225LC	--	--	--	--	--		--	--	--	--											
312B	--	--	--	--	--		--	--	--	--											
3C	100	100	100	100	100		100	100	100	100											
D6R	100	100	100	100	100		100	100	100	100											

Dado que la etapa de excavación es de primordial importancia y debido a los retrasos antes mencionados, fue necesario requerir de un número mayor de máquinas trabajando por lo que este aumento se refleja en el informe del mes de agosto.

**septiembre**

maquinaria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
330L caseta amarilla	72	78		85	72	65	94	78	96		79	88	83	60	86	--		60	70	85	46
330L caseta negra	65	83		69	73	65	89	92	95		50	65	60	87	93	--		83	76	95	91
330BL	89	76		85	33	64	97	82	89		66	30	29	83	70	--		88	92	75	93
345BL	74	68		50	78	69	72	88	80		90	84	83	80	86	--		86	92	90	91
322C	84	85		76	65	84	92	80	92		30	56	82	89	90	--		79	86	89	83
330BLME	70	37		80	77	90	88	76	79		86	80	66	60	87	--		50	68	34	80
<b>maquinaria</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>												
330L caseta amarilla	95	55		92	68	77	81	93	96												
330L caseta negra	88	75		38	84	91	91	93	96												
330BL	92	71		65	50	90	27	55	96												
345BL	88	81		91	66	74	78	44	--												
322C	90	70		92	62	86	94	92	95												
330BLME	80	48		36	70	42	--	30	71												

Para el mes de septiembre, la cantidad de máquinas se redujo debido a que comenzaron los trabajos en los frentes ya excavados como lo fueron rellenos de cavernas y grietas, barrenación para mejoramiento del cimiento por inyecciones y desplante de la cimentación.

**octubre**

maquinaria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
330L caseta negra		89	91	89	90	6	92		83	65	82	87	69	97		57	89	87	93	90	91
330L caseta amarilla		94	98	94	88	96	95		83	84	92	91	88	95		90	93	65	98	76	83
330BL		95	88	88	89	96	85		--	55	94	92	92	97		87	73	69	74	69	79
345BL		0	0	26	0	0	0		0	0	0	0	--	--		--	--	--	--	--	--
322C		95	88	77	44	93	88		83	61	59	76	81	79		0	61	73	89	84	83
330BLM		93	69	6	0	0	0		0	0	0	0				--	--	--	--	--	--
320L		--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	16	95		0	0	54	95	94	92
235		--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--



maquinaria	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
330L caseta negra		79	98	86	88	91	93		94	92
330L caseta amarilla		81	96	82	96	73	87		72	54
330BL		70	92	93	96	89	73		86	69
345BL		--	--	--	--	--	--		--	--
322C		80	94	89	73	89	88		89	85
330BLM		--	--	--	--	--	--		--	--
320L		89	89	98	94	93	95		94	99
235		--	--	--	--	--	--		--	99

El proceso de excavación ha tenido un gran progreso debido a que durante todo el período de esta actividad se han tenido buenos rendimientos de la maquinaria utilizada como se puede observar en los informes mensuales mostrados en las tablas anteriores, el resultado de esta labor es que se tenga una terminación temprana de la excavación favoreciendo la construcción dado que esta etapa es crucial para el desarrollo de la obra.

#### noviembre

maquinaria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
330L caseta negra	73		75	40		98	91	91	81	85	88		95	99	83	92	85	77			91
330L caseta amarilla	94		76	47		95	69	49	84	90	78		91	82	80	90	9	87			59
330BL	83		80	43		94	68	66	86	88	83		98	81	70	75	85	97			90
322C	93		93	50		97	75	75	69	90	79		33	70	80	79	70	78			90
235 R	92		90	75		89	78	77	80	84	92		89	92	68	78	70	95			91
maquinaria	22	23	24	25	26	27	28	29	30												
330L caseta negra	--	--	--	--		--	--	--	--												
330L caseta amarilla	78	82	74	72		87	55	62	88												
330BL	46	70	79	58		81	56	86	7												
322C	73	87	58	73		51	68	70	73												
235 R	85	55	64	57		26	--	72	55												

Durante este último periodo se nota una reducción de la maquinas empleadas para la excavación; esto se debe a que dicha actividad esta a punto de ser completada, y ya que los trabajos durante el proceso de excavación fueron superiores a los estimados no es necesario contar con la misma cantidad de equipo que en los periodos anteriores.

Cabe mencionar que los tiempos de mantenimiento menor no se cuentan como tiempo muerto de la maquinaria, y la baja de productividad en algunos casos se debe a otros

factores, uno de ellos es el clima que en ocasiones las condiciones no favorecen a los trabajos teniendo que parar cualquier proceso o haciéndolos más lentos, reflejándose en los rendimientos. Cuando las reparaciones son mayores y mantiene por varias horas parada la maquinaria también se ve afectado la productividad de dicha maquina.



### **Mano de obra**

Uno de los insumos primordiales para cualquier trabajo es la mano de obra, durante las diversas etapas de construcción es evidente que se requerirá de distintas cantidades de personas, dependiendo de la importancia de la actividad, la complejidad o el tiempo en la que se quiere desarrollar. Para los trabajos previos a la excavación el personal que se necesito para estos trabajos fueron jardineros, brigada de topografía, seguridad y vigilancia, los colocadores de la malla, entre otros. Todo esto para tener preparada la zona a modo de que los operadores de las maquinas no tuvieran ningún problema para desarrollarse.

Para el proceso de excavación el personal requerido se limita a los operadores de maquinaria y los conductores de los camiones de volteo para el acarreo del material, la cantidad personas en este rubro se determino por las siguientes condiciones:

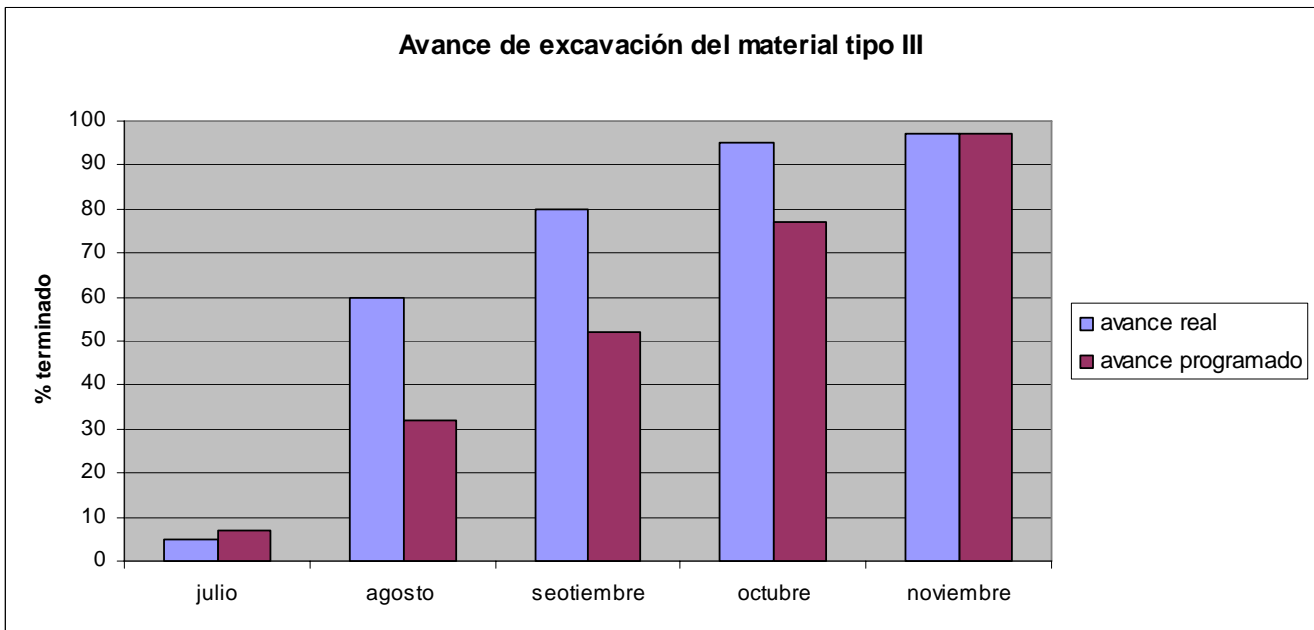
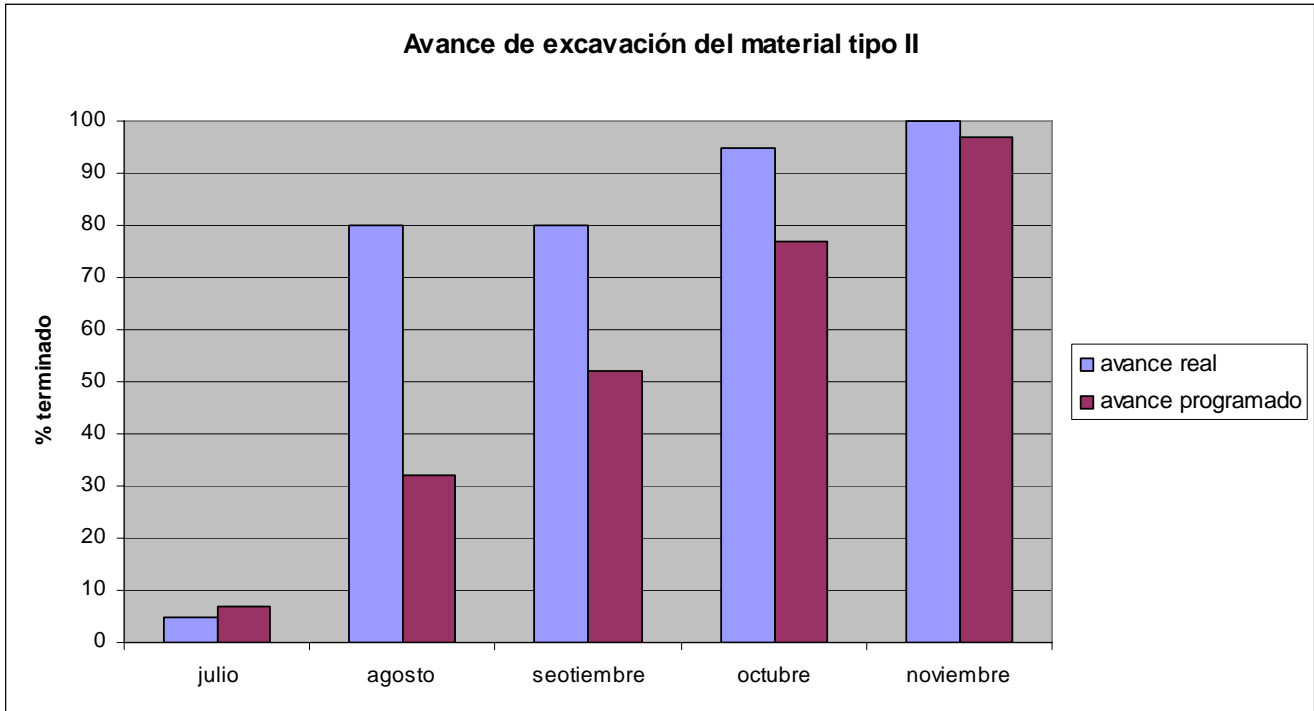
- La velocidad de excavación limitada por el espacio de maniobras entre las maquinas en los frentes atacados (mayor cantidad de maquinaria no necesariamente involucra mayor productividad y avances más rápidos).
- El costo de renta de las maquinas, pago de los consumibles de las mismas y el salario de los operadores.
- Dependiendo de la importancia de realizar la actividad, puede dar que se requiera más o menos maquinaria y con ello la misma cantidad de personas que las operen.

