

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.



**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA.**

FACULTAD DE INGENIERÍA.

**“CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL
DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA-TEXCOCO, TRAMOS A Y C”**

T E S I S

QUE OPTA POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN.

P R E S E N T A:

JESÚS GUSTAVO MUÑIZ PAZ

TUTOR:

ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO



ENERO 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. Fernando Favela Lozoya.

Secretario: M.I. Salvador Díaz Díaz.

Vocal: Ing. Carlos Manuel Chávarri Maldonado.

1^{er}. Suplente: Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez.

2^{do}. Suplente: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto.

Lugar donde se realizó la Tesis:

Facultad de Ingeniería, UNAM

Ciudad Universitaria, México Distrito Federal.

TUTOR DE TESIS:

ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO.



AGRADECIMIENTOS.

Agradezco primeramente a Dios por concederme llegar hasta este punto del camino y espero me siga iluminando para ser un mejor profesionista.

A mis padres, que sin los cuales no habría podido lograr todas las metas logradas y estar aquí este momento, por brindarme una educación excepcional acompañada de grandes valores personales junto con todo su amor y apoyo incondicional.

A mi esposa Leslie, por su amor, apoyo y comprensión en todo momento, y ser una compañera en mi vida, de la cual me siento completo y orgulloso.

A mis compañeros y amigos, por su apoyo, inspiración y sus mejores deseos depositados en mí.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Facultad de Ingeniería, por haberme abierto sus puertas un día grandioso en mi vida, y darme la oportunidad de aprovechar gran parte de los conocimientos, actitudes y aptitudes que guarda, y por esto daré mi mejor esfuerzo y dedicación para mantener en alto su nombre y prestigio.

A todos mis profesores, por su paciencia, dedicación, y conocimientos brindados a través de estos años, los cuales aprovecharé al máximo.

Al Ingeniero Carlos Chávarri, ya que ha sabido ser aparte de un excelente profesor un gran amigo, siempre tendrá mi aprecio, admiración, respeto y apoyo.

A mis sinodales, los cuales todos fueron mis profesores, ya que con ellos compartí grandes momentos tanto académicos como de amistad, y por el apoyo en la culminación de mis estudios con este trabajo.

Un día surgió en dos grandes seres una idea, un deseo, aquella idea se volvió un ser, ese ser tan indefenso y pequeño, fue creciendo y creciendo, a través de caminos tanto oscuros como iluminados, tanto de tristeza como de alegría, y a pesar de todos los obstáculos, tuvo siempre un rayo de luz sobre su rostro, el cual espero siempre lo siga iluminando y colmando de alegrías y triunfos.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.	9
--------------------	---

Capítulo I GENERALIDADES.

I.1 Justificación del proyecto.	11
I.2 Descripción general del proyecto.	12
I.3 Cuerpos.	13
I.4 Ejes.	14
I.5 Geotecnia.	15
I.6 Tipos de cimentación.	17
I.7 Superestructura.	18
I.8 Vialidades.	19

Capítulo II ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.

II.1 Descripción.	26
II.2 Sondeos.	23
II.3 Estratigrafía.	24

Capítulo III PILAS.

III.1 Descripción.	26
III.2 Armado de las pilas.	31
III.3 Colado de las pilas.	34
III.4 Inspección y verificación.	37

Capítulo IV PILOTES.

IV.1 Descripción.	40
IV.2 Proceso constructivo.....	41
IV.3 Perforación previa.	45
IV.4 Hincado de pilotes.	49
IV.5 Bombeo.....	52

Capítulo V ZAPATAS DE CIMENTACIÓN.

V.1 Trabajos preliminares.	53
V.2 Proceso constructivo.....	53
V.2.1 Roca basáltica por debajo del nivel de desplante.	55
V.2.2 Roca basáltica por arriba del nivel de desplante.	57
V.2.3 Metodología para garantizar el colado homogéneo de las zapatas.	58
V.3 Rellenos locales.	59
V.3.1 Características y colocación de los materiales.	60
V.4 Contención temporal con muro Berlín.	61
V.5 Tipos de zapatas.	64
V.6 Excavación para las zapatas.	64
V.6.1 Descripción del proceso.	65
CONCLUSIONES.....	74

Anexo I ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO.

A.I.1 alcances.	75
A.I.2 Generalidades.	75
A.I.3 Concreto.	75
A.I.3.1 Materiales para el concreto.	75
a) Cemento Portland.	76
b) Agregados.	78
c) Agua.	81
d) Aditivos.	81
A.I.3.2 Elaboración del concreto.	83
a) Proporcionamiento de las mezclas.	83
b) Dosificación.	85
c) Transporte.	85
d) Colocación del concreto.	86
e) Colados con temperaturas altas.	87
f) Curado del concreto.	88
A.I.3.3 Concreto premezclado.	89
a) Generalidades.	89
b) Datos para pedidos.	91
c) Aceptación de la planta y control de calidad del concreto.	91
A.I.3.4 Pruebas en el concreto.	92
a) Generalidades.	92
b) Tamaño máximo del agregado.	92
c) Consistencia.	93
d) Peso volumétrico en estado fresco.	94
e) Relación agua-cemento.	94
f) Temperatura.	94
g) Fraguado.	95
h) Resistencia del concreto.	95
i) Pruebas de corazones.	97
j) Módulo de elasticidad.	98

k) Frecuencias de pruebas.....	98
A.I.4 Concreto presforzado.	100
A.I.4.1 Materiales.....	100
A.I.4.2 Concreto utilizado.	100
A.I.4.3 Mortero para inyección.....	100
A.I.4.4 Elaboración.	100
A.I.5 Morteros con aditivos estabilizadores o expansores.....	101
A.I.5.1 Generalidades.	101
A.I.5.2 Materiales.	101
A.I.5.3 Elaboración de los morteros.	102
A.I.5.4 Proporcionamiento.	103

Anexo II ESPECIFICACIONES DEL ACERO DE REFUERZO.

A.II.1 Alcances.	104
A.II.2 Generalidades.....	104
A.II.3 Acero de refuerzo.....	104
A.II.3.1 Materiales.....	105
A.II.3.2 Habilitado.....	106
A.II.3.3 Colocación.....	107
a) Concreto colado “in-situ”.....	108
b) Concreto premezclado.....	108
A.II.3.4 Tolerancias.....	109

Anexo III ESPECIFICACIONES DEL ACERO ESTRUCTURAL.

A.III.1 Descripción general.....	110
A.III.2 Accesorios.....	111
A.III.3 Soldadura.....	112
A.III.4 Limpieza y protección.....	114

Anexo IV ESPECIFICACIÓN GENERAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS TEMPORALES EN VIALIDADES A NIVEL.

A.IV.1 Pavimento temporal.....	115
A.IV.2 Características de los materiales.....	116
A.IV.2.1 Subrasante con material aligerado.....	116
A.IV.2.2 Capa sub-base.....	117
A.IV.2.3 Riego de impregnación.....	119
A.IV.2.4 Riego de liga.....	121
A.IV.2.5 Carpeta asfáltica.....	121
a) Material pétreo.....	122
b) Cemento asfáltico.....	123
c) Mezcla asfáltica.....	123
d) Riego de sello.....	124

BIBLIOGRAFÍA.	125
--------------------	-----

INTRODUCCIÓN.

A través de la historia el hombre ha tenido la necesidad de trasladarse ya sea por cambios climáticos, por alimento, por agua o simplemente para protección de sus depredadores. Por esto mismo ha tenido que ingeniárselas para poder librar obstáculos, como son ríos, lagos, mares, montañas, etcétera. Debido a que estos obstáculos en su mayoría son difíciles de librar ha tenido que idear y crear estructuras para lograrlo, y no obstante el poder pasar el mismo sino que la mayoría de las veces con algún tipo de carga, debido a esto tuvo que diseñarlas de forma resistente y amplia.

Tomando los puntos anteriores a consideración fue modificando las estructuras tanto en tamaño como en resistencia, por lo cual para lograr esto, tuvo que experimentar con diferentes tipos de materiales y procesos constructivos para mejorarlas.

Teniendo en cuenta estas ideas y con el acelerado crecimiento de la población, el hombre tuvo la necesidad de acelerar su proceso de transporte para mejorar sus tiempos de traslado, y debido a que perfeccionó sus vehículos, buscó nuevas formas de transitar paralelamente con sus semejantes. Esto le sirvió como base para mejorar sus vialidades y pensar en nuevas formas de proyectar las mismas, surgió la idea de crear rutas en diferentes niveles y la tomó como la más óptima.

Al pensar en rutas en diferentes niveles, enfrentó el problema de mejorar sus estructuras para hacerlas más resistentes y con mejores materiales, al realizar esto surgió un nuevo problema, el de tener que mejorar las condiciones de apoyo de éstas, como es reforzar las estructuras y por consiguiente mejorar la resistencia del suelo para evitar deformaciones en el mismo y evitar hundimientos y colapsos.

Esto sirvió como base para diseñar infinidad de tipos de estructuras, con diferentes tipos de apoyos y formas, así como también diferentes tipos de materiales.

Actualmente con el acelerado crecimiento de la población, se han creado grandes concentraciones de habitantes en las grandes ciudades, ya sea por comercio, oportunidades de trabajo y mejores condiciones de vida, por lo cual se han tenido que diseñar diversas estructuras para librar el gran tráfico

existente, como son túneles, grandes avenidas, y pasos a desnivel como son los distribuidores viales, los cuales son de gran ayuda al tránsito debido a que con éstos se logra librar grandes obstáculos como son otras vías rápidas, también nos sirven para conectar de manera rápida y eficiente varias vialidades sin tener que disminuir considerablemente la velocidad ya que están diseñados para transitar a una velocidad considerable tanto en su acceso como en las curvas que contengan, reduciendo así los diferentes accidentes de tránsito y aumentando las condiciones de velocidad antes y después de éstas estructuras.

CAPÍTULO I.

GENERALIDADES.

I.1 Justificación del proyecto.

El Gobierno del Distrito Federal ha planteado un sistema de nuevas vialidades en función de mejorar la circulación de vehículos en la zona de las avenidas Ermita Iztapalapa e Ignacio Zaragoza, en el entronque con la carretera Puebla y Texcoco. Por lo tanto a través de la Dirección General de Obras Públicas (GDOP) se contrató la ejecución a precios unitarios y tiempo determinado de la construcción del:

**PUENTE QUE CONECTARÁ A LA AUTOPISTA MÉXICO –
PUEBLA CON LA CALZADA IGNACIO ZARAGOZA, CON UNA
GAZA DE INCORPORACIÓN A LA CALZADA ERMITA
IZTAPALAPA.**



Figura I.1 Maqueta.

CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL ZARAGOZA – TEXCOCO, TRAMOS A Y C.

I.2 Descripción General del Proyecto.

La estructura de esta nueva vialidad se desplantará sobre los carriles centrales y laterales de estas avenidas.

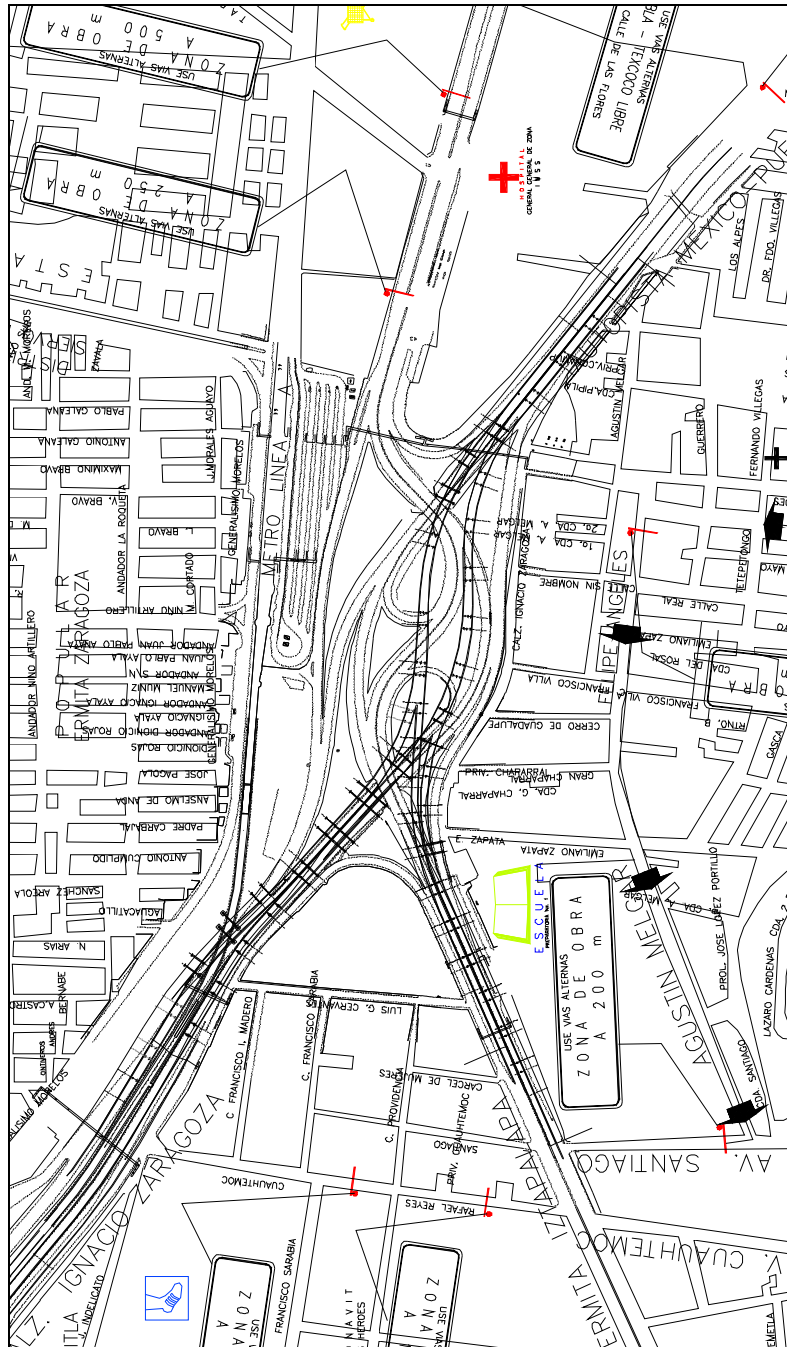


Figura I.2 Principales avenidas de la zona.

CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA – TEXCOCO, TRAMOS A Y C.

Este proyecto se llevó a cabo mediante adjudicación directa hacia la constructora ICA, y la supervisión es realizada por Ingeniería Integral Internacional.

1.3 Cuerpos.

La estructura contará con una longitud de 3,746 m de longitud y una superficie de construcción de 38, 698 m². Su estructura constará de tres carriles de circulación por sentido, dándole continuidad a la Calzada Ignacio Zaragoza con la Autopista México Puebla, además contará con dos gazas vehiculares de dos carriles de circulación cada una, con las que se comunica directamente con la Calzada Ermita Iztapalapa en ambas direcciones.

El proyecto consta de dos cuerpos de vialidad, uno para cada sentido, es decir, el cuerpo A y C conforman la salida del Distrito Federal en dirección de Puebla y los cuerpos B y D conforman la entrada al Distrito Federal hacia las avenidas Ignacio Zaragoza y Ermita Iztapalapa respectivamente, proveniente de la Autopista a Puebla.

Debido a que los dos cuerpos de vialidades son semejantes hablaremos solamente del cuerpo A y C, el cual como se mencionó es la salida del Distrito Federal hacia Puebla.

CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA - TEXCOCO, TRAMOS A Y C.



Figura I.3 Vista aérea de la zona.

I.4 Ejes.

La rama A proveniente de la Calzada Ignacio Zaragoza, se dividió en 41 Ejes transversales, con los cuales se identifica los lugares de colocación de la respectiva cimentación y soporte.

La rama C, la cual se refiere a la gaza de incorporación proveniente de la Calzada Ermita, se dividió en 17 Ejes para los mismos efectos.

Este proyecto se ubica tanto en zona de lago, como en zona de transición, la zona de lago limita de la Calzada Ignacio Zaragoza hacia el Norte y la mayor parte abarca zona de transición desde la anterior Calzada hasta la zona de la Calzada Ermita Iztapalapa, ya que más al Sur se encuentra la zona de Lomerío.

**CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA – TEXCOCO, TRAMOS & Y C.**

I.5 Geotecnia.

Se realizaron sondeos para el estudio de mecánica de suelos, los cuales se encuentran localizados a lo largo de los cuerpos, cabe mencionar que éstos fueron muy pocos en consideración con el tipo de suelo, y esto fue una causa de retrasos y cambios de proyecto a lo largo de la construcción, debido a que el suelo cambia bruscamente en distancia muy pequeñas.