### **Tiempos reales**

El avance de la obra se monitorea cada semana para asignar recursos a las actividades que comiencen o que así lo requieran, tomar decisiones en las que tengan algún retraso o simplemente seguir el desarrollo de las misma obra. Los tiempos programados varían de los reales por distintas cuestiones, pero estas variaciones tienen que ser pensadas desde la elaboración del proyecto, mas sin embargo muchos retrasos no pueden ser anticipados, los factores a los que se hace referencia en primera instancia pueden ser de naturaleza económica, de suministro de materiales, acuerdos con los trabajadores, el clima, entre otros.

Durante la etapa de excavación cualquier retraso afecta directamente la terminación del museo ya que no se puede comenzar otra actividad hasta que se tenga por lo menos una parte de la excavación terminada. Como se mencionó existen factores que retrasan la terminación de la excavación y como un retraso en esto afecta a toda la obra se destinaron los recursos suficientes para hacer frente a cualquier eventualidad, como en el caso mencionado de las líneas de alta tensión y de fibra óptica mencionadas con anterioridad.

A continuación se presentaran unas graficas que representan los avances reales de la obra con los esperados, graficas que están referidas por mes desde que comenzó la obra esta la elaboración de este texto.



Como puede observarse en los avances de cada mes en lo relacionado a la excavación solo en el mes de julio hubo un ligero retraso, pero al ser una actividad de alta importancia se tomaron las medidas necesarias para mitigar cualquier otro retraso y en el informe de los

meses siguientes se puede observar un incremento sustancial en dicha actividad comparándolos con los porcentajes esperados.

### Volumen diario

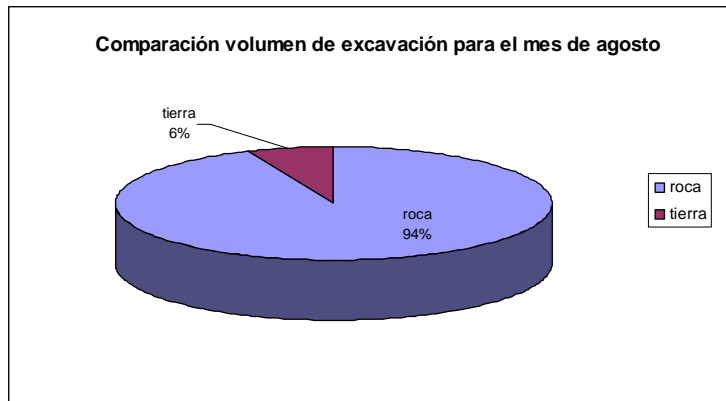
Para conocer la cantidad de material que se va extrayendo es necesario llevar un control de los camiones cargados que salen de la obra hacia la zona de tiro, así como la capacidad de los mismos y del material transportado.

Se presenta de forma simplificada en las siguientes tablas la cantidad de material y tipo del mismo que se acarreo, las tablas de presentan por meses y los datos registrados cada día laborado.



Foto panorámica tomada a mediados del mes de agosto

fecha	volumen m <sup>3</sup>	
	roca	tierra
01-Ago	967.2	
02-Ago	1008.8	
04-Ago	260	
07-Ago	811.2	416
09-Ago	1216.8	416
11-Ago	1497.6	499.2
14-Ago	1851.2	
16-Ago	2017.6	
17-Ago	1331.2	
18-Ago	1175.2	

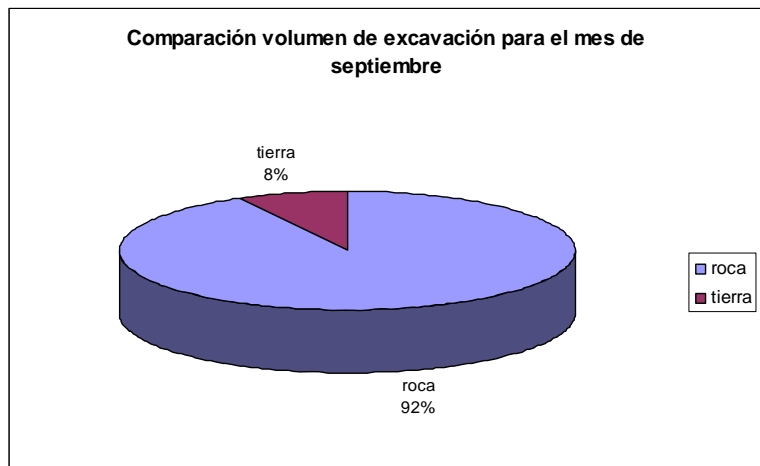


19-Ago	1040	
21-Ago	1268.8	
22-Ago	925.6	
23-Ago	1456	
24-Ago	1289.6	
25-Ago	1300	
26-Ago	738.4	
28-Ago	1310.4	
29-Ago	1206.4	
30-Ago	208	
31-Ago	145.6	247.2
<b>total</b>	<b>23025.6</b>	<b>1578.4</b>



Foto panorámica tomada a mediados del mes de septiembre

fecha	volumen m <sup>3</sup>	
	roca	tierra
04-Sep	260	177.6
05-Sep	436.8	
06-Sep	676	
07-Sep	800.8	
08-Sep	790.4	
09-Sep	478.4	
11-Sep	644.8	
12-Sep	686.4	
13-Sep	644.8	
14-Sep	748.8	
15-Sep	717.6	
18-Sep	530.4	62.4
19-Sep	353.6	57.6
20-Sep	540.8	212.8
21-Sep	613.6	105.2

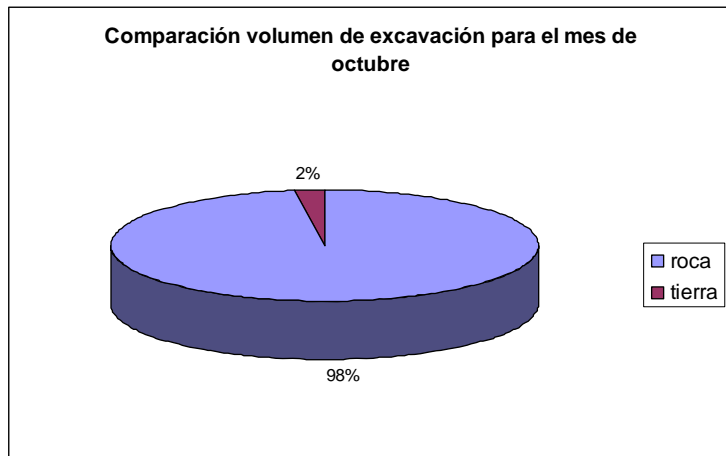


22-Sep	832	41.6
23-Sep	499.2	62.4
25-Sep	499.2	20.8
26-Sep	499.2	124.8
27-Sep	634.4	244.8
28-Sep	603.2	
29-Sep	561.6	
30-Sep	280.8	
<b>total</b>	<b>13332.8</b>	<b>1110</b>



Foto panorámica tomada a mediados del mes de octubre

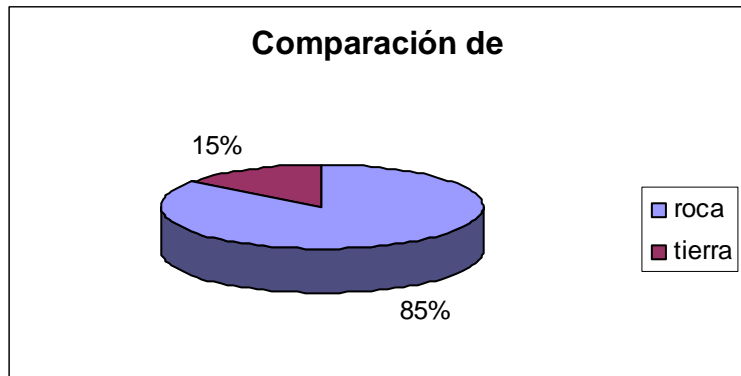
fecha	volumen m <sup>3</sup>	
	roca	
02-Oct	728	
03-Oct	634.4	
04-Oct	676	
05-Oct	707.2	
06-Oct	717.6	
07-Oct	249.6	
09-Oct	478.4	
10-Oct	312	
11-Oct	416	
12-Oct	613.6	
13-Oct	395.2	
14-Oct	260	
16-Oct	270.4	
17-Oct	291.2	
18-Oct	821.6	286
19-Oct	665.6	
20-Oct	582.4	
21-Oct	124.8	83.2
23-Oct	436.8	20.8
24-Oct	624	187.2



25-Oct	540.8	
26-Oct	686.4	62.4
28-Oct	260	62.4
30-Oct	364	
31-Oct	676	291.2
<b>total</b>	<b>12532</b>	<b>291.2</b>



fecha	volumen en m³	
	roca	tierra
01-Nov	416	83.2
03-Nov	228.8	520
04-Nov	145.6	
06-Nov	291.2	166.4
07-Nov	540.8	104
08-Nov	457.6	20.8
09-Nov	748.8	
10-Nov	800.8	
11-Nov	312	
13-Nov	873.6	
14-Nov	634.4	
15-Nov	478.4	
16-Nov	468	
17-Nov	676	
21-Nov	436.8	353.6
22-Nov	239.2	457.6
23-Nov	353.6	
24-Nov	624	
25-Nov	208	
27-Nov	52	
28-Nov	260	
29-Nov	208	
30-Nov	156	





total	9609.6	1705.6
-------	--------	--------

periodo	volumen en m <sup>3</sup>	
	Roca	Tierra natural y rellenos
1 al 31 de agosto 2006	23025.6	1578.4
1 al 30 de septiembre 2006	13332.8	1110.0
1 al 31 de octubre 2006	12532.0	291.2
1 al 30 de noviembre 2006	9609.6	1705.6
<b>total de material</b>	<b>58500.0</b>	<b>4685.2</b>

Aunque la cantidad de roca es superior a la de el terreno natural y los rellenos, la suma de estas últimas no son una cantidad que se desprecie ya que su manejo y disposición conllevan ciertos procedimientos que de no haber sido tomados en cuenta por la premura de que todo el terreno estaba constituido por roca hubiera llevado algunas afectaciones tal vez de recurso.

La etapa de excavación ha sido una muestra de un trabajo bien desarrollado ya que el personal responsable de ésta ha tenido que enfrentar contratiempos y a pesar de estos el proceso se terminará antes de lo estimado, generando una ganancia en tiempo para las otras actividades.

## **Capítulo IV Procedimientos de Construcción de la Cimentación**

En el capítulo II, en la parte referente al estudio de mecánica de suelos, se comentó que a partir de los resultados obtenidos, se elaboró un análisis; mismo que ayudó a determinar el tipo y diseño de cimentación a construir. Como se explicó anteriormente, se determinó que es una cimentación superficial a base de zapatas aisladas y corridas.

El presente apartado se enfoca a describir el proceso de construcción de la cimentación, aunque la forma de trabajar de los elementos mecánicos y el diseño estructural en cada tipo de zapatas es diferente, el proceso de construcción es el mismo; por lo que, de manera general se explicará el procedimiento constructivo.

Debido a que la excavación se comenzó al norte del terreno, al llegar a la profundidad requerida (de acuerdo a las especificaciones de diseño) y habiendo removido el material excavado al lugar de tiro, se pudo empezó la construcción de la cimentación a pesar de que el proceso de excavación de todo el terreno no había concluido.

Durante el desarrollo de esta actividad, es 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.

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

Una vez alcanzados los niveles de desplante indicados, se observó en algunas partes del terreno la presencia de grietas y en otros casos cavernas; situación que el estudio de geotecnia había diagnosticado como una posibilidad. En este mismo, se identificó el lugar en donde se encontraban las discontinuidades del terreno y con esto, se tomaron las medidas de mejoramiento (de acuerdo a las indicaciones dicho estudio). Para evitar el colapso de los techos de las cavernas, se rellenaron con concreto fluido y rocas de la misma excavación.

En las siguientes imágenes se muestran algunas grietas que fueron rellenadas.



Esta grieta se localizó en el frente norte, cerca de la intersección del eje 2 y eje C, en esta fotografía se muestra cómo se ve la grieta ya sellada.

En la siguiente imagen se muestra la caverna localizada aproximadamente sobre el eje C y entre los ejes 6 y 7, ésta requirió de una mayor cantidad de material para poderla sellar.



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. (Ver planos en el capítulo II)

La brigada de topógrafos indicó el lugar en donde se situarán cada una de las zapatas y marcaron con cal el terreno para indicar al operador de la máquina la zona a excavar, como se puede ver en la siguiente imagen.



Una vez teniendo las marcas sobre el terreno, la rompedora procedió a realizar la excavación de la zanja en el caso de tratarse de zapata corrida o de una caja si es zapata aislada. La profundidad a la que se debe de excavar es aproximadamente de 1 m, distancia que existe entre la base de la zapata y el firme que tendrá de piso terminado. Durante esta actividad, los topógrafos revisaron y midieron la profundidad de la excavación para evitar que le falte o le sobre altura, lo que provocaría afectaciones en las condiciones de diseño de dicho tipo de cimentación

Cuando el operador de la rompedora terminaba de fracturar la roca, se le cambiaba el cincel por una cuchara para remover el material, en otros casos se trasladaba a la siguiente zona para excavar; para este caso, se coloca otra retroexcavadora para poder remover el material.

Una vez retirado el material en su totalidad, la brigada de topógrafos hace un levantamiento para revisar los niveles de la caja de cimentación; si la profundidad es la indicada, se empareja el terreno por dentro lo más que se pueda mediante la utilización de un martillo neumático.

En algunos casos se extiende material de relleno en los lugares que así lo requieran, por ejemplo, si la rompedora excedió la profundidad requerida, el relleno de este excedente es importante para cumplir las condiciones de diseño.



#### **IV.1.- Plantilla de Concreto y Acero de Refuerzo**

Una vez que la zanja o caja de cimentación está nivelada y se rellenaron las grietas, en caso de existir o de ser necesario, se procede a la colocación de una plantilla de concreto pobre de 5 cm de espesor, misma que va a recibir el acero de refuerzo de la zapata. Para evitar que la plantilla tenga espesores diferentes, se colocaron testigos en distintas partes dentro de la caja de cimentación; estos son pequeños montículos de concreto, los cuales tienen el mismo espesor que tendrá la plantilla. La elaboración de estos testigos se hace directamente en la obra, ya que no es necesario tener un control estricto del concreto porque el objetivo es dar el espesor indicado a la plantilla.

El concreto de las plantillas es proporcionado por la empresa Cementos Mexicanos (CEMEX), éste es un concreto pobre ( $f'c=100$  kg/cm) y es solicitado a dicha empresa para facilitar su producción, reducir tiempos de elaboración en obra y principalmente obtener un concreto de calidad controlada.



En esta imagen se pueden ver los testigos colocados dentro de la zanja para, posteriormente, colocar la plantilla de concreto pobre.



La plantilla de concreto de la que se está haciendo mención, se ilustra con la imagen anterior, en este caso se refiere a la caja de cimentación de una zapata tipo aislada.

Siguiendo las recomendaciones dadas por el estudio de geotecnia, se realizó el mejoramiento del macizo rocoso en los lugares donde quedarían desplantadas las zapatas; una vez que se colocó la plantilla de concreto, sobre la misma se marcaron puntos a cada metro aproximadamente y en cada uno se realizó una barrenación de 10 cm de diámetro (4") y 2.5 m de profundidad para inyectar la lechada, procedimiento anteriormente descrito en el capítulo II.



En esta imagen podemos ver los barrenos que se le hicieron a la plantilla de concreto para inyectar la lechada.

El acero para el armado de la cimentación es suministrado por la compañía CICARTSA, este insumo fue transportando al lugar de la obra en mayor cantidad conforme se avanzaba la construcción de la cimentación en los diferentes frentes. La falta de un espacio en donde almacenar dicho material ha provocado que las lluvias y el sol generen un grado de corrosión en el acero, aunque algunas veces, el óxido que sufre el acero en pequeñas proporciones, puede ayudar a que se tenga una mejor adherencia con el concreto.

Las varillas de acero se encuentran distribuidas en el patio de habilitado dependiendo de su diámetro, mismo que va desde varillas del número 4 hasta las del 12 (1/2" a 1 1/2," respectivamente). Las varillas son cortadas y dobladas en el patio de los fierros, posteriormente son bajadas al lugar de la obra para su colocación; por otro lado, para cortar cada una de las varillas se utilizan cizallas, segueta y en otros casos soplete con autógena para el caso de las varillas de mayor diámetro, mismas que resultan difíciles de cortar con los procedimientos anteriores. Recientemente, debido al aumento de las actividades, se



llevó una cortadora mecánica y una dobladora de acero para cubrir la demanda de acero que se requería y reducir los tiempos de este trabajo.

La realización del armado del acero que conforma la zapata, se hace en tres etapas:

- Colocación de la parrilla que se tiende sobre la plantilla de concreto
- Colocación del acero que formarán las columnas y los muros
- Colocación de acero del cuerpo de la zapata y los dados de las mismas

Una vez que está lista la plantilla de concreto, se procede a colocar el acero de refuerzo que formará la parrilla y que previamente fue cortado y doblado en el patio de los fierreros. Para su armado se utilizaron varillas del #4 (1/2") y en otros casos del #5 (5/4") en ambas direcciones, longitudinal y transversal teniendo una separación de 20 cm entre cada una de ellas.

Hay parrillas que tienen una separación entre varillas de 15 o 18 cm, varían según las especificaciones de diseño y de acuerdo al tipo de zapata a construir; las varillas son amarradas una a otra mediante alambre recocado.



Ya que se terminó el armado de la parrilla y para garantizar que el acero tenga el recubrimiento necesario, se calza; en ocasiones se utilizan sujetadores de plástico y en otros pedazos de roca. La utilización de los sujetadores garantiza que la altura sea la misma para todos los puntos de la parrilla, además de ser más prácticos; sin embargo, estos artículos tienen un costo que, comparado con el de otros insumos, es despreciable.

Cabe mencionar que la utilización de piedras tiene el inconveniente de que no asegura un funcionamiento preciso, ya que tienen formas irregulares y no se pueden amarrar a las varillas; con lo anterior se corre el riesgo que al momento de colar la zapata, estas puedan recorrerse, provocando que la parrilla caiga sobre la plantilla de concreto y no se tenga el recubrimiento necesario en el acero. No obstante, la ventaja de utilizar pedazos de piedra es que se encuentra en la obra y no representa costo alguno.



En esta imagen podemos observar la parrilla una vez que han sido colocadas las calzas de piedra.