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, se encontró en la capa superior un relleno, a continuación una capa de arcilla muy blanda, después una capa de limo, después una capa de arena, después una capa de boleos y finalmente una capa de basalto, siendo ésta la capa resistente.













SIMBOLOGIA	
	SONDEO EXPLORATORIO (SE) SONDEO DE CONO (SC) SONDEO DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)
	SONDEO SELECTIVO (SS)
	SONDEO REALIZADO
	SONDEO PROGRAMADO
	ESTACION PIEZOMETRICA
	BANCO DE NIVEL
	RELLENO
	ARCILLA
	LIMO
	ARENA
	BOLEOS
	BASALTO

Figura I.4 Materiales Supuestos en la zona.

CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA – TEXCOCO, TRAMOS A Y C.

A continuación se muestra la estratigrafía inicial proporcionada para el proyecto, en la cual podemos observar que las capas de suelo parecen estar continuas, y en el caso más desfavorable la capa resistente está localizada a una profundidad de 75 m aproximadamente.

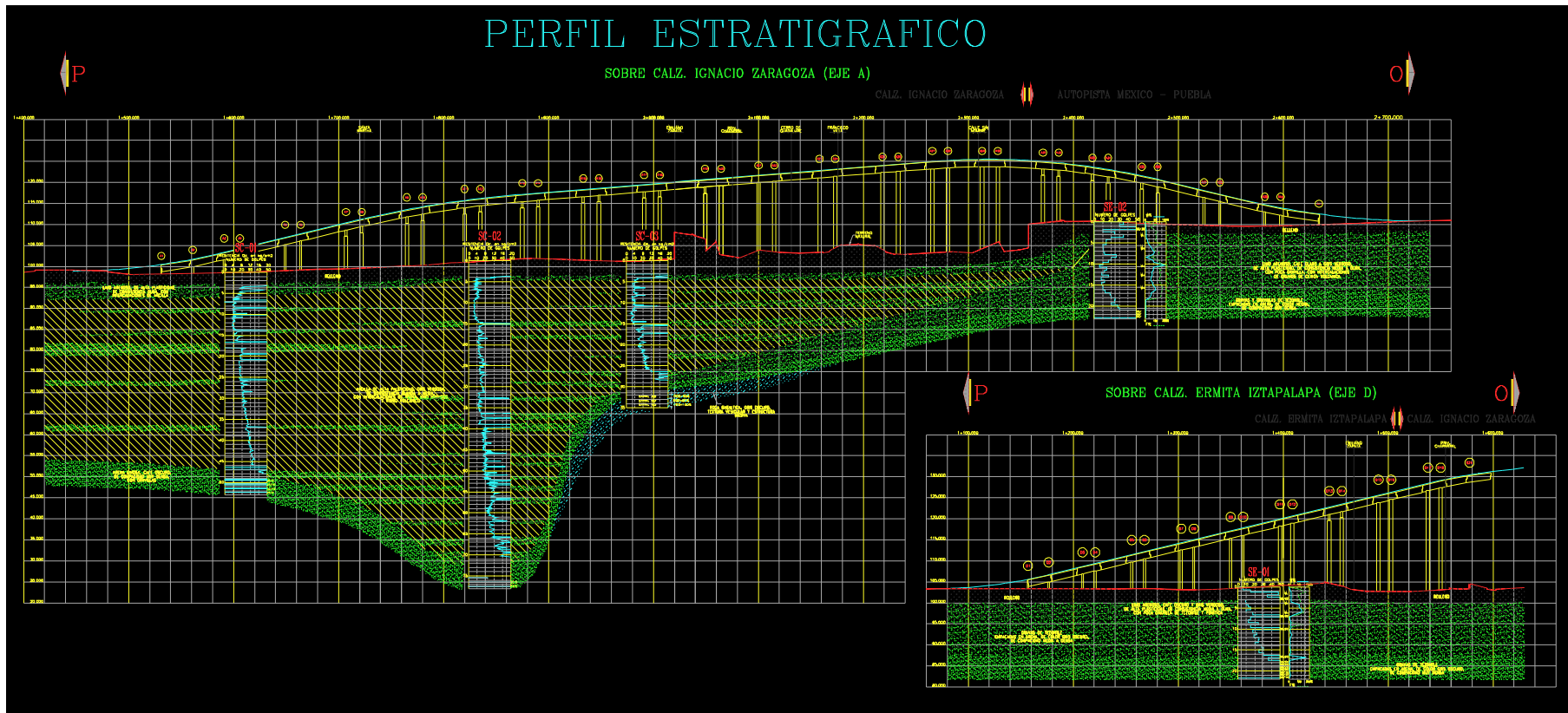


Figura I.5 Estratigrafía Inicial de la Zona

CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA - TEXCOCO, TRAMOS A Y C.

I.6 Tipo de Cimentación.

Dicha estructura estará formada por cimentación profunda a base de:



Figura I.6 Pilas coladas en sitio.



Figura I.7 Pilotes hincados.



Figura I.8 Zapatas de cimentación.

CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA – TEXCOCO, TRAMOS A Y C.

I.7 Superestructura.

Estará formada por:



Figura I.9 Columnas.



Figura I.10 Cabezales



Figura I.11 Trabes cajón.

CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL
ZARAGOZA – TEXCOCO, TRAMOS A Y C.

Las cuales serán prefabricadas, las conexiones y los postensados serán en sitio.

Contará con firmes de compresión, juntas constructivas y de calzada, parapetos de concreto armado, parapetos metálicos, estribos de concreto armado, muros de contención, terracerías para conformar las rampas de acceso, pavimentos, obras inducidas como por ejemplo; agua potable, drenaje pluvial, guarniciones, banquetas, instalaciones eléctricas, señalización, albañilería, acabados, jardinería, etc.

1.8 Vialidades.

El proyecto tiene como vialidades principales la Calzada Ignacio Zaragoza como ya se mencionó, la cual consta de 8 carriles para cada sentido y en la parte central la línea B de metro férreo, por lo cual es una vialidad bastante importante, también consta de la Calzada Ermita Iztapalapa, la cual tiene 5 carriles para cada sentido, éstas se unirán para desembocar en la Autopista a Puebla, la cual tiene un aforo vehicular bastante importante casi a toda hora, por lo tanto esta obra será una solución muy esperada por una gran cantidad tanto de operadores de vehículos como para los vecinos del lugar, cabe mencionar que la zona debido a las vialidades existentes, al flujo de transporte público y el comercio informal, no es muy segura y tiene un aspecto bastante desagradable, por tanto con esta obra se disminuirá el flujo vehicular en la zona inferior de las vialidades y como consecuencia disminuirá el comercio ambulante e informal de la zona.

CAPÍTULO II.

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.

II.1 Descripción.

Como ya se mencionó, el suelo de la zona es bastante irregular, debido a que consta de dos partes bastante diferentes, como son la zona de lago y zona de transición, por lo tanto se debía tener bastante cuidado al analizar los materiales existentes. El estudio de mecánica de suelos proporcionado para el proyecto maneja una cantidad muy deficiente de sondeos, causa por la cual el proyecto tuvo tanto retraso, debido a que constantemente se tuvieron que hacer modificaciones para evitar colapsos o daños a la estructura. Conforme se fue avanzando se encontraron varias sorpresas como por ejemplo que entre sondeo y sondeo el suelo cambiaba considerablemente, y en ocasiones hasta en distancias de 1 m.

II.2 Sondeos.

Se realizaron inicialmente 12 sondeos para toda la zona, con lo cual, como ya se mencionó no es suficiente, el tipo de sondeos fueron de cono, sondeo mixto y sondeo estándar, cabe mencionar que el Ing. Geólogo encargado actualmente comentó que era mucho más exacto, rápido y económico haber realizado los sondeos por el método eléctrico, el cual se abarcaría la totalidad de la zona en aproximadamente una semana, este tipo de sondeo consta de hacer pasar a través del suelo energía eléctrica con una inclinación de 45 grados, por esto con una distancia por ejemplo de 100 m, se llegaría a una profundidad de 50 m. Esta descarga eléctrica nos proporciona un espectro en la pantalla de la computadora indicando el tipo y ubicación exacto de cada material, debido a que cada material tiene propiedades distintas tanto de porosidad, permeabilidad y resistencia al impacto.

Debido a los constantes estudios y desarrollo en las obras se tiene hasta el momento la estratigrafía siguiente, que como se puede ver no se parece nada a la inicial.

DISTRIBUIDOR VIAL ZARAGOZA – TEXCOCO
LOCALIZACION DE SONDEOS

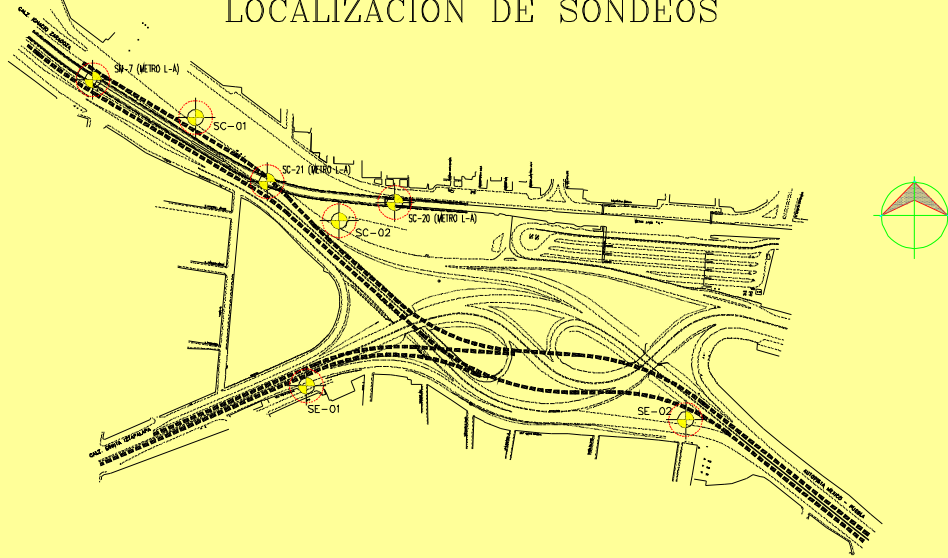


Figura II.1 Localización de Sondeos





SIMBOLOGIA	
	<ul style="list-style-type: none"> SONDEO EXPLORATORIO (SE) SONDEO DE CONO (SC) SONDEO DE PENETRACION ESTANDAR (SPT)
	SONDEO SELECTIVO (SS)
	SONDEO REALIZADO
	SONDEO PROGRAMADO
	ESTACION PIEZOMETRICA
	BANCO DE NIVEL
	MATERIAL DE RELLENO
	ARCILLA AMARILLA
	LIMO ARENOSO
	LIMO ARCILLOSO
	ARCILLA LIMOSA
	ARENA NEGRA VOLCANICA
	ARENA NEGRA CON GRAVA
	INTERCALACIÓN ARENA-LIMO ARCILLOSO
	BASALTO

Figura II.2 Materiales Reales de la Zona.

II.3 Estratigrafía.

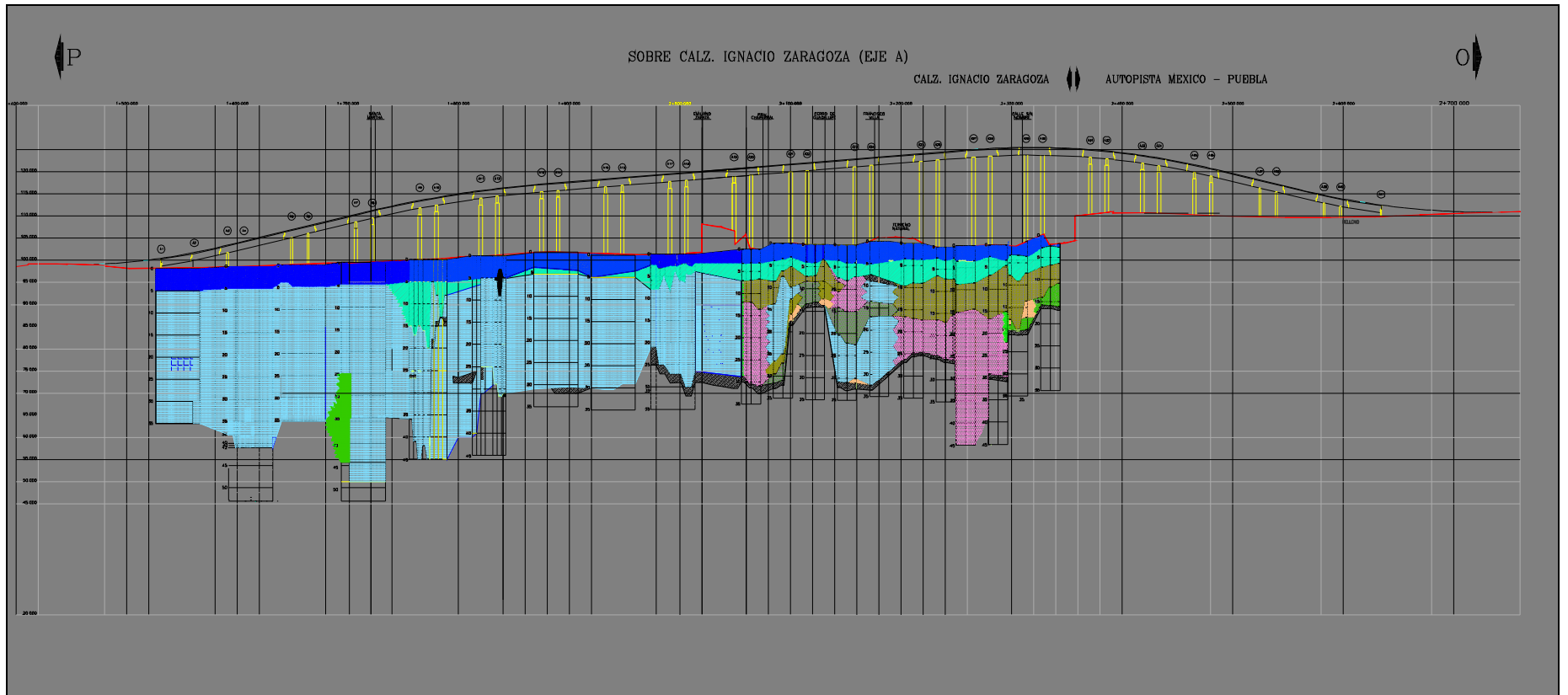


Figura II.3 Estratigrafía Real de la Zona.

Como se puede observar los materiales no eran los reales, ahora podemos observar que existe primeramente el relleno, arcilla amarilla, limo arenoso, limo arcilloso, arcilla limosa, arena negra volcánica, arena negra con grava, intercalación arena – limo arcilloso, y basalto. Con esto se tuvo que rediseñar varios elementos, por lo cual la obra llegó hasta la modificación 4.

Cabe mencionar que el nivel freático en algunos puntos estaba muy presente a poca profundidad y en otros se encontró a profundidades considerables debido a la diversificación de tipos de suelos.

CAPÍTULO III.

PILAS.

III.1 Descripción.

La cimentación del proyecto es profunda debido a las características del suelo, y estará formada por pilas construidas en sitio, pilotes hincados y zapatas de cimentación.

La presente especificación rige el procedimiento constructivo de las pilas de cimentación, en el tramo donde se ha detectado un macizo rocoso de basalto. También se incluyen los trabajos de perforación, construcción y control de calidad.

Con objeto de facilitar la construcción de la cimentación se procederá a trazar en campo la planta de cimentación (zapatas y pilas), con la finalidad de verificar que ninguna instalación municipal (agua, luz, Pemex, drenaje, fibra óptica, etc.) interfiera con la excavación y construcción de cada uno de los elementos de la cimentación, en caso contrario será necesario reubicarlas según proyecto y especificaciones de cada dependencia previa aprobación de la supervisión.

Se efectuará el retiro de banquetas, guarniciones, carpeta asfáltica y terracerías en las áreas que ocuparán las zapatas y pilas de cimentación, así como la demolición y retiro de construcciones preexistentes en su caso.

Las pilas son construidas con diferentes diámetros, los cuales se enuncian más adelante, y tienen diferentes profundidades, la de mayor profundidad es de aproximadamente 50 m.