En la segunda etapa del armado de la zapata, se coloca primero el acero vertical que será el alma de columnas y muros y que le dará forma a los mismos; éste tiene que ir sujeto a la zapata. Las varillas utilizadas para dicho armado van de los números 4 al 12 ( $\frac{1}{2}$ " y  $1 \frac{1}{2}$ "). La colocación de este tipo de armado, en principio, se dificulta por la longitud de las varillas al momento de izarse debido a que se doblan; para evitar esto, se ayudan de otras varillas y cables de alambre recocado que sostienen de manera vertical las varillas, como se muestra en la siguiente imagen.



Para darle forma y ordenar las varillas que constituirán la columna y los muros, se amarran los estribos necesarios y con esto se puede moldear los elementos; en la siguiente fotografía podemos ver la forma de colocar algunos estribos, una vez que han sido izadas las varillas.



Situado el acero de las columnas y muros, la brigada de topógrafos realiza un levantamiento y revisa si el armado fue colocado en el lugar indicado de acuerdo a los planos, en caso contrario se toman las medidas necesarias para ubicarlo en su lugar.

En la tercera etapa, se coloca el acero del cuerpo de la zapata y del dado, estos dos elementos se amarran con el acero de las dos primeras etapas; de acuerdo al tipo de zapata se dispone el acero indicado en las especificaciones de proyecto. Una vez armado el cuerpo de la zapata, se revisa que las dimensiones de la misma y las distancias entre cada una de las varillas sean las correctas según lo señalado en los planos. Estas revisiones no deben dejarse pasar por alto ya que en un par de ocasiones se tuvo que deshabilitar el acero de algunas zapatas ya armadas, debido a que no estaban en el sitio correspondiente; es decir, estaban desfasadas unos centímetros del eje señalado y en otra ocasión el acero no estaba a la distancia indicada, además de que las dimensiones de la zapata no eran las correctas, por tal motivo es muy importante que los encargados de la supervisión se encuentren presentes al momento de que las personas colocan el acero.

En la siguiente fotografía podemos observar un ejemplo de la forma en que la zapata queda armada al concluir las tres etapas de su habilitación.



Un aspecto de suma importancia en el desarrollo de la cimentación fue que algunas zapatas se deshabilitaron una vez que fueron armadas, problema al que se enfrentaban los encargados de la supervisión en algunas ocasiones; esto porque no se tiene el proyecto ejecutivo terminado y los diseñadores en ocasiones realizan modificaciones a los planos, lo que provocaba que las características de las zapatas ya armadas se modificaran.

## **IV.2 Cimbras y Concretos**

El material utilizado como cimbra en el colado de las zapatas es madera, la cual consiste en polines de 10X10 cm. y 2 m de largo y hojas de triplay de 1.80 m de largo por 1.50 m de ancho.

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.



En estas fotografías se pueden observar las cimbras de dos zapatas distintas, la imagen de la izquierda se trata de una zapata corrida, mientras que la de la derecha es una aislada, además se puede apreciar la posición de los elementos de contención mencionados con anterioridad.

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
- Dado de la zapata

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.

Antes de colarse el cuerpo de la zapata, se colocan tubos de PVC de 4” de diámetro, los cuales están ubicados en los puntos en donde se hicieron previamente unos barrenos para inyectar la lechada; esto tiene la finalidad de hacer una guía para que una vez fraguado el concreto del cuerpo de la zapata, se realicen las perforaciones para inyectar una lechada como la que se mencionó para el mejoramiento del terreno. El objetivo de estas inyecciones es hacer que las zapatas tengan una estabilidad aún mayor con el terreno, realizando una especie de extensión de la zapata a una profundidad mayor, además de rellenar más grietas.



En esta imagen se puede ver la forma en la que se han colocado los tubos de PVC.

El concreto para estos elementos es suministrado por las empresas Cementos Mexicanos, CEMEX y LACOSA, estas empresas están encargadas de proveer dicho insumo durante el desarrollo de todo el proyecto. En el momento en que el camión revolvedor llega a la obra, los encargados de la supervisión y del laboratorio revisan las especificaciones del concreto y que éstas sean las correctas; los datos que se registran son los siguientes: ubicación de planta de mezclado, la hora en que el camión salió de la planta, la hora de llegada a la obra, se toma la remisión de la factura, tipo de concreto, uso para el cual está destinado, cantidad solicitada, resistencia a la compresión, tamaño de los agregados (tanto el módulo de finura como el tamaño máximo de agregado), tipo de agregado, y de ser necesario el tipo de aditivo utilizado. Todos estos datos son importantes para verificar la



calidad del producto y que cumpla tanto con las especificaciones del proyecto, como con el reglamento de construcciones y sus normas técnicas.

En las zapatas de cimentación se utiliza concreto gris tipo 1 a 28 días, para su diseño se utilizó Cemento Pórtland Compuesto (CPC) clase 40 de baja reactividad alcaliagregado (BRA) con una resistencia a la compresión de  $300 \text{ kg/cm}^2$ , el tamaño máximo del agregado es de 20 mm, ideal para el caso de los armados más cerrados en las zapatas.

Antes de que el camión revolvedor comience a vaciar el concreto, se toman muestras de la mezcla en cilindros de acero para posteriormente probarlos en el laboratorio y comprobar que la resistencia sea la indicada. 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  $\pm 3.5 \text{ cm}$  para concretos de uso estructural en el Distrito Federal.



En la imagen de la izquierda se muestran las herramientas para realizar dicha prueba, en el centro se puede observar el procedimiento de llenado y la extracción del aire mediante la barra de acero y por último, a la derecha, se ve la medición del revenimiento, tomando como referencia la altura del cono.

Posteriormente al registro y las pruebas, el camión revolvedor se traslada lo más cerca posible al lugar en donde se va a depositar el concreto; una vez ahí, se agrega otro aditivo para completar la dosificación, en caso de ser necesario; antes del vaciado, la superficie debe estar libre de elementos ajenos a la mezcla y humedecida. Los trabajadores se distribuyen alrededor del sitio a colar, cada persona tiene una actividad asignada, dos personas toman el canal por donde bajará el concreto y lo van dirigiendo para distribuirlo en el área que se está llenando, otros dos toman los bastones vibradores, los cuales se van introduciendo en el concreto conforme se esté vaciando.

En ocasiones, cuando el acceso del camión revolvedor al sitio a colar es complicado, el concreto es depositado mediante una bomba, para lo cual se utilizan varios tubos de aproximadamente 8" y que se van uniendo según la distancia requerida; durante esta actividad, dos personas detienen el tubo y lo van guiando conforme se avanza en el colado, mientras otros colocan el concreto y lo van vibrando.

En la siguiente imagen se puede ver el momento en que se vibra el concreto y el bastón que se utiliza para realizar esta actividad, es muy importante ya que el objetivo del vibrado es distribuir mejor el concreto y ayudar a reducir la fricción entre los agregados para eliminar posibles burbujas de aire que se pudieran formar, creando huecos dentro del concreto. Cabe mencionar que debe darse un tiempo al vibrado, ya que el uso en exceso de éste provoca que el concreto se segregue.



Al mismo tiempo que se va distribuyendo y vibrando el concreto, otros trabajadores se dedican a darle el acabado a la zapata de cimentación; tanto en zapatas corridas como aisladas se deja una superficie rugosa en las zonas que se colarán posteriormente los dados o los muros, en el caso de las corridas.



Estas imágenes nos muestran el acabado que se le da a las zapatas una vez que se terminaron de colar.

Al día siguiente de realizar el colado del cuerpo de la zapata y una vez que el concreto ha fraguado, es retirada la cimbra que se utilizó; para dicha actividad, se quitan todos los elementos que se emplearon para darle soporte y se coloca la cimbra de los dados, en el caso de las zapatas aisladas, para su posterior colado.



El procedimiento de cimbra y colado de los dados es el mismo para el cuerpo de las zapatas



En la imagen se muestra como queda la zapata terminada.

### **IV.3 Rellenos**

El material que se utiliza para el relleno de las cajas y las zanjas es tepetate. Este material debe su origen a la descomposición y alteración por intemperismo de cenizas volcánicas basálticas, es por ello que se puede encontrar en grandes cantidades en la ciudad de México, es un material granuloso, grueso, ligero, de color amarillento y de consistencia media, su resistencia es aproximadamente de 3 kg/cm<sup>2</sup>.

El tepetate es un material poroso y absorbente de agua, por lo que se hace manejable y fácil de compactar; en el caso de los materiales de relleno, se debe tener la precaución de revisar que no contenga materia orgánica, ya que esto provoca reacciones con el concreto pudiendo inducir algunos problemas. Otro aspecto de suma importancia por el que se eligió el tepetate es el económico, ya que es de menor costo en comparación con otros materiales que se podrían utilizar para compactar.

El tepetate es transportado mediante camión de volteo hasta el lugar de la obra, la forma de prepararlo es mezclándolo con una cantidad menor de cemento y agregando agua para humedecer la mezcla y hacerla más manejable; la finalidad de agregar el cemento es dar una mayor cohesión entre las partículas de la arcilla, posteriormente se transporta dicha mezcla hasta la zanja o caja a rellenar mediante carretilla y con base al estudio de mecánica de suelos, se deposita el material y se extiende en capas de 20 cm.



Ya colocada la primera capa, al extender el material, se empieza a compactar; en ocasiones se hace por medio de una máquina, en otras se hace mediante un pisón de mano, mismo que se construye directamente en la obra con polines y sobrantes de madera de la cimbra que ya no se va a utilizar para este proceso. En la siguiente imagen se puede ejemplificar lo antes mencionado.



El procedimiento para compactación con el pisón es sostenerlo con ambas manos y levantarlo para después dejarlo caer, agregando la fuerza que le proporcione la persona que lo está ocupando. Esto se hace una y otra vez para alcanzar el grado de compactación, desafortunadamente esta herramienta es bastante rudimentaria y requiere que la persona que la maneja tenga plena conciencia de que debe hacer bien el trabajo o no se alcanzará el grado necesario. Cuando se usa la máquina compactadora, el trabajo es más fácil, ya que el proceso se lleva a cabo mediante vibraciones y el operador sólo tiene que deslizar repetidamente la máquina sobre la superficie.

La desventaja que tiene la máquina frente a pisón es el costo, mientras el segundo se hace con sobrantes de material que se utiliza en la obra, la máquina puede costar una cantidad significativa; sin embargo, la calidad del trabajo y la fuerza empleada en ella es de peso para escoger la máquina y más cuando la superficie a trabajar es amplia como en este caso.

El procedimiento, ya sea con la máquina o con el pisón, se repite para cada capa hasta llegar al nivel requerido. Una vez hecha la compactación, se hace una cala a 20 cm de profundidad para tomar una muestra del material compactado y con ésta se revisa si el procedimiento se hizo cumpliendo las especificaciones.

Posteriormente, se colocan testigos de concreto, como lo podemos ver en la siguiente imagen, para colocar la plantilla de concreto que va sobre el terreno.



En la fotografía se puede observar el proceso de colado de la plantilla de concreto.



Aquí se puede ver la técnica que se utiliza para extender el concreto.



En esta imagen se ve la colocación de la plantilla de concreto terminada.



## Capítulo 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, éstas son las medidas que los ingenieros encargados de la planificación de la obra deben tener presente a la hora de desarrollar un programa.

Desde hace años, la administración de las actividades por medio del uso de las computadoras ha resultado una buena herramienta para la solución de problemas sistemáticos de control de obra; sin embargo, si ésta es usada indiscriminadamente puede llevar a situaciones que pongan en dificultades 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.

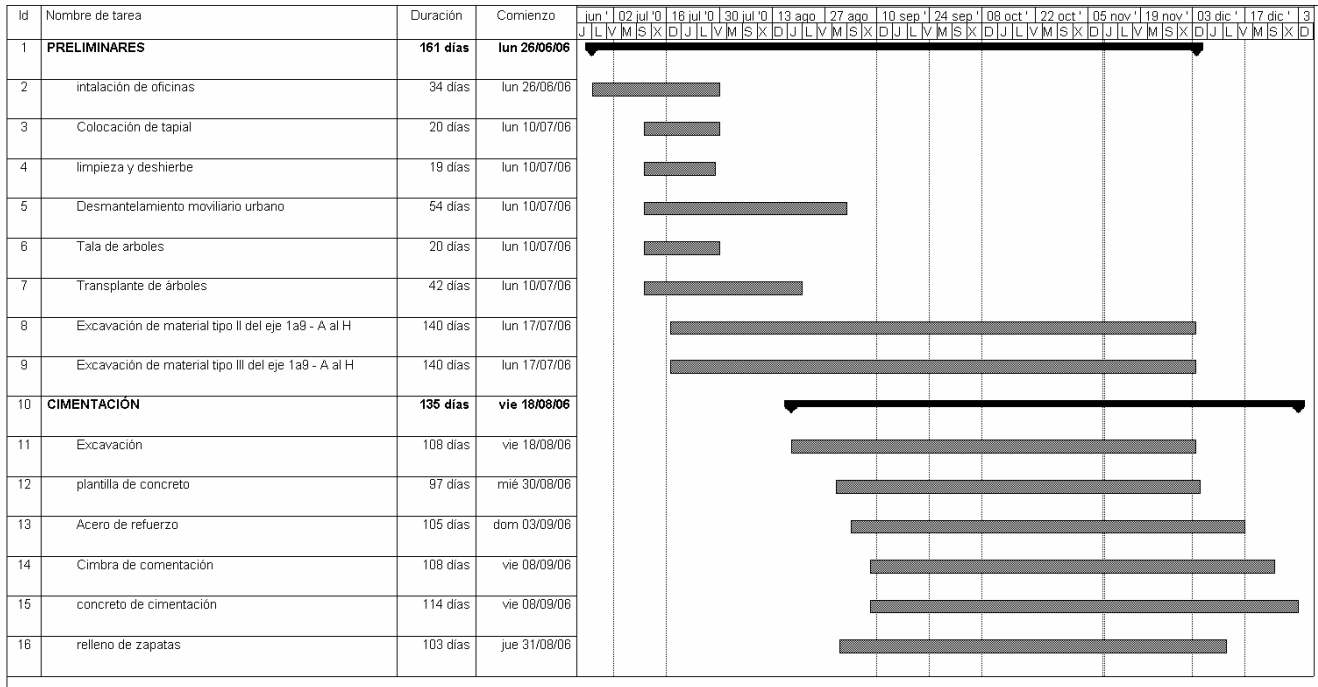
El Museo Universitario de Arte Contemporáneo no es la excepción a lo anterior, ya que se analizaron los tiempos en los que se desarrollarían los procesos, los costos por etapa y la obtención de los recursos, para llevar esto a cabo y que se cumpla conforme al plan, la supervisión en la obra es muy importante 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.

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.

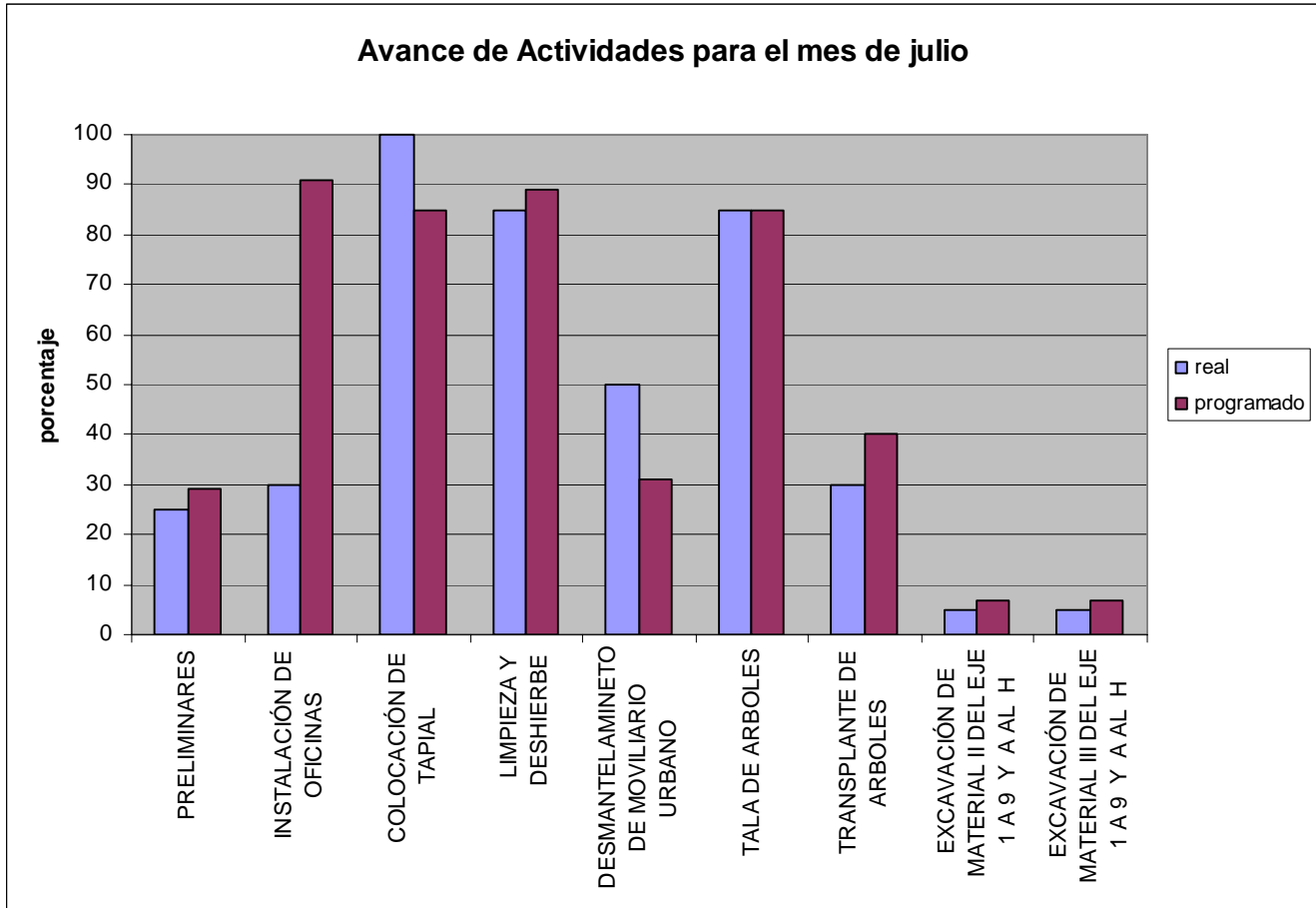
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	MUSEO UNIVERSITARIO DE ARTE CONTEMPORÁNEO	366 días	14/06/06	14/07/07	[Barra de actividad completa]																																									
2	Perímetros	161 días	14/06/06	14/02/07	[Barra de actividad completa]																																									
3	Cimentación	136 días	14/06/06	21/02/07	[Barra de actividad completa]																																									
4	Muros perimetrales	132 días	14/06/06	26/03/07	[Barra de actividad completa]																																									
5	Columnas perimetrales	110 días	14/06/06	20/03/07	[Barra de actividad completa]																																									
6	Losa de estribo	161 días	21/01/06	19/06/07	[Barra de actividad completa]																																									
7	Ranuras de estribo	160 días	25/01/06	04/06/07	[Barra de actividad completa]																																									
8	Muros de control perimetrales de acceso	166 días	08/01/06	26/07/07	[Barra de actividad completa]																																									
9	Estructuras de Btka	180 días	07/01/06	16/08/07	[Barra de actividad completa]																																									
10	Losa de azotea	119 días	22/02/07	05/08/07	[Barra de actividad completa]																																									
11	Azoteas	162 días	25/01/07	21/08/07	[Barra de actividad completa]																																									
12	Elevadores	86 días	03/04/07	30/07/07	[Barra de actividad completa]																																									
13	Instalaciones hidro-sanitarias	230 días	07/01/06	26/08/07	[Barra de actividad completa]																																									
14	Instalaciones Eléctricas	259 días	11/01/06	05/10/07	[Barra de actividad completa]																																									
15	Aire acondicionado	206 días	03/01/06	14/09/07	[Barra de actividad completa]																																									
16	Estructuras de tuberías	142 días	17/01/06	28/01/07	[Barra de actividad completa]																																									
17	Cimentación estructuras	86 días	30/01/06	25/02/07	[Barra de actividad completa]																																									
18	Muros de estructuras	106 días	23/01/06	19/04/07	[Barra de actividad completa]																																									
19	Columnas de estructuras	104 días	27/01/06	21/05/07	[Barra de actividad completa]																																									
20	Losa de estructuras	162 días	07/01/06	05/07/07	[Barra de actividad completa]																																									
21	Ranuras de cimbra	190 días	27/01/06	16/08/07	[Barra de actividad completa]																																									
22	Azoteas estructuras	92 días	05/03/07	10/07/07	[Barra de actividad completa]																																									
23	Instalaciones estructuras	240 días	30/01/06	21/08/07	[Barra de actividad completa]																																									
24	Limpieza exterior de Btka	74 días	16/04/07	26/07/07	[Barra de actividad completa]																																									

A continuación se presentan las actividades que se relacionan con el desarrollo de este trabajo, sin olvidar que existen otras que no son objeto de estudio de dicha investigación.