Con objeto de facilitar la construcción de las pilas se deberán seguir los siguientes puntos:

- Deberá marcarse con exactitud la ubicación de los puntos centrales donde se construirán las pilas con precisión de ± 1 cm.
- Deberá utilizarse un equipo de perforación con la herramienta adecuada para garantizar la verticalidad del barreno, minimizar la alteración del suelo adyacente a la excavación, obtener una perforación limpia y conservar las dimensiones de proyecto en toda la profundidad, evitando la sobre excavación lateral y vertical del terreno.
- Antes de iniciar la perforación, deberá verificarse la posición de las pilas y las contratrabes, dicha posición no variará en más de 1 cm con respecto a la de proyecto.
- Durante la realización de los trabajos se llevará un registro de la localización de las pilas, las dimensiones de perforaciones, las fechas de perforación y de colado, la profundidad y espesores de los estratos y las características de los materiales de apoyo.
- El equipo deberá tener la capacidad suficiente para realizar la perforación de un barreno cilíndrico vertical en el subsuelo cuyo diámetro sea de 80 cm, hasta la profundidad de desplante indicada en el proyecto estructural y topográfico. Es recomendable que el diámetro de la broca de perforación sea un 10% menor que el diámetro de perforación para no tener sobre excavación.
- Se deberá contemplar la perforación en *roca basáltica*, en una profundidad de 1.0 a 1.5 veces el diámetro de la perforación, lo cual estará en función del grado de fracturamiento de la roca.

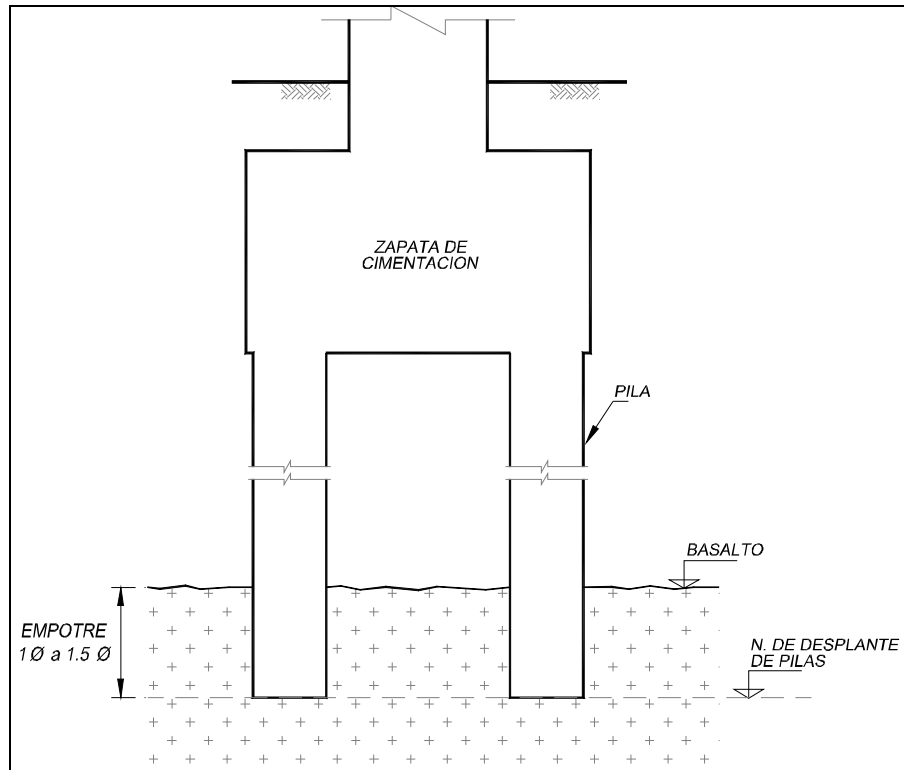


Figura III.1 Perforación en Roca Basáltica.

- Para la construcción de pilas se deberán realizar perforaciones en seco.

La perforación en seco se realizará en donde hasta la máxima profundidad de desplante de pilas no se presente el nivel de aguas freáticas.

En al menos los primeros 3 m o hasta atravesar totalmente el espesor de relleno artificial, el diámetro de la perforación será mayor con objeto de colocar un ademe metálico (brocal) que garantice la estabilidad en la parte superficial, la calidad de la pila por construir, así como la barrenación en el diámetro indicado.

En los estratos estables que permitan perforar en seco, se colocará solamente el brocal antes citado. Cuando existan suelos granulares no cohesivos (inestables) que produzcan caídos o zonas con mantos acuíferos colgados existentes en este tramo, cuya posición se detecte o verifique durante la perforación, se procederá a profundizar el ademe hasta cubrir totalmente

dichos estratos inestables o mantos colgados para continuar con la perforación en seco.

El ademe será retirado hasta que el concreto haya sido colocado en el barreno.

La verificación de las condiciones de desplante se realizará a través de una plomada de concreto; así como también se deberá verificar la profundidad de perforación y limpieza del fondo (libre de azolves).

Terminada la perforación, y efectuada la limpieza del fondo de la misma, se procederá a la colocación del armado y el colado de la pila.



Figura III.2 Perforación de Pilas.

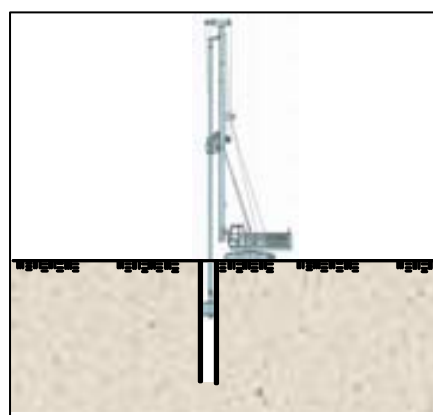


Figura III.3 Colocación de Ademe.

Para la perforación, se utiliza:

- una perforadora rotatoria marca Soilmec rt 3, montada sobre una grúa link-belt modelo ls-118.



Figura III.4 Perforadora.



Figura III.5 Proceso de Perforación.

- una perforadora hidráulica autopropulsada marca bauer bg 22,
- la herramienta principal es una broca o bote de perforación con el diámetro requerido, para los primeros metros de profundidad, después de lo cual se coloca el ademe metálico, en caso de requerirse, en caso de que se presenten problemas de caídos en los primeros metros de la perforación (3 m aproximadamente), se coloca una boquilla metálica para estabilizar las paredes mientras se coloca el ademe; en caso de que se requiera se podrá utilizar lodo bentonítico para estabilizar las paredes de las perforaciones.



Figura III.6 Ademes.



Figura III.7 Perforación.

- una vez instalado el ademe o colocado el lodo estabilizador, se continua con la perforación hasta llegar al nivel de desplante de proyecto, la forma de medir la profundidad de perforación, es utilizando marcas en el cable de la grúa que sostiene al barretón, o por medio de una sonda que tiene calibrado su cable a cada 5 metros.
- antes de colocar el acero de refuerzo, se verifica que el fondo de la perforación esté libre de azolve, limpiando el fondo con el bote de perforación y se verifica con una sonda la profundidad total de la pila.



Figura III.8 Acero de Refuerzo de Pilas.

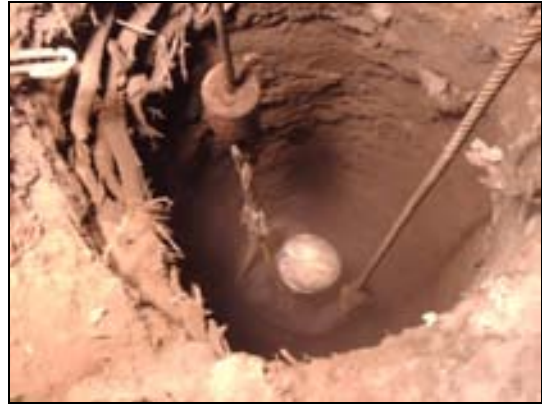


Figura III.9 Inspección Visual a Perforación.

- la verticalidad del equipo de perforación, se controla cada 5 m de perforación utilizando dos plomadas de hilo situadas perpendicularmente a 90° de la posición del eje del barreno
- el tiempo que transcurra desde el término de la perforación, hasta el colado de la pila no debe ser mayor a 24 horas.
- no se deberá perforar una pila que se encuentre a menos de 9 m de alguna otra que este en proceso de perforación o de colado.

III.2 Armado de la pila.

Se dispondrá de un área especial para habilitar y armar la jaula de acero de refuerzo de acuerdo con las especificaciones estructurales del proyecto.

El recubrimiento del armado se garantizará mediante la colocación de separadores de concreto con forma de roles (donas) cuyos ejes deberán ser los estribos o zunchos de armado.

- una vez terminada la perforación de cada pila, se coloca dentro de ésta el acero de refuerzo previamente habilitado, con una grúa ls 108 la cual también se utiliza en el colado de las pilas.

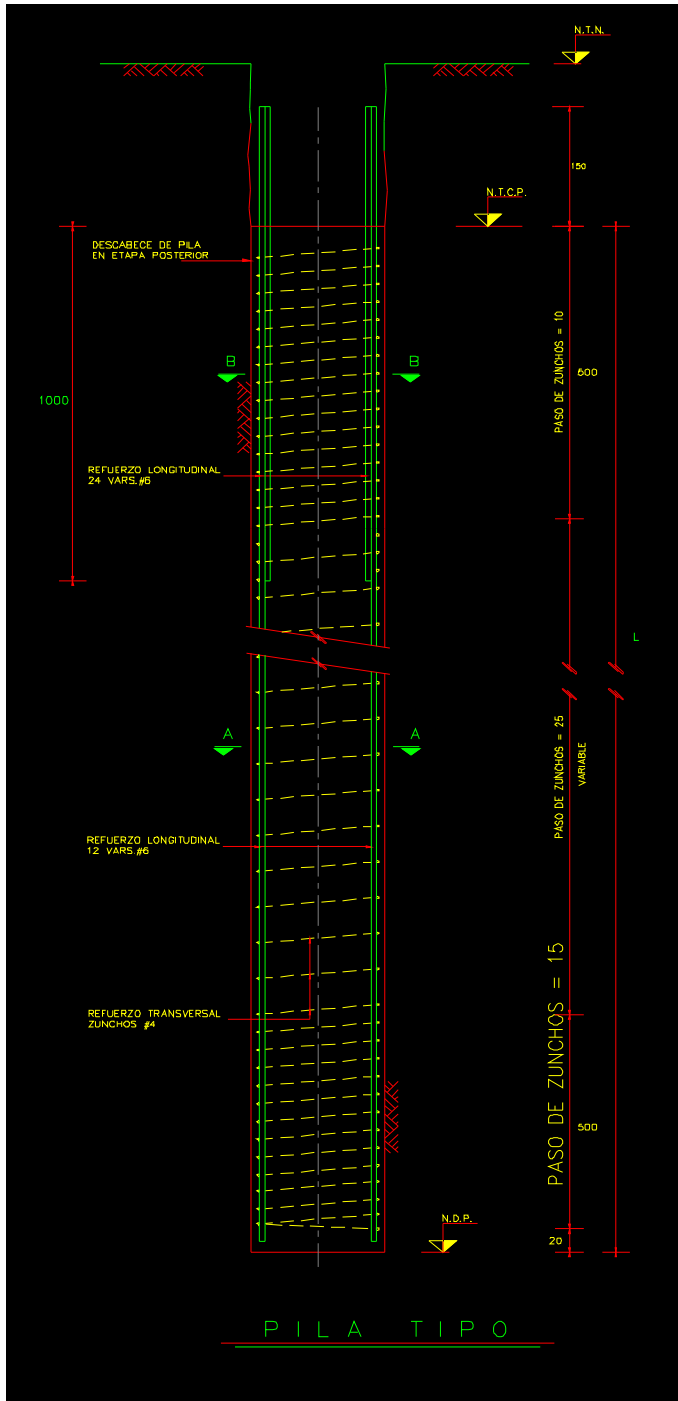


Figura III.10 Detalle de Armado.

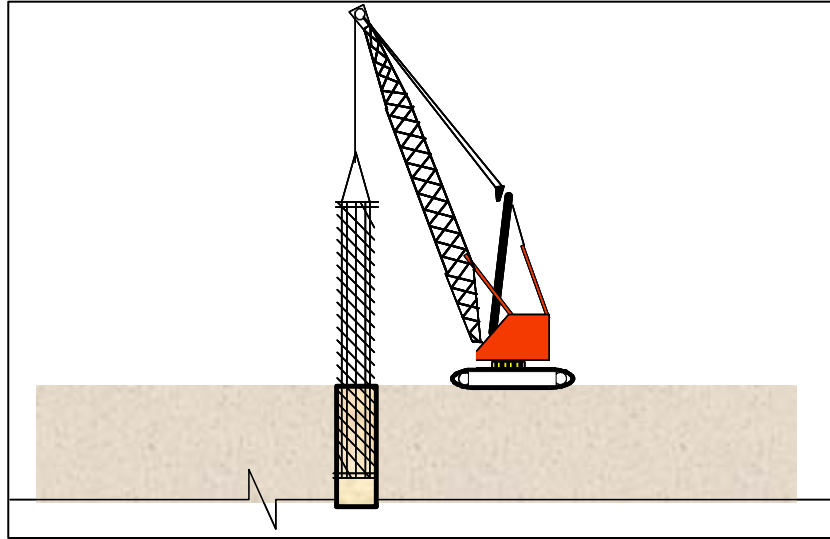


Figura III.11 Colocación de Armado.

- en la cara exterior del acero de refuerzo, se colocan separadores de concreto o acero (pollos), para garantizar el recubrimiento de concreto mínimo especificado.



Figura III.12 Separadores.

III.3 Colado de las pilas.

El tamaño máximo del agregado será de $\frac{3}{4}$ " y el revenimiento de 18 a 20 cm debiendo mantenerse fluido durante todo el proceso de colocado, lo que puede implicar el uso de un retardante de fraguado.

El colado de la pila se efectuará mediante el uso de una tubería tremie, o trompa de elefante la cual deberá tener un diámetro 8 veces mayor al del agregado grueso máximo, con espesores de pared entre 6 y 8 mm, en tramos no mayores de 3.0 m; y la tubería deberá ser perfectamente lisa por dentro y por fuera acoplada en toda su longitud, a fin de facilitar el flujo continuo y uniforme del colado y así evitar que dicha tubería atore en el armado previamente instalado.

Una vez instalada la tubería dentro de la perforación y antes de iniciar el colado, se colocará en el fondo de una tolva instalada exprofeso en el extremo superior de la tubería, un tapón deslizante o diablo (pelota de hule inflada o una esfera de polipropileno), cuya función será evitar la segregación del concreto al iniciarse el colado.

Al empezar el colado, el extremo inferior de la tubería deberá quedar arriba del fondo de la perforación una distancia no mayor del diámetro de la tubería para que no permita la salida del tapón y del primer volumen del concreto. Durante el colado, el extremo inferior de la tubería se mantendrá embebida dentro del concreto fresco como mínimo 1.0 m; además, la operación del colado deberá realizarse en forma continua para evitar taponamiento y juntas frías.

El colado de la pila se efectuará hasta 50 cm por arriba del nivel del proyecto, con el fin de demoler, con herramienta neumática, posteriormente esta altura adicional del concreto contaminado, así como para descubrir el acero de refuerzo y ligarlo con traveses y zapatas, tal como lo indican los planos estructurales correspondientes.

La operación del colado deberá ser realizada en forma continua, manteniendo en todo momento embebida la tubería Tremie como mínimo 1.5 m dentro del concreto, llevándose para ello un registro continuo de los niveles reales de concreto alcanzados, especialmente en el momento de acortar la tubería.

El colado se suspenderá en el momento en que se garantice que la superficie, de concreto sano, se encuentre 50 cm por arriba del nivel superior de proyecto de la pila.

Deberán evitarse recesos mayores de 15 min en el transcurso del colado con el fin de eliminar las juntas frías.

El concreto a utilizar, deberá tener un revenimiento máximo de 20 cm y como mínimo 18 cm, y en su elaboración deberán usarse aditivos para retardar el fraguado durante el colado, así como para manejar las características del flujo.

En tanto no se ejecuten maniobras en el interior de la perforación, ésta deberá estar cubierta mediante una tapa metálica, la cual se retirará 24 h después del colado final de la pila, para posteriormente ser rellenada la parte superior de la perforación con material limo-arenoso (tepetate) en capas de 30 cm de espesor (podrá utilizarse material producto de la excavación previa revisión de la supervisión), con equipo ligero que garantice una compactación del 90% de la prueba Proctor Estándar.

- Teniendo colocado el acero de refuerzo dentro de la pila, se procede a colocar las tuberías tremie de 10" \varnothing debidamente limpias. se colocará el concreto con resistencia de proyecto, rev. 18, tan pronto como sea posible, siendo esto no mayor a 24 horas.

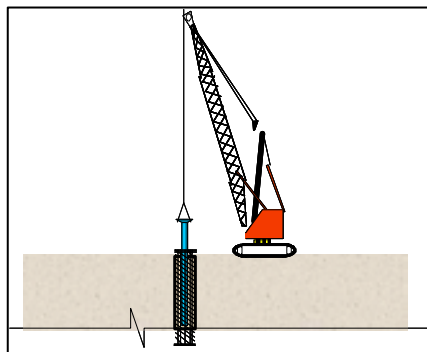


Figura III.13 Colocación del Tubo Tremie.

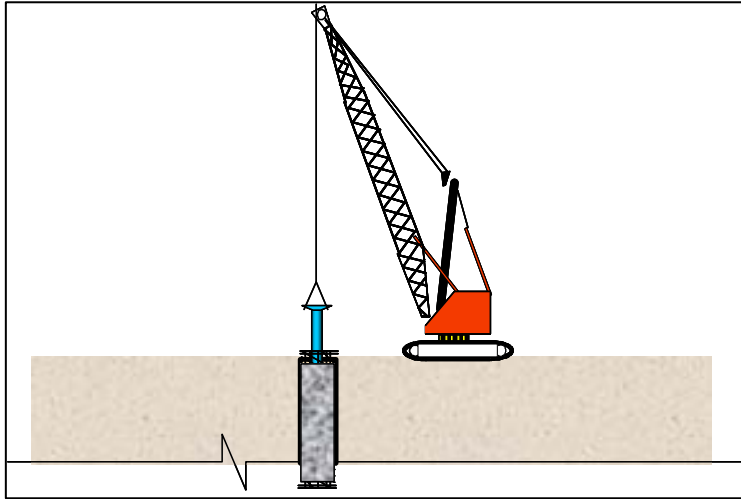


Figura III.14 Colado de la Pila.

- se procede de manera continua con el colado para producir una pila de concreto monolítico manteniendo un nivel horizontal del concreto a lo largo del colado, para que después que se haga el descabece, se produzca una conexión adecuada entre la pila y la cimentación superficial.



Figura III.15 Colocación del Tubo Tremie.



Figura III.16 Colado de la Pila.

- terminado el colado se procede de inmediato a extraer y lavar el total de la tubería tremie.
- conforme se desplaza el agua o lodo bentonítico para estabilizar las paredes de la perforación al colocar el concreto dentro de la perforación, se bombea hacia tanques de almacenamiento para posteriormente restituirle sus propiedades, o se manda directamente en camión pipa al tiro autorizado.

III.4 Inspección y verificación.

La finalidad de la inspección y verificación será garantizar que los trabajos se construyan conforme a las presentes especificaciones, para esto será necesario contratar personal con amplia experiencia e interpretación para este tipo de trabajos, dentro del personal se deberá contar con la presencia de un Ingeniero Geotecnista que supervisará los trabajos de manera continua y evaluar de manera continua las condiciones reales del subsuelo.

La inspección y verificación de pilas deberá incluir los siguientes aspectos:

- La corroboración de la localización.
- La inspección directa de la perforación.
- La protección del agujero y de las construcciones vecinas y públicas.
- La verificación de la verticalidad del barreno y de las dimensiones del fuste.
- La confirmación de la profundidad de desplante.
- La verificación de la calidad de los materiales usados para el concreto y acero de refuerzo.
- La verificación de que los procedimientos de colocación del concreto sean adecuados.

La supervisora deberá entregar un informe diario firmado a la dependencia y al proyectista conteniendo la siguiente información:

- Localización precisa y dimensiones de los barrenos perforados.
- Elevaciones precisas del brocal y del fondo.

- Registro de mediciones de la vertical.
- Método para la perforación.
- Descripción de los materiales del subsuelo.
- Descripción del ademe temporal o permanente colocado.
- Métodos utilizados para la limpieza de la perforación.
- Control de calidad del acero de refuerzo a emplear.
- Método de colocación del concreto, registro de carga de altura del concreto durante la extracción del ademe.
- Condición del concreto entregado en obra incluyendo el control del revenimiento, peso volumétrico, aire incluido, ensayos en cilindros en compresión y otras pruebas.
- Registro de desviación de las especificaciones y decisiones tomadas al respecto.

Los detalles del armado, de la unión de elementos estructurales y de características de resistencia del concreto, se indican en los planos estructurales correspondientes.

La perforación no deberá quedar abierta por más de 12 horas por lo que cuando se trate de un fin de semana o día festivo, se podrá iniciar dicha perforación, siempre y cuando se tenga previsto el personal y el material necesario para efectuar el colado de la pila.

Antes de terminar la perforación se deberá tener listo, para colocarse, el armado de la pila.

Al inicio, reinicio y durante la ejecución de cada perforación deberá verificarse que el barretón o Kelly este perfectamente vertical, revisándolo en dos direcciones ortogonales entre sí, con especial atención al momento de haber pasado algún obstáculo que pudiera desviar la perforación.

Las presentes especificaciones se complementan con los planos relacionados con el proyecto.

- después del fraguado inicial del concreto, y en el caso de que el nivel superior del concreto quede abajo del nivel de terreno natural; se deberá rellenar la parte superior de la pila con material seco para evitar que alguna persona o equipo caigan dentro.

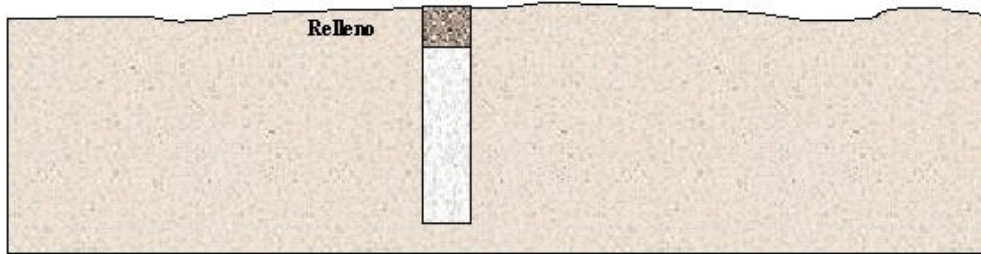


Figura III.17 Relleno Complementario.

CAPÍTULO IV.

PILOTES.

IV.1 Descripción.

La presente especificación rige el procedimiento constructivo de la perforación previa, hincado de pilotes, excavación, construcción de zapatas y rellenos locales.

El siguiente procedimiento aplica exclusivamente a los cuerpos del distribuidor que se desarrollan sobre la Av. Ignacio Zaragoza hasta antes de la intersección de Av. Ermita-Iztapalapa y la Autopista México- Puebla, donde se localizaron espesores potentes de arcilla correspondiente a la zona de lago de la ciudad de México. La estratigrafía a partir de ese punto de intersección y sobre la salida a Puebla, presenta un macizo rocoso de basalto de formación irregular, donde la solución de cimentación se resolverá con criterios diferentes a los aquí expuestos.

Se estableció la metodología para realizar los trabajos de perforación, remoldeo previo e hincado de pilotes que se utilizaran en la cimentación profunda de la construcción del Distribuidor.

Este procedimiento aplica únicamente en las actividades de perforación, remoldeo previo e hincado de pilotes para el Distribuidor Vial.

Previo a los trabajos, de la Construcción del proyecto definitivo de la cimentación profunda a base de pilotes, debemos tener la autorización por parte del cliente y el proyectista para la ejecución de la actividad de acuerdo al proyecto ejecutivo.

Se realiza la demolición necesaria del concreto, asfalto, guarniciones, etc. existente, para facilitar el inicio de la perforación en caso de requerirse.

Se elabora un programa de perforación, e hincado de pilotes, tomando en cuenta la producción de pilotes; verificando los existentes y lo que se encuentran en proceso de fabricación de tal forma que no se obstaculicen las actividades. Por lo que se verifica que no exista interferencia en la realización

de estas actividades, además de no obstaculizarse entre ellas. Definido lo anterior el personal de topografía lleva a cabo las actividades correspondientes para el trazo.

Coordinadamente con el personal de topografía de supervisión se realiza el trazo y localización del lugar donde se realiza la perforación y remoldeo; Previo a iniciar las actividades de perforación, se revisan las normas, planos, procedimientos y especificaciones. Correspondientes.

IV.2 Proceso Constructivo.

Los pilotes tienen una longitud de 18 metros y son de sección circular y cuadrada, con tres tipos de armado, son de 40 cm de diámetro y lado respectivamente.

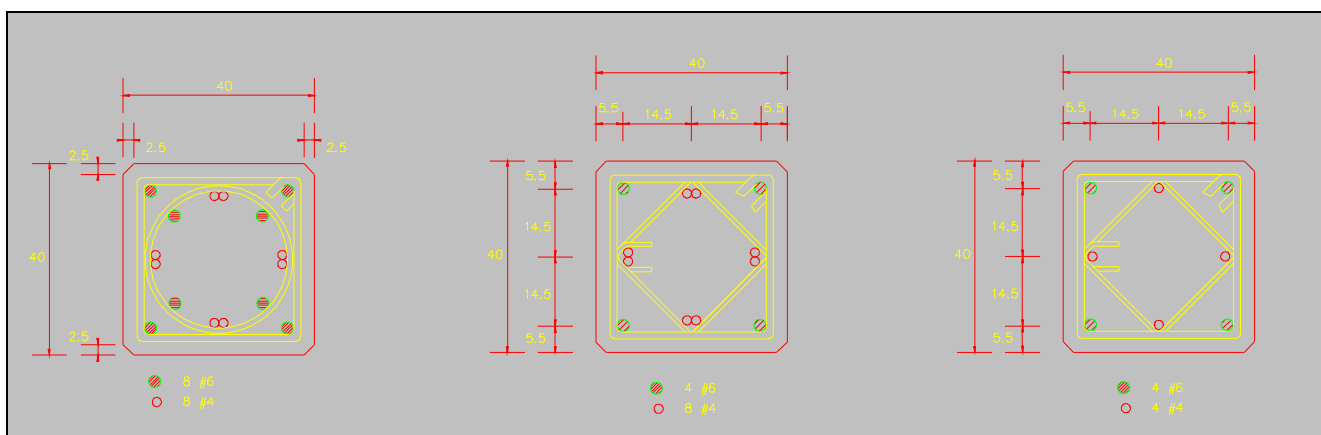


Figura IV.1 Secciones de Pilotes.

- la fabricación de pilotes se deberá iniciar con el tiempo suficiente, para que estos elementos obtengan su resistencia de proyecto, la fabricación de estos elementos se llevara a cabo en la planta de prefabricados.

Una vez presentada la cimbra se le colocan tornillos o pernos para asegurar y cerrar el molde de cimbra. Metálica o tornillos de ajuste y/o alambre recocido o alambón en el caso de moldes de cimbra de madera. Se debe cuidar la correcta colocación de chaflanes de acuerdo a la especificación.



Figura IV.2 Fabricación de Pilotes.

Antes de colocar la cimbra metálica o de madera se aplica una capa de desmoldante sin rebajar para facilitar el descimbrado de estas mismas, considerando que el desmoldante es colocado en toda la superficie de contacto.



Figura IV.3 Colado de Pilotes.

- el ritmo de fabricación deberá ser continuo, trabajando en horarios diurnos y nocturnos, para cumplir con el programa de obra.



Figura IV.4 Trabajos Nocturnos.



Figura IV.5 Trabajos Diurnos.

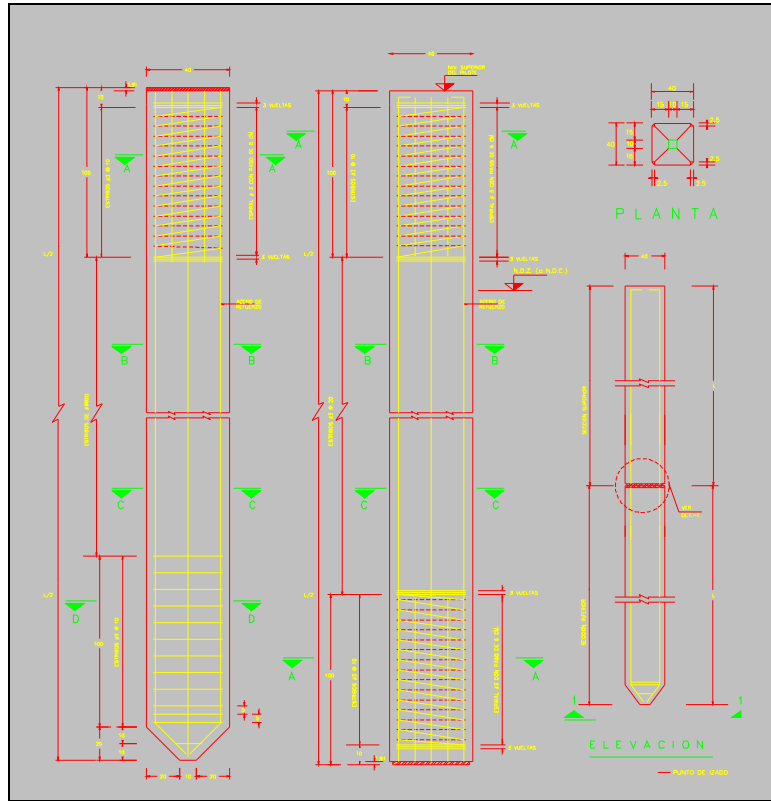


Figura IV.6 Armado de Pilotes.

- las maniobras para el despegue de pilotes de las camas de colado, la carga, transporte, descarga,, se realizan tomándolos de los puntos indicados en los planos y con el auxilio de grilletes, estrobo y separadores de madera que permitan repartir uniformemente las cargas debidas al peso propio del pilote.

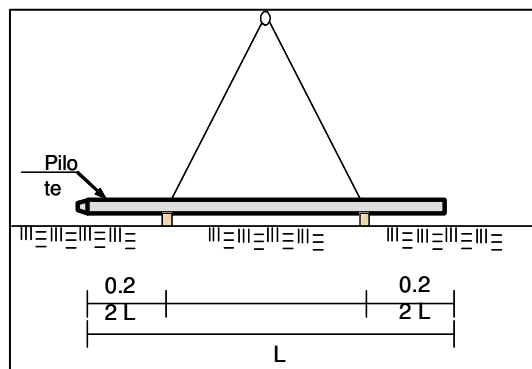


Figura IV.7 Detalle de Maniobras de Pilotes.

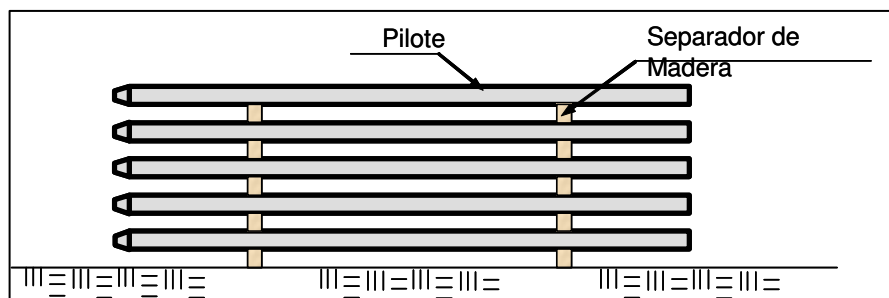


Figura IV.8 Detalle de Apilado de Pilotes.

- para transportar los pilotes desde sitio de fabricación al sitio de hincado, se moverán sobre una plataforma o dolly y el equipo de hincado se encarga de descargarlo y realizar el hincado del mismo.
- los pilotes se estiban un máximo de 5 camas, sobreponiéndolos con separadores de madera distribuidos en toda la longitud, para formar camas uniformes.
- en el sitio de hincado, todos los pilotes deben marcarse sobre una de sus caras longitudinales, colocando líneas a cada 100 cm. Referenciadas a partir de la punta y en el último metro del pilote se marcan líneas a cada 10 cm, para efecto de llevar el registro correspondiente durante el proceso de hincado de cada pieza.
- el personal de topografía de la obra, localiza y posiciona el punto exacto en donde se hincará el pilote, posteriormente y antes de iniciar la perforación,

IV.3 Perforación Previa.

Con objeto de guiar y facilitar el hincado de pilotes, además de evitar movimientos excesivos en la masa del suelo adyacente se considerarán los siguientes puntos:

Deberá determinarse con exactitud mediante estacas y de acuerdo con los planos de construcción, la ubicación de los puntos donde se hincarán los pilotes (misma de perforación). Antes de iniciar la perforación deberá verificarse la posición del pilote y la zapata, dicha posición no variará en más de 2 cm con respecto a la de proyecto.

El equipo deberá tener la capacidad suficiente y la herramienta tendrá que ser la adecuada, para realizar una perforación cuya área sea del 80 % del área

transversal del pilote de modo que la perforación quede inscrita en la sección del pilote, con una tolerancia de ± 2.5 cm.