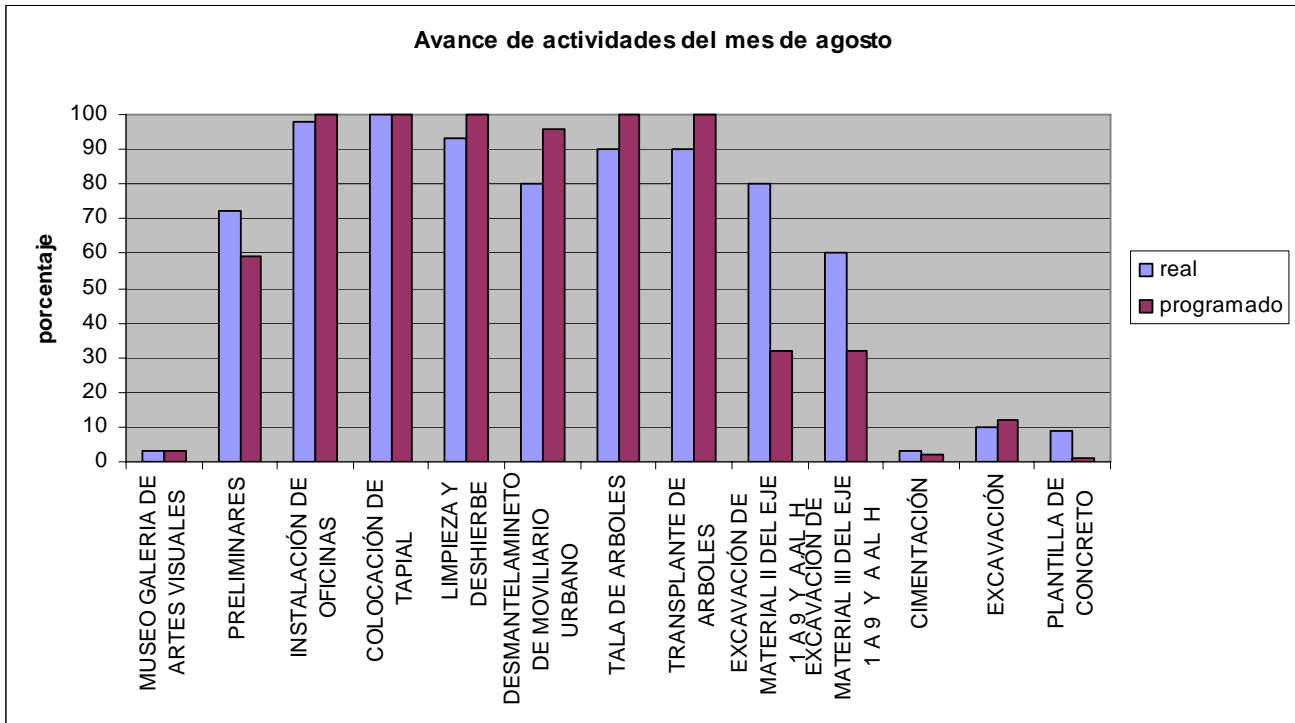


Durante el desarrollo de la obra, la supervisión ha tenido un papel de suma importancia, ya que ningún proceso se debería tomar a la ligera por más fácil que éste parezca. Desafortunadamente, no siempre se puede estar al pendiente de todas las actividades en un mismo tiempo y se delega, en muchos casos, la responsabilidad de los trabajos a los obreros; cuestión que en ocasiones, por falta de experiencia o exceso de ésta, ellos no realizan como indica el proyecto, obteniendo resultados deficientes.

Durante los primeros meses de la obra se han presentado condiciones que han afectado las circunstancias originales o que se tenían pensadas, estos cambios se ven reflejados en la variación de los avances comparando los reales con los programados. En las gráficas siguientes se observan las comparaciones realizadas entre los alcances esperados y los obtenidos durante este periodo de análisis.

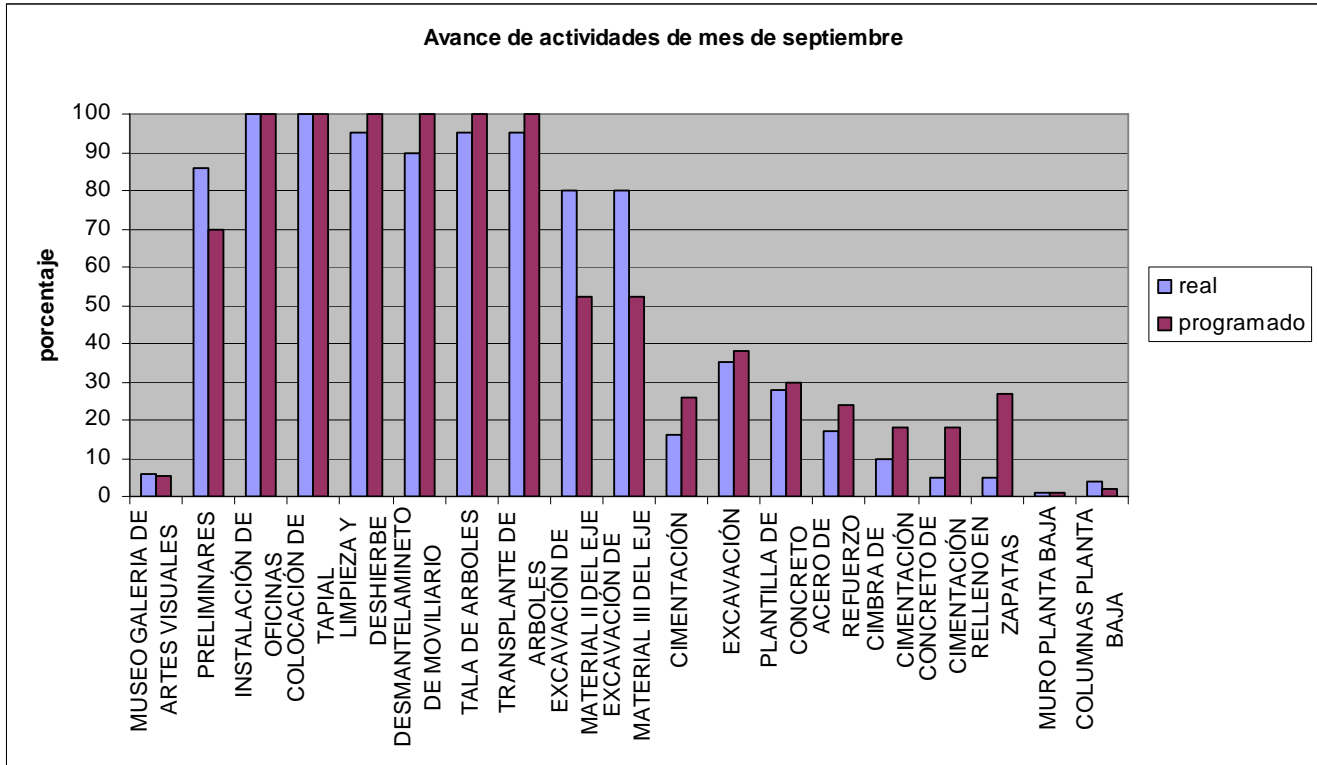


Durante el primer mes de trabajo, las actividades que presentaron retrasos conforme a lo programado no afectan en la terminación de la obra, la jerarquía de estas actividades no es tal que presente problemas de gran escala; pero posteriormente, dedicarle recursos a éstas puede provocar que no se preste la atención requerida a labores más importantes.