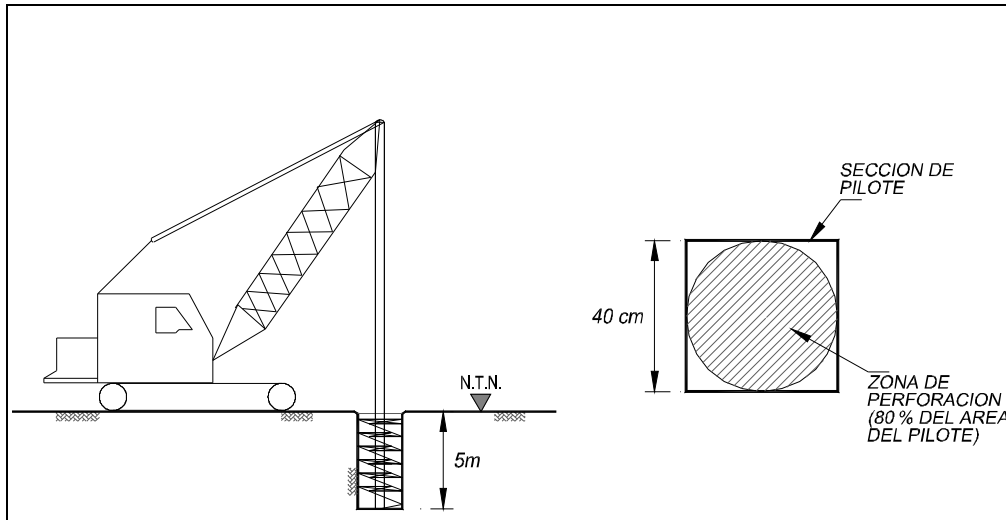


Figura IV.9 Equipo utilizado según sección del pilote.

Durante la perforación deberá verificarse la verticalidad de ésta, además de conservar las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.

La perforación guía se llevará hasta una profundidad de 5 m en todos los pilotes, con extracción del material. En aquellos pilotes que queden a una distancia menor a 4 m de cualquier instalación hidráulica adyacente, se prolongará la perforación hasta 50 cm por debajo del lecho inferior de éstos, pudiendo realizarse la perforación sin extracción sino por simple remoldeo del material.

Se deberá realizar una perforación guía sin extracción del material, solo con remoldeo, en un diámetro al menos 20% menor del diámetro del pilote y hasta un metro antes del nivel desplante del mismo. Esta perforación guía se realizara en el 20% de los pilotes de la zapata, distribuidos sobre el perímetro de la misma y previo al hincado de cualquier pilote.

El tiempo máximo admisible entre la perforación guía con extracción y el hincado es de 36 hrs, no así para la perforación de guía con remoldeo donde el

objetivo es solo la verificación de interferencias en el hincado por lo que no se limita el tiempo.

- para realizar la perforación previa, se utiliza una perforadora rotatoria marca Watson 5000, montada sobre una grúa link-belt modelo ls-108.
- la herramienta principal es una broca espiral que al girar en sentido directo, actúa sobre el material, empacándolo en los alabes de la broca, que tendrá el diámetro requerido y esto se hace hasta la profundidad que indiquen los planos y especificaciones respectivos.



Figura IV.10 Broca para Barrenación.



Figura IV.11 Proceso de Barrenación.

- la forma de medir la profundidad de perforación, es utilizando marcas en el cable de la grúa que sostiene al barretón, o tomando como base las medidas de la longitud de la broca barrenadora y las extensiones que apoyan a la misma, cuya longitud es conocida.
- las maniobras de izaje y lanzado del pilote dentro de la perforación previa, se efectúan con la grúa ls 118 utilizando estrobo y grilletes.



Figura IV.12 Proceso de Izaje.



Figura IV.13 Verificación de verticalidad.

- para el izaje, se utiliza el cable principal de la grúa el cual levanta completamente el pilote, y al tenerlo en posición vertical, se proceda a situarlo sobre la perforación para en seguida soltarlo dentro de esta.

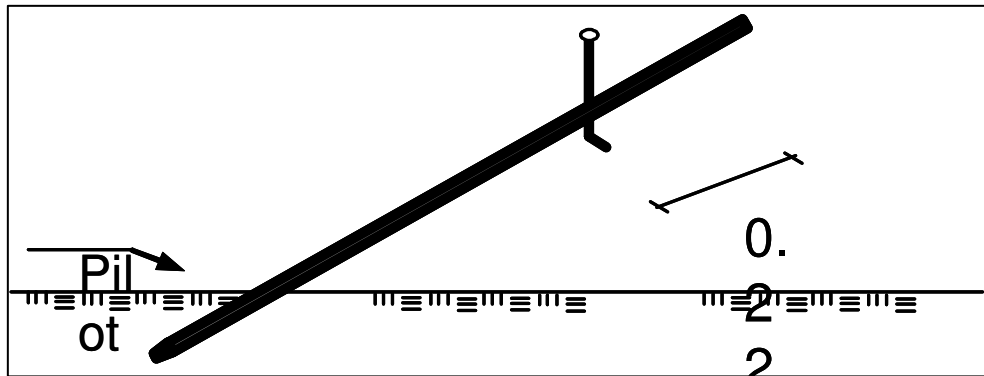


Figura IV.14 Detalle de Izaje de Pilotes.

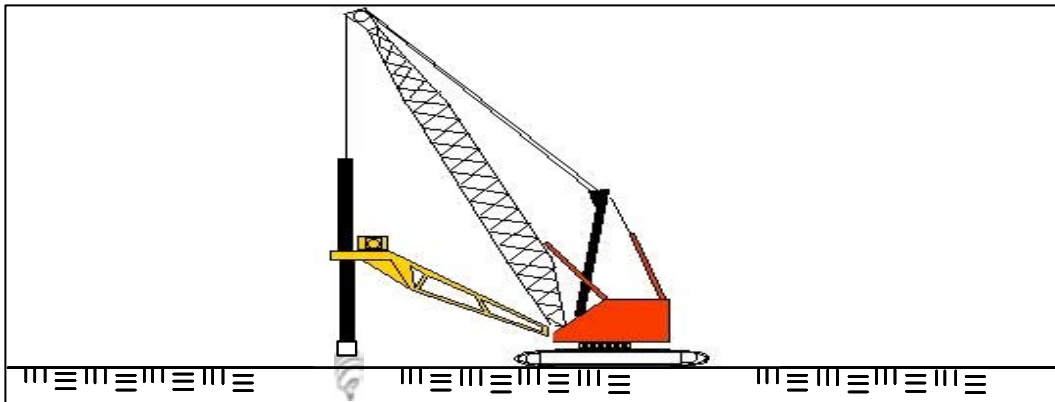


Figura IV.15 Detalle de Colocación en la Perforación

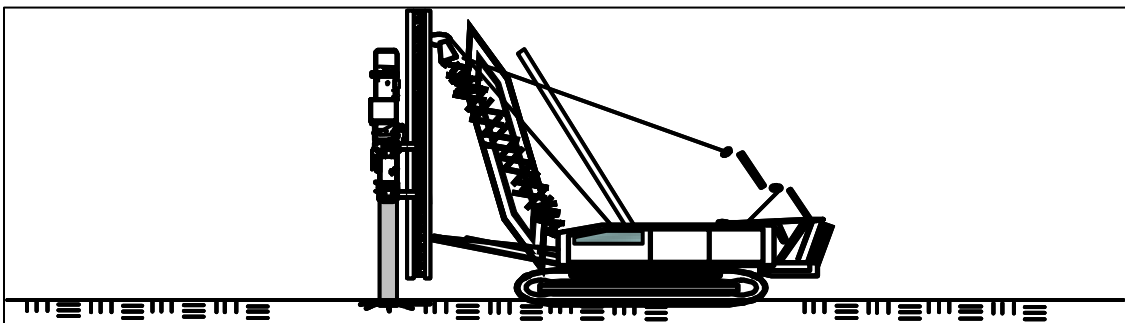


Figura IV.16 Detalle de Soltado del Pilote en la Resbaladera.

- cuando el pilote quede depositado dentro de la perforación, se acerca la resbaladera y se coloca el martillo sobre el pilote. el hincado de los pilotes se realiza utilizando un martillo marca Delmag, modelo d-30 y se instala sobre una grúa link-belt, modelo ls-118 o similar.



Figura IV.17 Hincado de Pilotes.



Figura IV.18 Verificación de verticalidad.

IV.4 Hincado de pilotes.

La instalación de los pilotes de concreto, debe efectuarse de modo que garantice la integridad estructural del pilote y se alcance la integración deseada con el suelo, de manera que cumpla su cometido; además no deberán ocasionarse daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo, por lo que se tendrán que seguir las siguientes indicaciones:

Deberá considerarse las diferentes longitudes de trabajo de los pilotes como consecuencia de la geometría de la zapata.

Todos los pilotes deberán estar perfectamente limpios y su cabeza será perpendicular al eje del mismo.

No deberán hincarse aquellos pilotes que presenten agrietamientos o fisuras.

Una vez que los pilotes hayan sido aceptados por la supervisión, es conveniente que se coloquen marcas, para así llevar un registro del número de golpes necesarios por cada decímetro en el tramo de hincado.

Después del manejo e izaje de los pilotes mediante estrobos, se colocarán en la perforación previa, ésta maniobra se realizará una vez que los pilotes hayan alcanzado por lo menos el 75 % de la resistencia de proyecto, colocado el pilote no se permitirá su extracción para volverlo a dejar caer, y provocar su hincado, por lo que queda prohibido la maniobra conocida como **chaqueteo**.

El pilote, así como la resbaladera del martillo se colocará en forma vertical, de caso contrario deberá corregirse la posición de la grúa hasta lograrlo.

Para alcanzar la verticalidad del pilote pueden emplearse dos plomadas de referencia colocadas en un ángulo de 90 grados, teniendo como vértice el pilote, o bien otro método que garantice dicha verticalidad, orientando siempre las caras del pilote de tal forma que sean paralelas a las de las contratrabes.

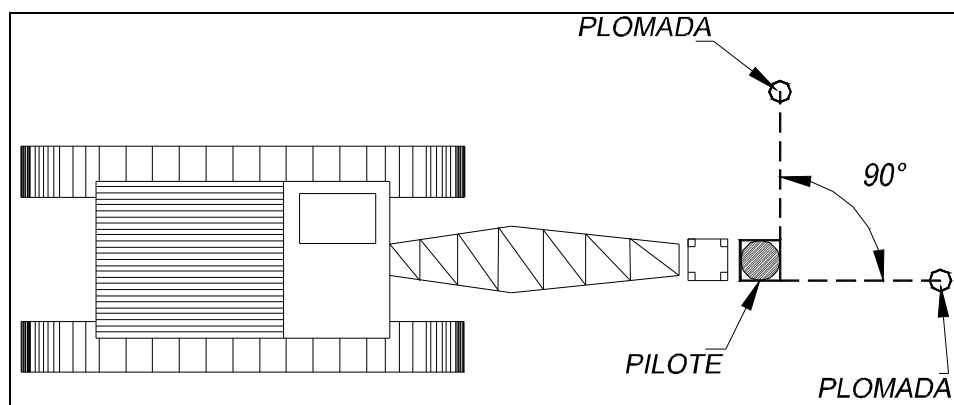


Figura IV.19 Esquema de ortogonalidad.

La cabeza del pilote deberá acoplarse perfectamente al gorro del martillo piloteador, el cual convendrá una sufridera a base de material plástico o similar; en la parte de contacto con el pilote se colocará un colchón de madera.

Deberá utilizarse para el hincado un martillo pesado con baja velocidad de impacto (carrera corta). El peso del pistón móvil no debe ser menor a 0.3 veces el peso del pilote y la energía del martillo será superior a 0.3 kg-m por cada kilogramo de peso del pilote. En caso de que el peso del pistón sea demasiado grande con relación al del pilote, deberá regularse la energía para no dañar al pilote. La altura de caída se mantendrá del orden de 0.75 a 1.0 m.

La velocidad del pistón o la carrera se reducirá al principio del hincado cuando se encuentre en la zona alterada de la perforación, además de realizarse con sumo cuidado para minimizar los esfuerzos de tensión.

Los pilotes dañados durante el hincado deberán retirarse y sustituirse por otros en perfecto estado.

Se deberá seguir una secuencia de hincado empezando con los pilotes perimetrales de la zapata, para posteriormente seguir con los pilotes centrales, esto con la finalidad de reducir las expansiones que se puedan generar por el desplazamiento de la masa de suelo.

Una vez iniciado el hincado de cada pilote no se deberá suspender esta actividad hasta que la punta alcance la profundidad de proyecto, consignado en plano topográfico correspondiente.

En caso de ser pilotes de dos o más tramos, al empalmar se deberán verificar la verticalidad de los mismos en la junta.

Durante el hincado, deberá llevarse un registro del número de golpes necesarios para hincar la totalidad del pilote.

Una vez hincado cada pilote se obtendrá el nivel de la cabeza, verificando nuevamente éste al final del hincado de todos, debiendo corresponder al indicado en proyecto.

La desviación angular máxima admisible del pilote es de 2%, la tolerancia en la profundidad de hincado de $\pm 1\%$ de la longitud total.

- se hinca hasta su nivel de proyecto o hasta lograr el criterio de rechazo especificado, lo que suceda primero.



Figura IV.20 Rechazo del Estrato Firme

- el sistema de hincado, debe tener un gorro amortiguador de impacto, colocado sobre la cabeza del pilote, para repartir uniformemente la energía de cada golpe y para protección del pilote.

IV.5 Bombeo.

El bombeo se realizó con cárcamos y zanjas, para descargar en la misma zona



Figuras IV.21 Bombeo de la zona



CAPÍTULO V.

ZAPATAS DE CIMENTACIÓN.

V.1 Trabajos preliminares.

La presente especificación rige el procedimiento constructivo para realizar las excavaciones de las cimentaciones que debido a la estratigrafía donde se ubican, se resuelven de forma superficial.

Como primera actividad deberá ubicarse y referenciarse perfectamente el área que ocupará la zapata, así como las zonas donde se localizan las interferencias tales como ductos de Fibra óptica, tuberías municipales, vías del ferrocarril y etc., además, deberán acotarse por medio de pintura o marcas con un sobre ancho de 0.5 m a cada lado de los paños detectados.

Las instalaciones municipales se deberán descubrir, proteger o reubicar de acuerdo al boletín emitido para tal efecto, bajo la supervisión de la dependencia responsable.

Deberá confinarse la zona de obra con señalamientos claros y luminosos, evitando el paso de personal ajeno a la misma.

V.2 Procedimiento constructivo.

Se presentan dos casos particulares de cimentaciones:

CASO A)

Zapatas desplantadas a 3.5 m de profundidad aproximadamente, trabajando en conjunto con pilas. Se considerará esta solución cuando se localice la *Roca Basáltica* a una profundidad mayor de 4 m.

La excavación se realizará en una sola etapa hasta la profundidad de desplante y con la geometría de proyecto.

La excavación deberá observar taludes cuya relación vertical-horizontal sea 1:0.3 y ocupará un área cuyos lados serán de 50 cm mayores a los de la geometría de la zapata a nivel de desplante. La excavación deberá permanecer abierta el mínimo tiempo posible (5 días).

En caso de presentarse grietas longitudinales paralelas a la excavación producto de la presencia de rellenos no compactados, o se localicen suelos limo-arenosos o arcillo-arenosos de consistencia blanda a media o cuando la zapata se localice cerca de alguna colindancia o por condiciones de vialidad, será necesario implementar un sistema de contención (tablestacado) como se indica en el anexo 1 de esta especificación.

Una vez que se tenga el área de la zapata excavada en su totalidad, y a nivel de desplante de proyecto, se colocará una plantilla de concreto pobre ($f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$) de 5 cm de espesor que cubra únicamente el área de la zapata. A continuación se cimbrará en su caso y se unirá el armado de las pilas con el armado de la zapata correspondiente. Finalmente se colará la zapata.

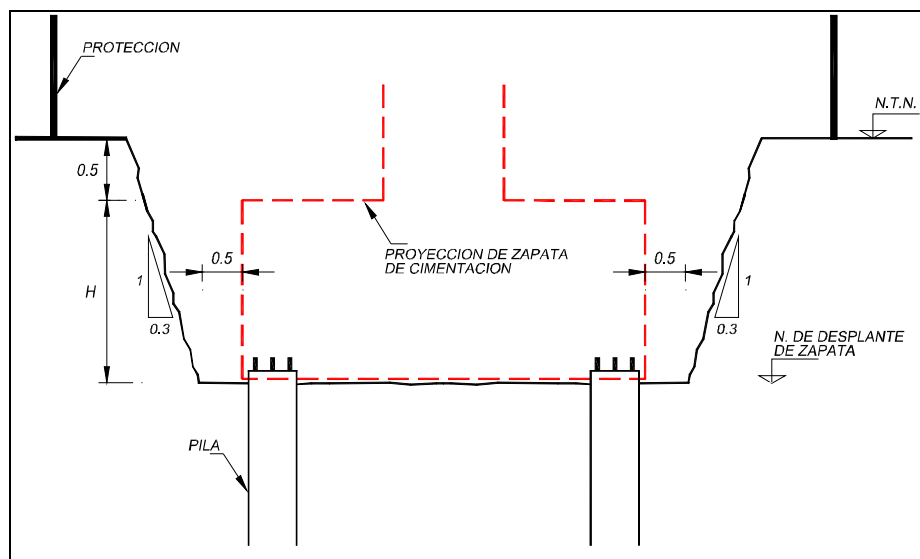


Figura V.1 Esquema de excavación, caso A.

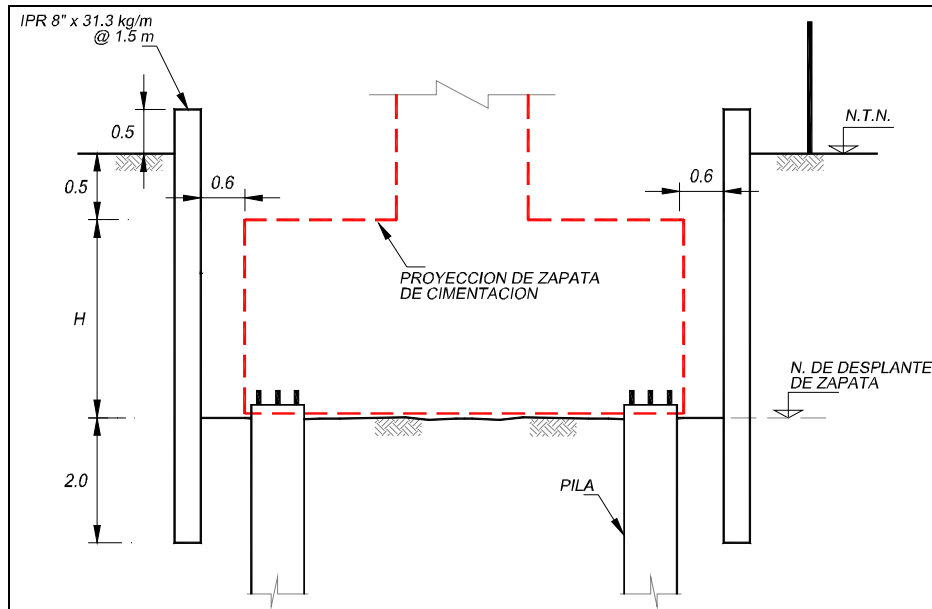


Figura V.2 Esquema de excavación, caso B.

Caso B)

Zapatas superficiales desplantadas a 3.5 m de profundidad aproximadamente, o hasta alcanzar el estrato resistente compuesto por *Roca Basáltica*, se presentan dos casos de excavación:

V.2.1 Roca basáltica por debajo del nivel de desplante.

En los casos en que la roca basáltica se localice por debajo del nivel de desplante de la zapata, la excavación se realizará en una sola etapa hasta la profundidad de desplante y con la geometría de proyecto.

Deberá verificarse al término de la excavación haber encontrado la roca basáltica, en caso contrario, deberá profundizarse la excavación hasta una profundidad máximo de 4 m, de no detectarse, se deberá reportar a la supervisión y proyecto para tomar la solución pertinente.

La excavación deberá observar taludes cuya relación vertical-horizontal sea 1:0.3 y ocupará un área cuyos lados serán de 50 cm mayores a los de la geometría de la zapata a nivel de desplante. La excavación deberá permanecer abierta el mínimo tiempo posible (5 días).

En caso de presentarse grietas longitudinales paralelas a la excavación producto de la presencia de rellenos no compactados, o se localicen suelos limo-arenosos o arcillo-arenosos de consistencia blanda a media o cuando la zapata se localice cerca de alguna colindancia o por condiciones de vialidad, un sistema de contención (tablestacado) como se indica en el anexo 1 de esta especificación, con la variación de que los perfiles IPR deberán estar hincados en la roca basáltica mínimo 1 m. de profundidad.

El fondo de la excavación deberá estar libre de material de rellenos orgánicos. Una vez que se tenga el área de la zapata en su totalidad y al nivel de desplante de proyecto se colocará una plantilla de concreto pobre ($f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$) de 5 cm de espesor que cubra únicamente el área de la zapata. A continuación se cimbrará en su caso y se unirá el armado de las pilas con el armado de la zapata correspondiente. Finalmente se colará la zapata.

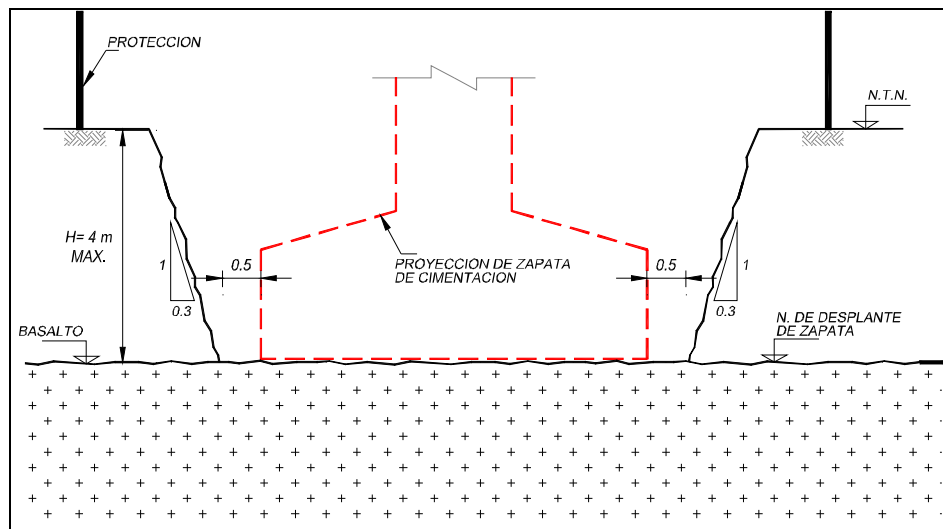


Figura V.3 Plantilla de concreto.

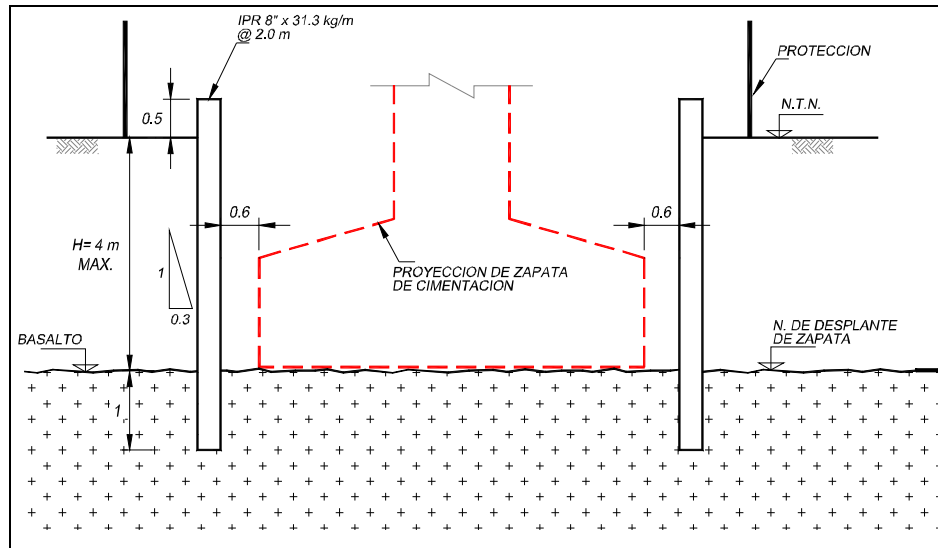


Figura V.4 Sistema de contención de terreno.

V.2.2 Roca basáltica por arriba del nivel de desplante.

En los casos en que la roca basáltica se localice por arriba del nivel de desplante de la zapata, la excavación se realizará en una sola etapa hasta la profundidad de desplante y con la geometría de proyecto.

La excavación deberá ser en corte vertical, ocupando la misma área destinada para la zapata de cimentación, es decir, las paredes de la excavación servirán como cimbra para el colado.

El fondo de la excavación deberá estar libre de material de rellenos orgánicos. Una vez que se tenga el área de la zapata en su totalidad y al nivel de desplante de proyecto se colocará una plantilla de concreto pobre ($f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$) de 5 cm de espesor que cubra únicamente el área de la zapata.

La excavación deberá permanecer abierta el mínimo tiempo posible (5 días)

A continuación se cimbrará en su caso y se unirá el armado de las pilas con el armado de la zapata correspondiente. Finalmente se colará la zapata.

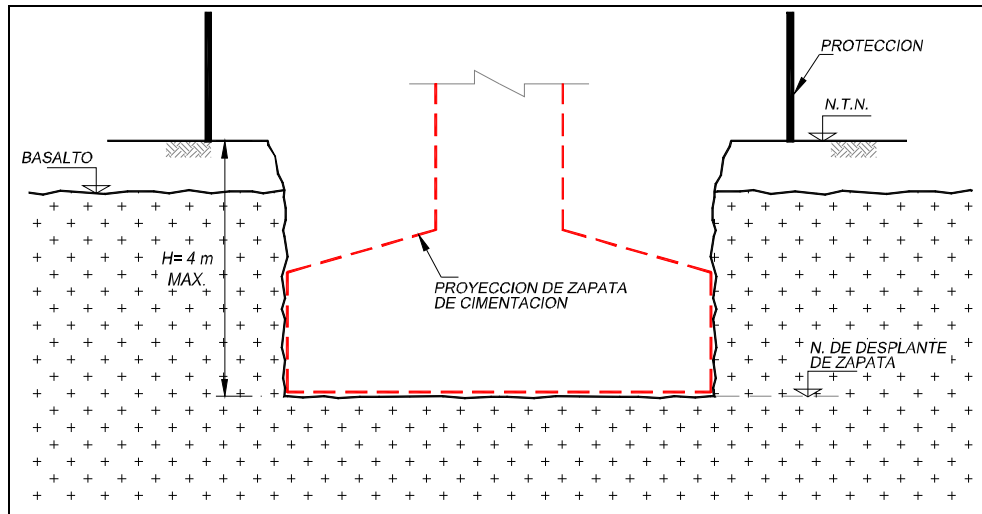


Figura V.5 Esquema de terreno utilizado como cimbra.

En todos los casos, durante toda la etapa de excavación deberá contarse con un sistema de bombeo de achique que sea capaz de resolver cualquier eventualidad posible.

V.2.3 Metodología para garantizar el colado homogéneo de las zapatas.

Los elementos constituyentes del concreto no deberán deteriorarse ni modificar sus propiedades con el tiempo y bajo las condiciones a que estarán sujetos, es decir, deberán ser compatibles entre ellos y resistentes al medio que los rodeará.

Los agregados gruesos del concreto deberán tener el tamaño adecuado para que estos se introduzcan fácilmente entre el armado de los elementos que formarán la zapata.

El concreto deberá ser colocado y vibrado, incluso contener un aditivo fluidificante, de tal forma que se garantice la no existencia de conductos generados por aire, o cualquier discontinuidad por efecto de la segregación o cualquier otro.

El colado de las zapatas se realizará en forma monolítica con el fin de eliminar las juntas frías.

Deberá preverse la cantidad de concreto por cada elemento, ya que por ningún motivo se suspenderá el colado una vez que de inicio.

El área de contacto entre concretos de diferentes edades (junta fría) deberá presentar un acabado rugoso, se humedecerá por un plazo de 24 hr previas al colado y se aplicará un aditivo para unir concretos de diferentes edades.

El fraguado del concreto se controlará con un método tal que asegure la no generación de grietas, fisuras, etc., pudiéndose obtener mediante un adecuado curado a base de películas o aditivos.

V.3 Rellenos Locales.

Colada y descimbrada la zapata se colocará el relleno (tezontle) en capas de 30 cm. (máximo) en todo el ancho de la excavación y hasta el nivel de desplante de la estructura de pavimento.

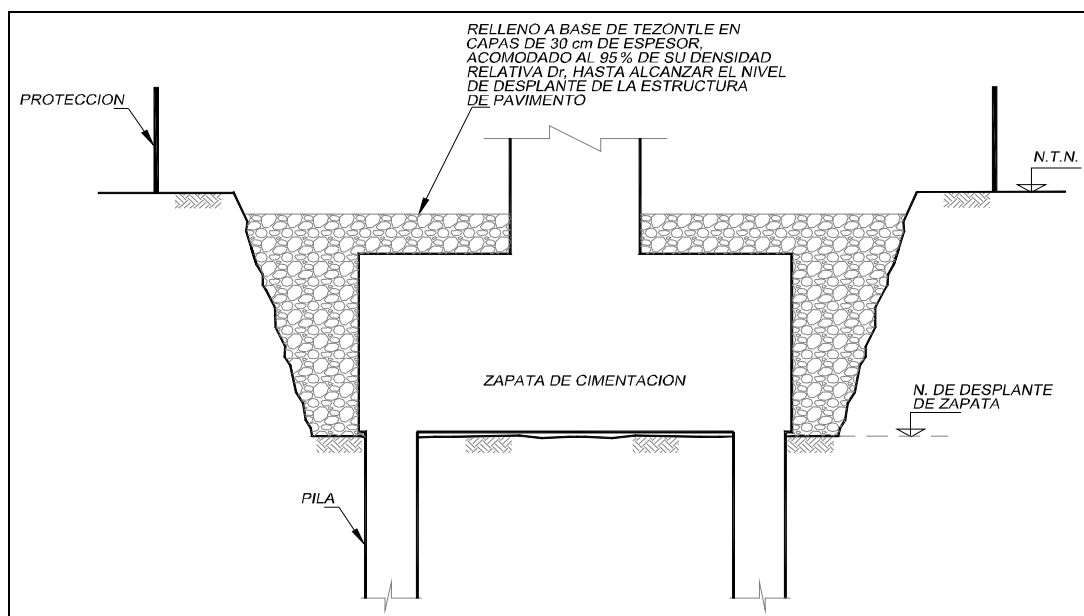


Figura V.6 Rellenos locales.

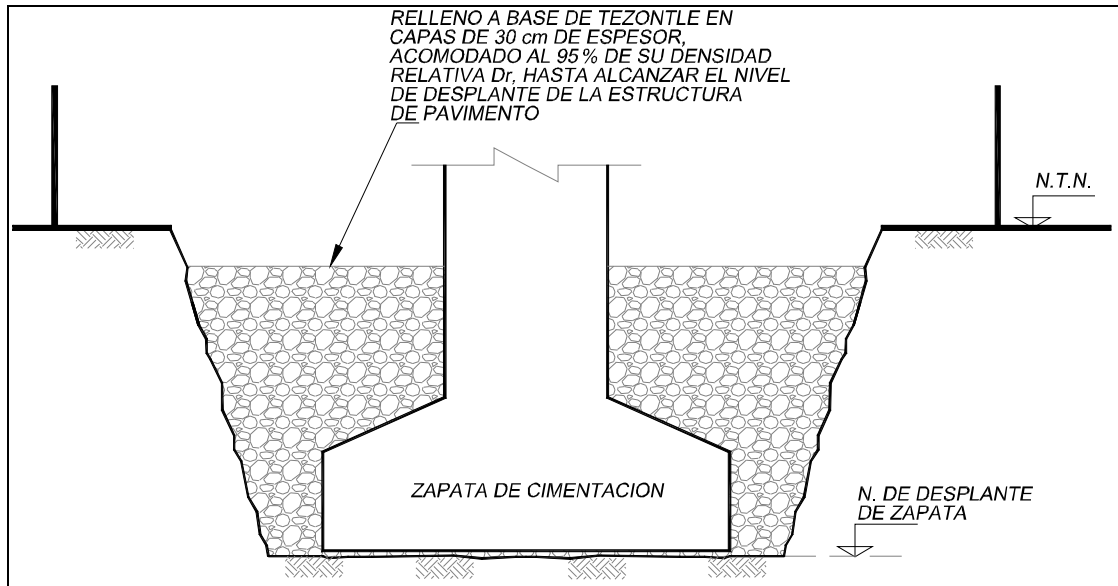


Figura V.7 Relleno a base de Tezontle.

V.3.1 Características y colocación de los materiales.

El tezontle por colocar no deberá contener más del 30% de fragmentos mayores a 4" y no más de 5% de fragmentos mayores de 8", la selección de los materiales podrá ser mediante cribado en banco, o bien, mediante pepena en sitio, no deberá contener partículas plásticas.

En el desplante, así como en el límite con la estructura de pavimento se procurará que la granulometría del tezontle sea predominantemente arenosa y preferentemente se ubique dentro del área que marcan las tres zonas de la figura 7, para garantizar un aspecto cerrado en estas superficies.