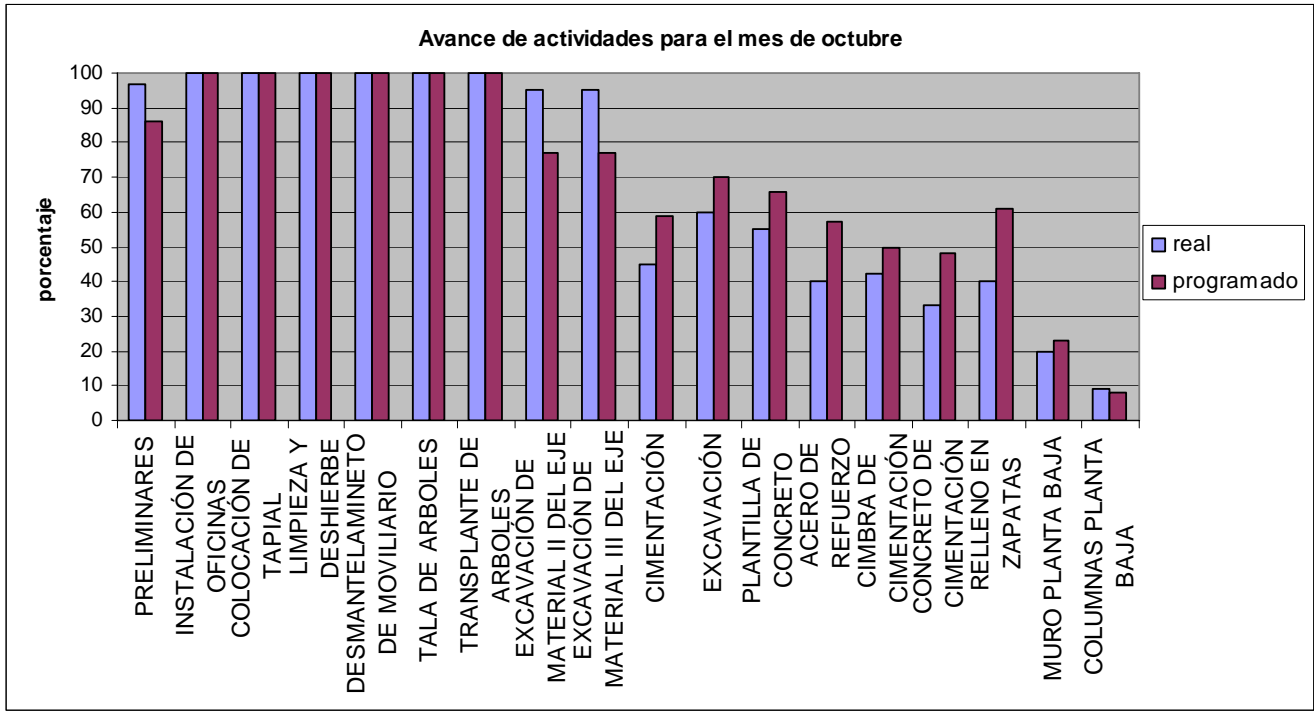


Para el segundo mes de actividades, los retrasos no se han podido solucionar en su totalidad, pero la excavación presenta un avance muy superior a lo estimado, tal avance se debe a que es indispensable esta actividad para el comienzo de otras, por otra parte el inicio de la construcción de otros elementos se ha visto afectada por el cambio de algunas condiciones, como en el caso de actualizaciones en los planos y especificaciones. Tales cambios requieren de tiempo para establecerse, convirtiéndose en retrasos en la construcción.

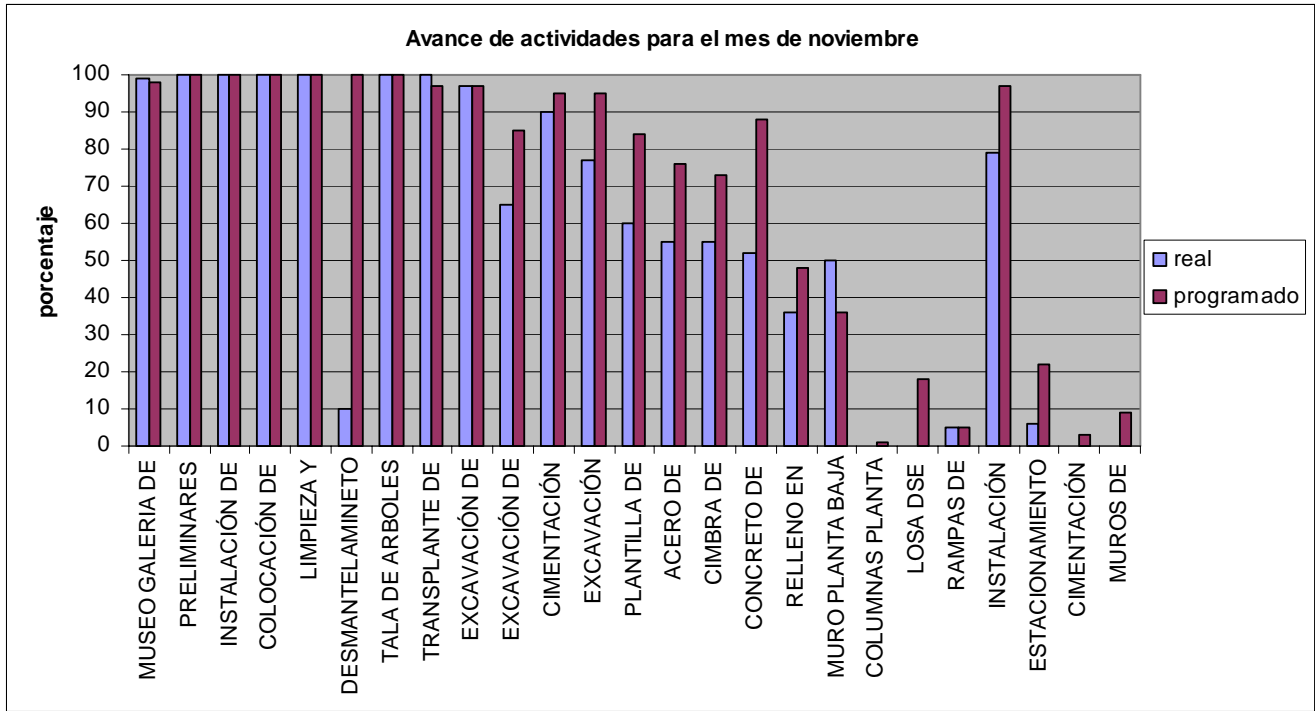




Para el tercer mes de actividades se puede observar ya un déficit, en gran parte de las actividades, situación que representa de seguir con esta tendencia un potencial problema en etapas posteriores, por lo que se requiere que los encargados de tomar las decisiones apliquen pronto soluciones a dichos inconvenientes.



Para el informe de avance del mes de octubre se muestra que el desarrollo de la cimentación ha tenido demasiados problemas en su ejecución, cuestión que ya se esperaba dada la tendencia que marcaban los meses anteriores que así lo pronosticaban. La demora de esta actividad obliga a realizar una revisión al programa de actividades.

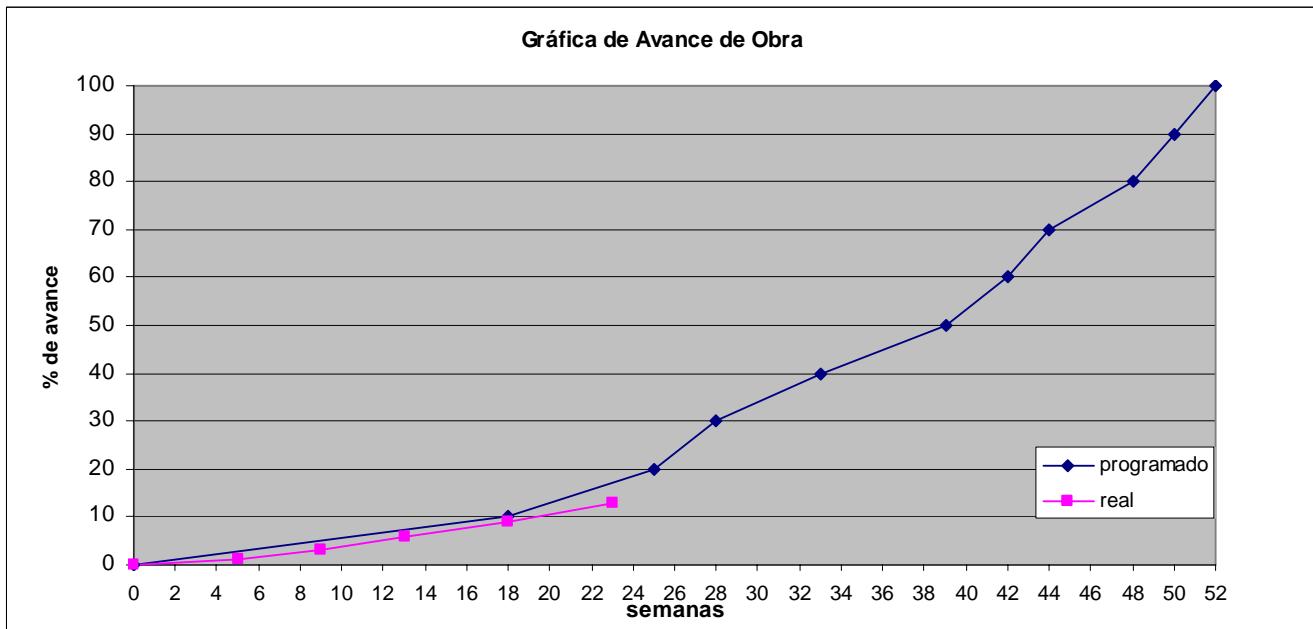


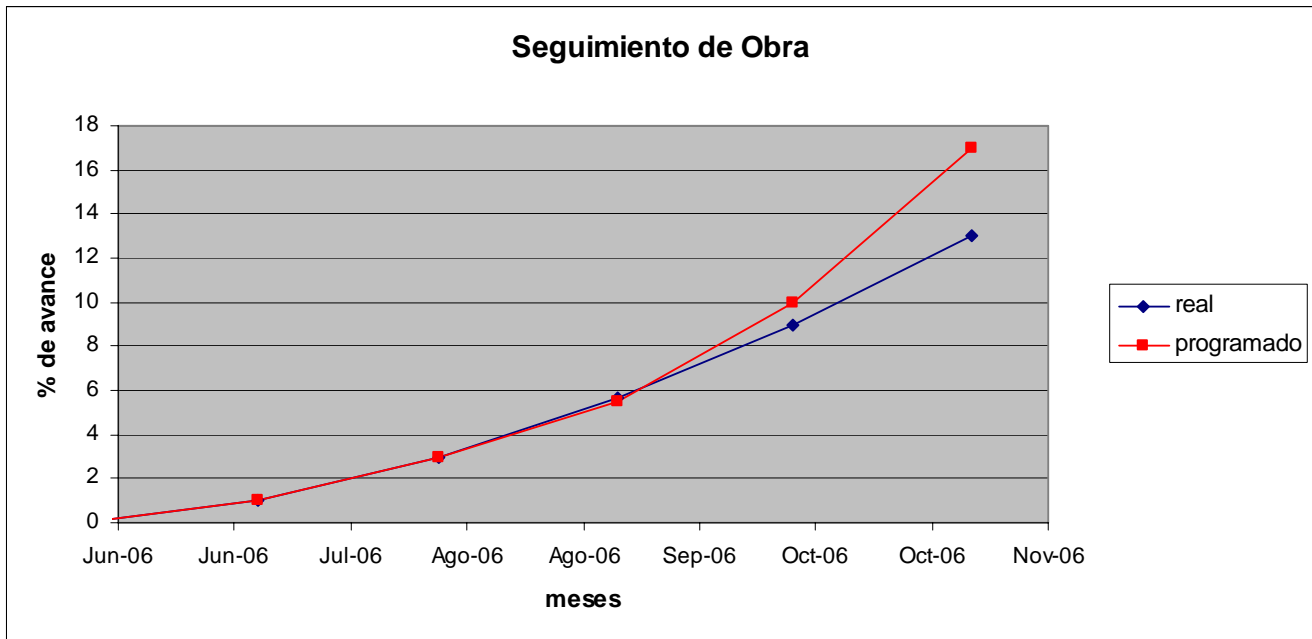
Los retrasos en el proceso de construcción del Museo se han hecho evidentes en el comienzo de nuevas actividades, las demoras durante los meses anteriores han generado que se tenga que reestructurar los tiempos de inicio y fin de dichas labores, ajustando también las duraciones de ejecución de las mismas para poder cumplir con la terminación de la obra en la fecha establecida.