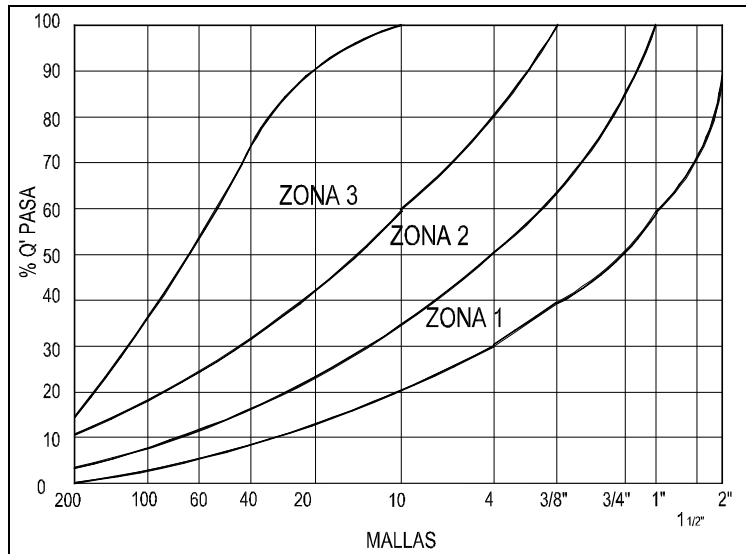


Figura V.8 Granulometría.

El tezontle se colocará en capas de espesor máximo de 30 cm, debiéndose acomodar al 95% (mínimo) de su densidad relativa (D_r), determinada con la Norma NOM C-164 (por impacto). Deberá verificarse un valor relativo de soporte de 20% (mínimo). Este acomodo se realizará con rodillo vibratorio ligero.

El material que pase la malla 40 deberá cumplir con lo siguiente:

Límite líquido	20% (máximo)
Índice plástico	7% (máximo)
Equivalente de arena	70% (máximo)

V.4 Contención Temporal Con Muro Berlín (Tablestaca).

La contención temporal del suelo se llevó a cabo mediante muro Berlín, esto era sólo para los casos de que hubiera construcciones vecinas, como en el caso de la Calzada Zaragoza, en los otros demás lugares y debido al buen espacio no fue necesario.



Figura V.9 Muro de contención.

Se trazará la posición del tablestacado paralelo a los lados longitudinales de la excavación.

Una vez ubicada la posición del ademe, se realizará una perforación previa para el hincado de viguetas de acero tipo IPR 8"x 31.3 kg/m (ligera) a cada 2 m máximo. Para facilitar el hincado de las viguetas, se realizará una perforación guía sin extracción del material, al 80% del área envolvente de la vigueta y hasta la profundidad de hincado (2 m por abajo del nivel máximo de excavación). Las viguetas sobresaldrán 50 cm del nivel del terreno.

La excavación se realizará en dos etapas y con equipo ligero. La primera etapa de excavación será a 1.5 m, y la última hasta el fondo de la excavación. El frente de las excavaciones observará taludes 0.3:1 (horizontal a vertical).

Concluida la etapa de excavación, inmediatamente se afinarán las paredes y se colocarán entre las vigas IPR, tablonces de 1 1/2" de espesor en

contacto con el suelo y polines horizontales de 6" x 6" a cada 80 cm de separación con sus cuñas de retaque en los extremos.

En la 1ª etapa de excavación a 1.5 m a partir del nivel del terreno se colocará horizontalmente un perfil IPR (viga madrina) 10" x 44.7 kg/m, que se fijarán a las viguetas verticales mediante ménsulas y soldadura formando un anillo en todo el perímetro de la excavación.

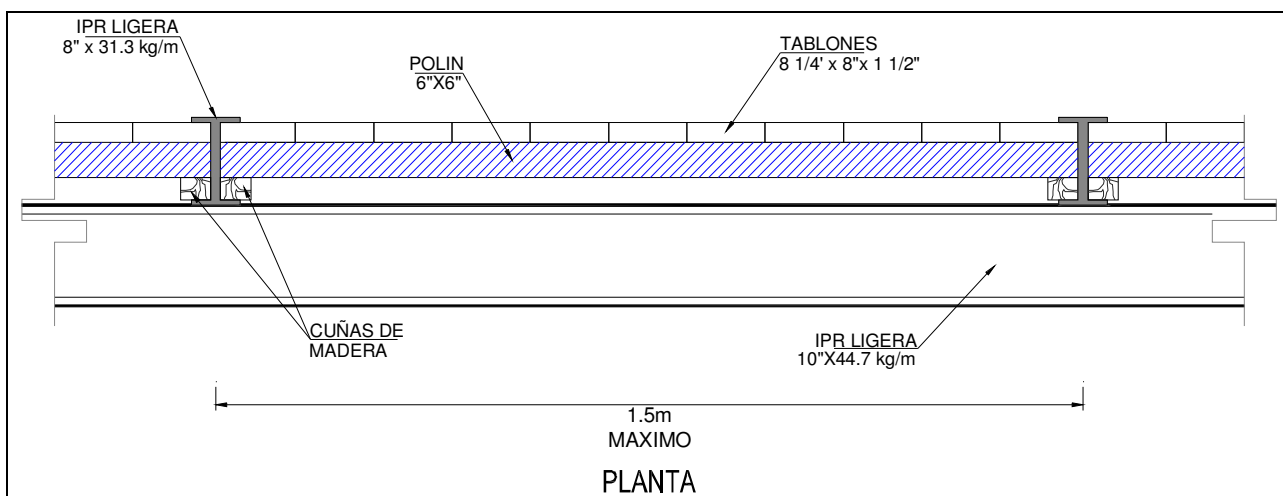


Figura V.10 Colocación de perfil IPR.

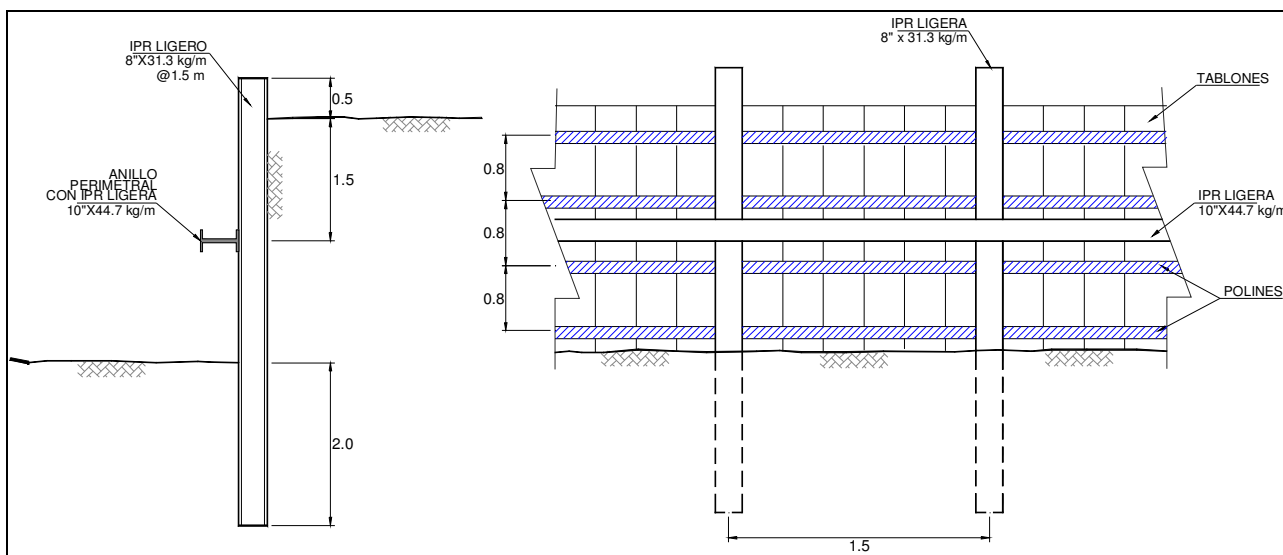
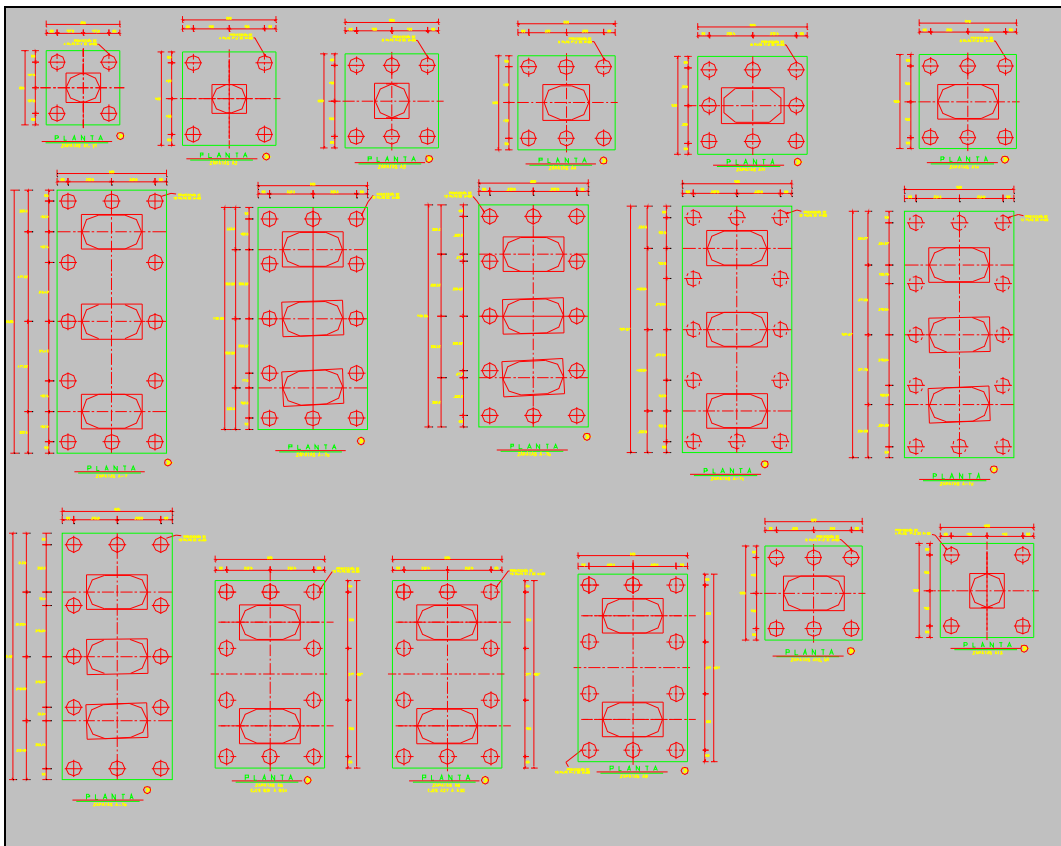


Figura V.11 Sistema de Ademe temporal (Muro Berlín).

V.5 Tipos de Zapatas.

Se proyectaron 17 tipos diferentes de zapatas.



FiguraV.12 Tipos de Zapatas.

V.6 Excavación para las Zapatas.

La excavación para las zapatas piloteadas deberá iniciarse hasta que la totalidad de éstos hayan sido hincados.

La excavación se realizará en una sola etapa hasta la profundidad de desplante y con la geometría de proyecto.

La excavación deberá observar taludes cuya relación vertical-horizontal sea 1:0.3 y ocupará un área cuyos lados serán de 50 cm mayores a los de la geometría de la zapata a nivel de desplante.

En el caso en que no sea posible tender taludes por cercanía con colindancias o vialidades, se deberá contemplar una contención temporal a base de viguetas IPR y tablonés y polines.

En cualquier caso, la excavación deberá permanecer abierta el mínimo tiempo posible (5 días). En caso de presentarse grietas longitudinales paralelas a la excavación, el talud deberá tenderse hasta una relación vertical-horizontal 1:1, o bien será necesario implementar un sistema de contención temporal.

Una vez que se tenga el área de la zapata excavada en su totalidad, y al nivel de desplante de proyecto, se colocará una plantilla de concreto pobre ($f'c=100 \text{ kg/cm}^2$) de 5 cm de espesor que cubra únicamente el área de la zapata

V.6.1 Descripción del proceso.

- El corte se ejecuta con disco para el piso existente.
- La excavación se iniciará una vez que se tenga construida totalmente la cimentación profunda para cada elemento.

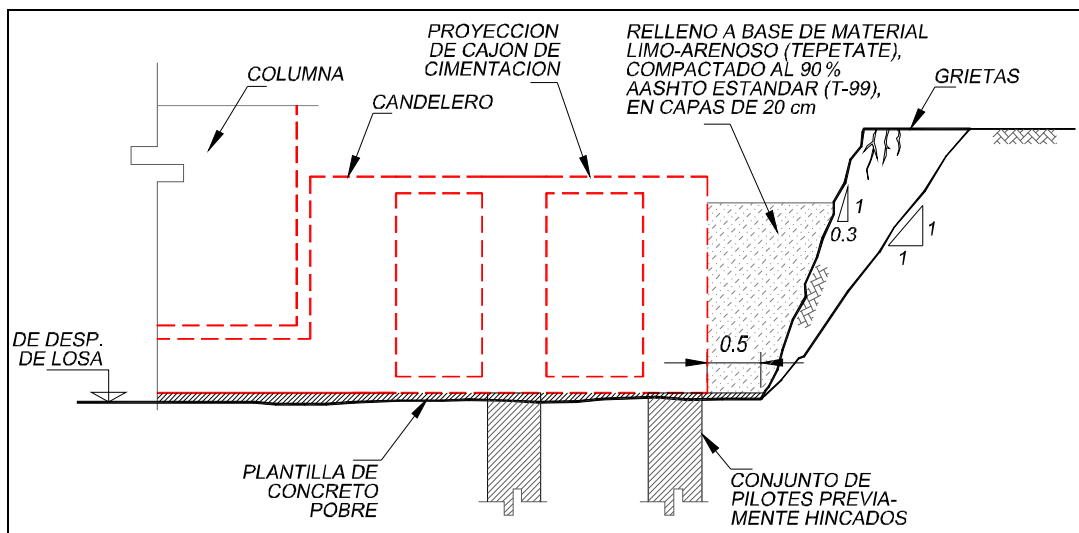


Figura V.13 Detalle de Excavación.

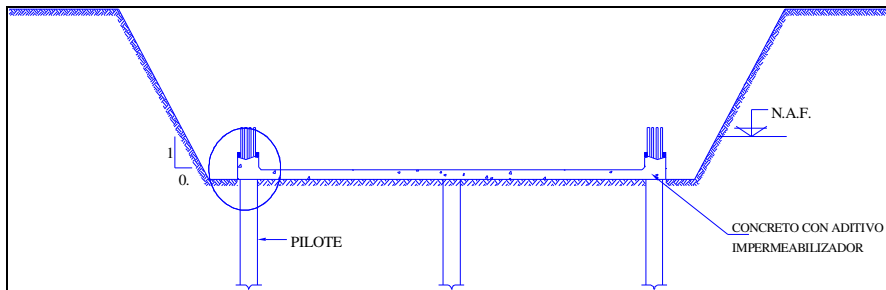


Figura V.15 Detalle de Corte.

- En zona de zapatas, para la demolición se utilizarán rompedoras neumáticas, herramienta manual y compresores, y en caso necesario un martillo hidráulico montado en una retroexcavadora Cat 320.

Cumplidos los puntos anteriores se procederá a la demolición o descabece de los pilotes en una longitud de acuerdo a la posición de cada uno, atendiendo a la profundidad de desplante de la zapata. La longitud mínima de descabece será de 80 cm. Tal condición deberá ser considerada desde la fabricación e hincado de los pilotes.

La demolición se realizará mediante martillos rompedores, cuñas o alguna herramienta similar. Queda prohibido el uso de explosivos para este fin.

Los fragmentos de concreto así como los materiales ajenos a la cimentación deberán ser retirados en su totalidad.

Durante toda la etapa de excavación deberá contarse con un sistema de bombeo de achique que sea capaz de resolver cualquier eventualidad posible.



Figura V.16 Descabece de Cimentación Profunda.