A las actividades que por su importancia pudieran presentar alteraciones al proyecto durante su ejecución, se les proporcionó la atención necesaria para atacarlos con mayor rapidez; el caso más preciso de estos es el proceso de excavación, en todas las gráficas anteriores se puede observar que en este rubro, los avances obtenidos son superiores a los estimados, cuestión que beneficia al proyecto tanto en la liberación de frentes, el comienzo temprano de los trabajos posteriores y en el aspecto financiero. Este último se puede presentar al terminar los trabajos de excavación antes de lo planeado y permite tener un ahorro en la renta de la maquinaria que se utilizó para este fin.

Sin embargo, muchas actividades no se han podido llevar a cabo con la eficacia que se requiere, teniendo en ellas un retraso evidente. El factor que más influye en esto es la decisión por parte de los diseñadores de cambiar algunas especificaciones de los elementos, estos cambios no afectan la cuestión estructural pero sí la programación y toma de decisiones, por lo que se ven afectadas las actividades que se están desarrollando.

A continuación se presentan unas gráficas que reflejan las cuestiones antes mencionadas, en la primera se muestra el avance programado total de la obra y en el segundo, el seguimiento de los trabajos realizados hasta el periodo de análisis de este trabajo.





Los resultados obtenidos durante el tiempo de análisis reflejan una falta de comunicación entre los agentes involucrados en el proceso de construcción, los retrasos durante estos meses apoyan lo antes mencionado. La demora de muchas actividades en las cuales, varias de ellas son de importancia para la culminación a tiempo del proyecto representan la posibilidad de que la obra no se termine en el tiempo programado y en caso de lograrlo, implicará el gasto de más recursos de los estimados.

Otro parámetro, además del seguimiento del avance de obra para conocer si el desarrollo de la misma es tal como se planeó, es revisar el estado financiero; dicho índice muestra la cantidad de recursos utilizados en un periodo, medidos como dinero. Las tablas que se presentan a continuación muestran los recursos asignados que se programaron antes del inicio de la construcción y los utilizados hasta el corte de cada mes para los trabajos desarrollados en realidad.



Estado financiero programado

periodo facturado	importe total sin IVA	Acumulado total sin IVA	importe total con IVA	acumulado total con IVA	amortización total
30-Jun-06	\$ 918,632.92	\$ 918,632.92	\$ 1,056,427.86	\$ 1,056,427.86	\$ 316,928.36
31-Jul-06	\$ 5,698,978.94	\$ 6,617,611.86	\$ 6,553,825.78	\$ 7,610,253.64	\$ 1,966,147.73
31-Ago-06	\$ 7,686,799.11	\$ 14,304,410.97	\$ 8,839,818.98	\$ 16,450,072.62	\$ 2,651,945.69
30-Sep-06	\$ 10,060,022.03	\$ 24,364,433.00	\$ 11,569,025.33	\$ 28,019,097.95	\$ 3,470,707.61
31-Oct-06	\$ 11,664,017.32	\$ 36,028,450.32	\$ 13,413,619.92	\$ 41,432,717.87	\$ 4,023,985.97
30-Nov-06	\$ 13,000,721.04	\$ 49,029,171.36	\$ 14,950,829.20	\$ 56,383,547.06	\$ 4,485,348.76
31-Dic-06	\$ 11,964,836.00	\$ 60,994,007.36	\$ 13,759,561.40	\$ 70,143,108.46	\$ 4,127,868.42
31-Ene-07	\$ 21,455,005.13	\$ 82,449,012.49	\$ 24,673,255.90	\$ 94,816,364.36	\$ 7,401,976.77
28-Feb-07	\$ 20,483,246.53	\$ 102,932,259.02	\$ 23,555,733.51	\$ 118,372,097.87	\$ 7,066,720.05
31-Mar-07	\$ 31,962,187.32	\$ 134,894,446.34	\$ 36,756,515.42	\$ 155,128,613.29	\$ 11,026,954.63
30-Abr-07	\$ 29,917,658.66	\$ 164,812,105.00	\$ 34,405,307.46	\$ 189,533,920.75	\$ 10,321,592.24
31-May-07	\$ 27,770,216.41	\$ 192,582,321.41	\$ 31,935,748.87	\$ 221,469,669.62	\$ 9,580,724.66
30-Jun-07	\$ 21,581,733.49	\$ 214,164,054.90	\$ 24,818,993.51	\$ 246,288,663.14	\$ 7,445,698.05
periodo facturado	amortización acumulada	retención 5%	retención 5% acumulado		
30-Jun-06	\$ 316,928.36	\$ 52,821.39	\$ 52,821.39		
31-Jul-06	\$ 2,283,076.09	\$ 327,691.29	\$ 380,512.68		
31-Ago-06	\$ 4,935,021.78	\$ 441,990.95	\$ 822,503.63		
30-Sep-06	\$ 8,405,729.39	\$ 578,451.27	\$ 1,400,954.90		
31-Oct-06	\$ 12,429,715.36	\$ 670,681.00	\$ 2,071,635.90		
30-Nov-06	\$ 16,915,064.12	\$ 747,541.46	\$ 2,819,177.36		
31-Dic-06	\$ 21,042,932.54	\$ 687,978.07	\$ 3,507,155.43		
31-Ene-07	\$ 28,444,909.31	\$ 1,233,662.79	\$ 4,740,818.22		
28-Feb-07	\$ 35,511,629.36	\$ 1,177,786.68	\$ 5,918,604.90		
31-Mar-07	\$ 46,538,583.99	\$ 1,837,825.77	\$ 7,756,430.67		
30-Abr-07	\$ 56,860,176.23	\$ 1,720,265.37	\$ 9,476,696.04		
31-May-07	\$ 66,440,900.89	\$ 1,596,787.44	\$ 11,073,483.48		
30-Jun-07	\$ 73,886,598.94	\$ 1,240,949.68	\$ 12,314,433.16		

Estado financiero real

periodo facturado	importe total sin IVA	Acumulado total sin IVA	importe total con IVA	acumulado total con IVA	amortización total
30-Jun-06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31-Jul-06	\$ 2,294,081.42	\$ 2,294,081.42	\$ 2,638,193.63	\$ 2,638,193.63	\$ 791,458.09
31-Ago-06	\$ 5,396,950.92	\$ 7,691,032.34	\$ 6,206,493.56	\$ 8,844,687.19	\$ 1,861,948.07
30-Sep-06	\$ 3,454,147.00	\$ 11,145,179.34	\$ 3,972,269.05	\$ 12,816,956.24	\$ 1,191,680.72
31-Oct-06	\$ 4,193,229.70	\$ 18,540,697.37	\$ 4,822,214.16	\$ 21,321,801.98	\$ 1,446,664.25
periodo facturado	retención 5%	retención 5% acumulado	total facturado	acumulado	
30-Jun-06	0.00	0.00	0.00	0.00	
31-Jul-06	\$ 131,909.68	\$ 131,909.68	\$ 1,714,825.86	\$ 1,714,825.86	



<b>31-Ago-06</b>	\$ 310,324.66	\$ 442,234.34	\$ 4,034,220.81	\$ 5,749,046.67
<b>30-Sep-06</b>	\$ 198,613.45	\$ 640,847.79	\$ 2,581,974.88	\$ 8,331,021.55
<b>31-Oct-06</b>	\$ 241,110.70	\$ 1,066,090.10	\$ 3,134,439.20	\$ 13,859,171.28

Al observar las tablas anteriores se podría pensar, en primera instancia, que la obra está costando menos de lo que se había pensado, pero en realidad está marcando que el suministro de los recursos se ha desfasado; esto por motivo de los retrasos. El importe de la obra, en el mejor de los casos, será el mismo que el estimado y la cantidad de dinero que hace la diferencia hasta el momento, se verá reflejado en periodos posteriores; no obstante, si existen más demoras y si se desea terminar el proyecto en el tiempo previsto, existe la posibilidad de que el importe total de la obra en caso real sea mayor a lo programado.

## Conclusiones

El objetivo de esta tesis fue describir los procedimientos de construcción de la cimentación del MUAC, en cada uno de los capítulos se describieron los estudios y labores para realizar dicho fin, además se mencionaron las problemáticas en que ha estado involucrado el desarrollo de la obra, cabe mencionar que no todas las dificultades fueron mencionadas, solamente las que tuvieron un mayor impacto para la ejecución del proyecto.

El mayor problema que presenta la obra es que no cuenta con el proyecto ejecutivo terminado en su totalidad, pues esto lleva a que en cada revisión por parte de los diseñadores se hagan modificaciones a las especificaciones del proyecto; este problema mantiene a la constructora (ICA), los supervisores (INPROS y CPE), como también a los diseñadores (TGL) en continuas discusiones, ya que en ocasiones todos manejan información diferente provocando que no se pongan de acuerdo, por lo que en la ejecución de la cimentación se han generado atrasos significativos, poniendo en riesgo la culminación a tiempo de la construcción. Lo antes mencionado marca un serio problema durante la planeación del proyecto y de la necesidad de manejar de forma oportuna la información. Lo mencionado anteriormente es un problema de nivel administrativo que escapa de la competencia de los constructores, por tal motivo y por razones obvias es necesario contar con la información completa y definitiva para evitar nuevos retrasos.

Durante el periodo de análisis de este trabajo 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. El proyecto MUAC, a pesar de la cantidad de inconvenientes que se han ido presentando, tiene una meta, que es terminar oportunamente y presentar un producto con las características de calidad que se estipularon.