- La excavación se ejecutara en forma continua hasta llegar al nivel máximo de excavación, afinando manualmente el fondo de la misma, se compactara manualmente el terreno de desplante, en caso de ser necesario, los taludes se protegerán con tela de gallinero y mortero cemento-arena



Figura V.17 Proceso de Excavación

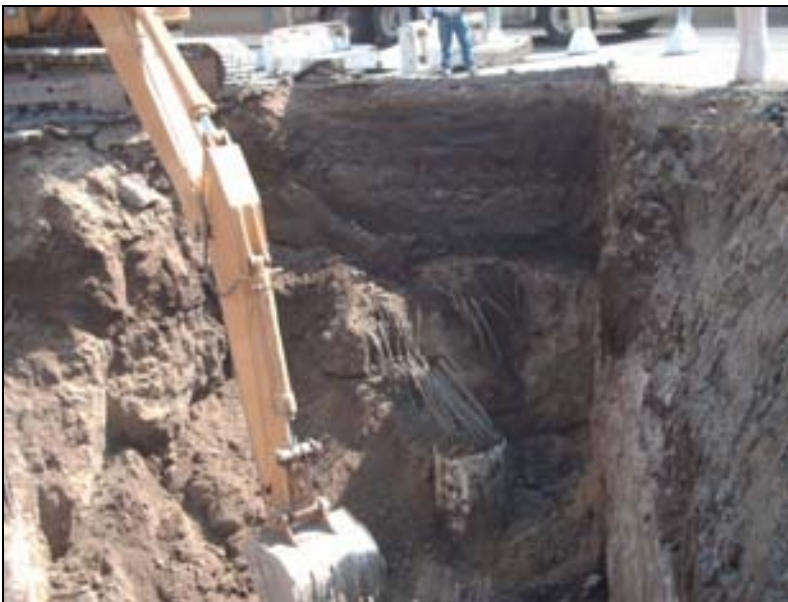


Figura V.18 Proceso de Excavación.

- el concreto a utilizar en la cimentación será premezclado, estructural con la resistencia y especificaciones de proyecto.



Figura V.19 Cimbrado de contrafuertes.

- el suministro será en forma continua para evitar juntas frías, de igual forma se verificara el tiempo desde la fabricación del concreto hasta que se coloque en su lugar definitivo.

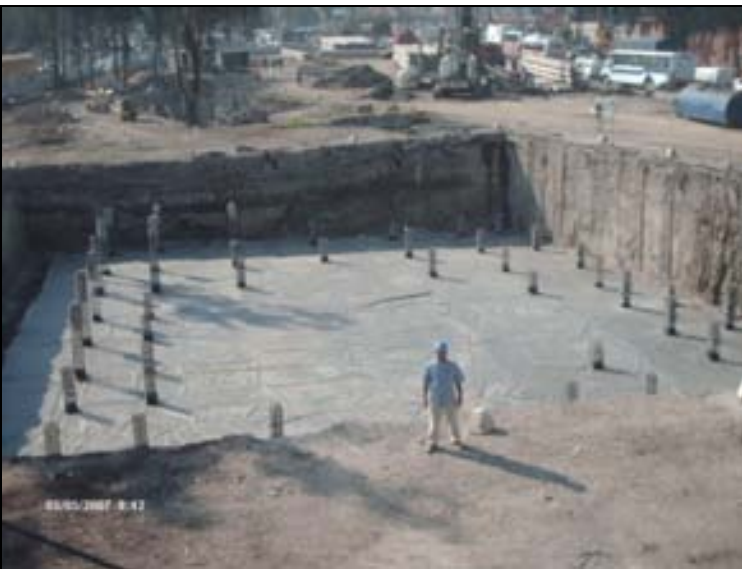


Figura V.20 Losa de Fondo.



Figura V.21 Armado de contratraves.

- se tendrá en el sitio de construcción, personal de laboratorio de control de calidad, debidamente certificado, el cual durante el proceso de colado realizara las pruebas y verificaciones necesarias y se obtendrán ensayos para verificar la resistencia y especificaciones solicitadas.
- para el vaciado del concreto, en donde el área lo permita, se utilizaran canalones, de no ser posible, se utilizara equipo para bombeo de concreto, teniendo especial cuidado en no dejar caer el concreto a alturas mayores de 1m para evitar la segregación del mismo, para el acomodo y compactación se utilizara personal capacitado y vibradores mecánicos de inmersión, se le dará el acabado requerido a la superficie del concreto, finalmente se aplicara la membrana de curado y/o el procedimiento de curado previamente aprobado.

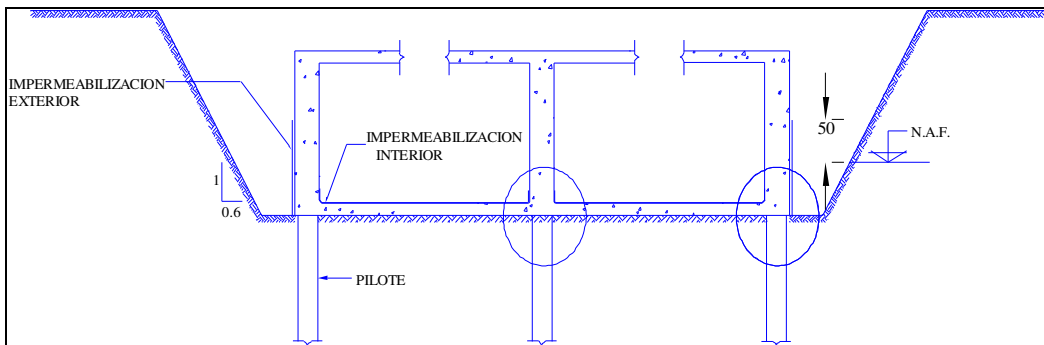


Figura V.22 Corte de Elementos Estructurales.

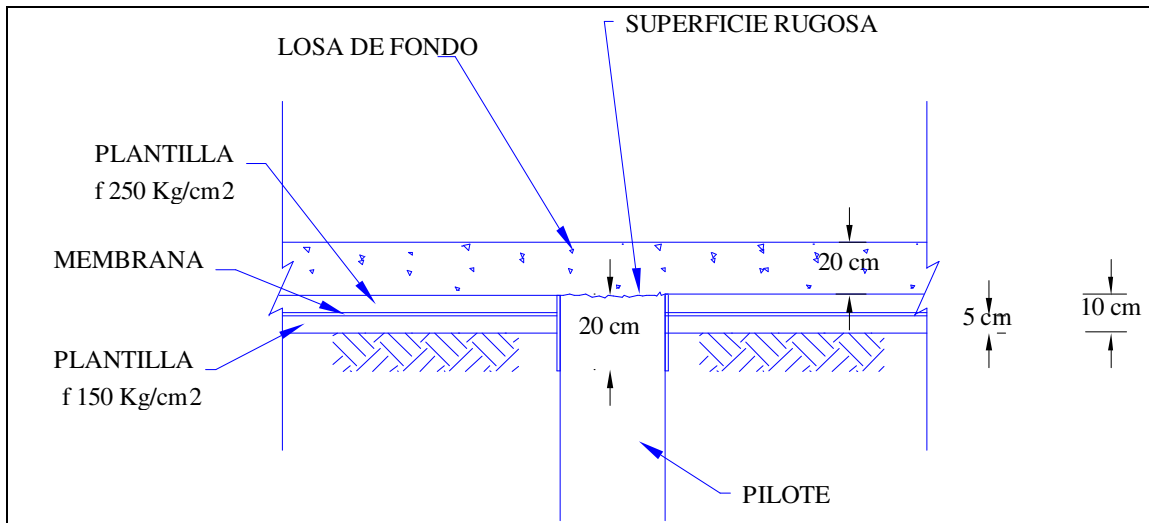


Figura V.23 Corte de Unión de Losa de Fondo con Pilote.

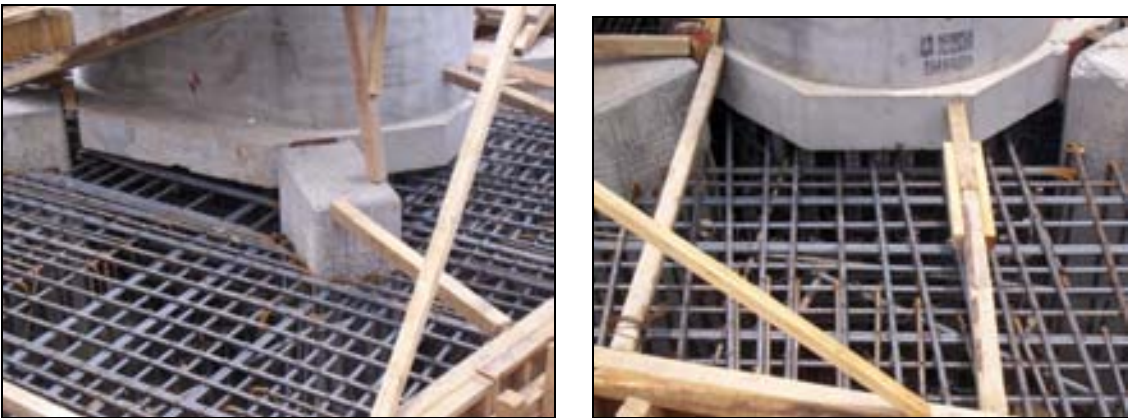


Figura V.24 Detalles de Sujeción Temporal de Columna.

- rellenos: conforme se avance en la construcción de la cimentación, estribos y muros de contención, y el concreto haya alcanzado la resistencia especificada, se dará inicio a los trabajos de rellenos con material de banco, previamente autorizado.
- el material se homogeneizara y se tendera en capas de 20 cm máximo para la capa subrasante y sub-base y de 15 cm para la capa de base.
- una vez tendido el material, por medios mecánicos, se procede a compactar con rodillo autopropulsado y equipo manual, hasta alcanzar el grado de compactación especificado.
- una vez terminada y autorizada la capa base, se aplicara un riego de impregnación a base de emulsión catiónica rm-2k.

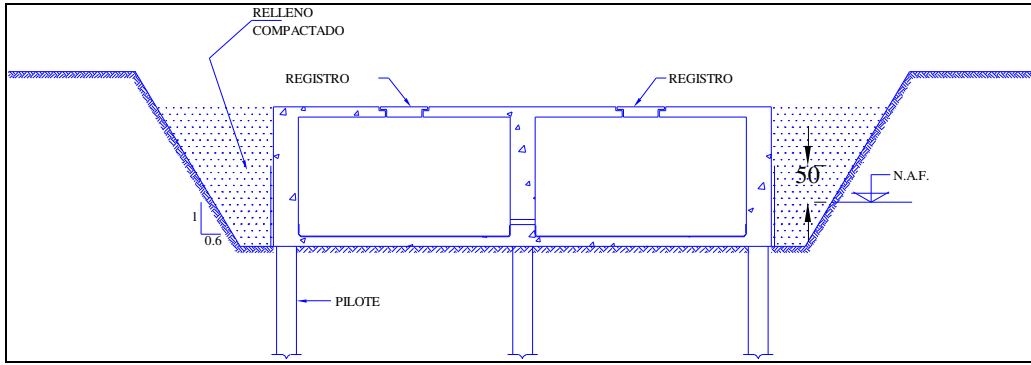


Figura V.25 Detalle de Relleno de Zapata.

La zapata tendrá contra trabes como se ve en la figura:



Figura V.26 Contratraves.

También contarán con contrafuertes para evitar los momentos en la base de la columna:



Figura V.27 Contrafuertes.

Después de colado monóticamente se procede a rellenar con tepetate los huecos, pero antes se aplica duracreto a las contra trabes, para después colar una losa de tapa de aproximadamente 20 cm.



Figura V.28 Unión Final de Cimentación con Superestructura

CONCLUSIONES.

Observando el problema del excesivo tráfico en la ciudad de México, éste no tendrá una solución a corto plazo, debido a que muchos de los factores que lo provocan son de educación vial principalmente, aparte de la gran cantidad de vehículos que transitan por sus vialidades, por lo cual se concluye que si se siguen pensando en soluciones de mayor fluidez vehicular, el factor de conciencia en las personas disminuirá proporcionalmente debido a que la mayoría de las veces cuando se circula libremente, no se produce tanto estrés en los conductores, debido al menor tiempo en sus recorridos entre otros, por esto cuando el conductor se enfrente a alguna situación de tráfico leve, éste conservará la calma ya que tendrá presente que sólo será por un momento corto.

Tomando como base que el propósito principal de este tipo de estructuras es la fluidez vehicular, se deberá pensar en nuevas soluciones en su diseño, como son mejores señalamientos, cálculo más exacto de sus cambios de dirección, y capacidad, tomando como base principalmente los estudios de gasto vehicular y velocidades.

Se concluye que la opción tomada para la cimentación fue la más adecuada, debido a los grandes problemas ocasionados por el cambio brusco de condiciones geotécnicas, esperando así que trabajen de manera simultánea y en armonía los distintos tipos, ya que podría ocasionar un problema grave estructuralmente si reaccionaran de manera aislada.

Otro punto bastante importante que se debe remarcar es, que se sugiere para obras futuras un estudio más completo del entorno, ya que como Ingeniero, no se debe confiar en resultados mínimos, sino realizar como en este caso un estudio más completo de Mecánica de Suelos para evitar sorpresas durante el desarrollo de los trabajos.

Por último se concluye que un distribuidor vial es una gran solución para los problemas de tránsito en una ciudad, es por consiguiente un buen reto para un Ingeniero, debido a la complejidad de sus instalaciones y estudios, y es una forma de fomentar la infraestructura de un país debido a su tamaño y el atractivo visual que el mismo provoca.

ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO.

A.I.1 Alcances.

Estas especificaciones regirán los requisitos mínimos que deberán cumplir los materiales, procesos, procedimientos de elaboración y ejecución necesarios para la construcción de elementos y estructuras de concreto del proyecto. Están sustentadas y deben cumplir en orden de prioridad en las siguientes Normas Base:

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus respectivas Normas Técnicas complementarias (RCDF-04).
- Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México (Capítulo 4.01.01.002 - COVITUR).
- Normas Mexicanas.(NMX).
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

A.I.2 Generalidades.

En estas especificaciones se aplicaron las definiciones que emplean los reglamentos del Instituto Americano del Concreto (A C I -318-1999), y La Asociación Americana de Carreteras Estatales y de Transportación Oficial (A A S H T O 1999, 19 Edición).

A.I.3 Concreto.

A.I.3.1 Materiales para el concreto.

Los materiales que se emplean en la elaboración de concreto hidráulico serán:

Cemento Portland, agregados finos y gruesos seleccionados, agua y aditivos, aprobados por la Dirección de la Obra.

El control de calidad de los materiales empleados, se efectuará por un laboratorio, que esté capacitado para efectuar las pruebas de control que se mencionan en los siguientes capítulos. La calidad del concreto endurecido se

verificará en un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (E M A).

a) Cemento Portland.

El cemento portland utilizado será cualquier tipo de cemento que cumpla con la característica especial BCH y/o RS de acuerdo con la norma NMX-C 414-OONCCE-1999 (tipo II de acuerdo con la norma ASTM-C-150-2000) y con las especificaciones de las Normas Mexicanas (NMX), listadas en la tabla No 1, referente a su calidad, almacenamiento, inspección muestreo y demás requisitos para su aprobación. El tiempo máximo de almacenamiento no excederá de (8) ocho semanas.

T A B L A No. 1

<i>TITULO</i>	<i>NORMA</i>
Cribas para la clasificación de materiales granulares	NMX-C-231-1996
Cementos hidráulicos – Especificaciones y métodos de prueba	NMX-C-414-ONNCCE-1999
Método de prueba para la determinación de la finura de cementantes hidráulicos mediante el tamiz N° 130 M	NMX-C-049-1997-ONNCCE
Determinación de la finura de los cementantes hidráulicos (Método de permeabilidad al aire)	NMX-C-056-1997-ONNCCE
Cementantes hidráulicos-Determinación de la consistencia normal.	NMX-C-057-1997-ONNCCE
Determinación del tiempo de fraguado de los cementantes hidráulicos (Método de VICAT)	NMX-C-059-1997-ONNCCE
Resistencia a compresión	NMX-C-061-ONNCCE-2001
Método de prueba para determinar la sanidad de cementantes hidráulicos	NMX-C-062-1997-ONNCCE
Muestreo de cementantes hidráulicos.	NMX-C-130-1968
Determinación del análisis químico de cementos hidráulicos	NMX-131-1976
Determinación del fraguado falso del cemento portland - Método de prueba	NMX-C-132-1997-ONNCCE
Coadyuvantes de moliendas empleados en la elaboración de cementos hidráulicos.	NMX-C-133-1980
Cementantes hidráulicos-determinación del calor de la hidratación	NMX-C-151-ONNCCE-2001
Muestreo para la inspección por atributos	NMX-Z-12 (R-18)

b) Agregados.

Los agregados utilizados cumplirán con las especificaciones señaladas por las Normas Mexicanas (NMX). Dichos agregados se obtendrán de los bancos o depósitos aprobados previamente y serán seleccionados solo aquellos que cumplan con los parámetros especificados en Normas Base. Se excluirán los agregados andesíticos. El contratista deberá efectuar su clasificación por tamaños, de acuerdo al tipo de concreto solicitado. Se efectuarán muestreos periódicos a los agregados provenientes de los bancos, a fin de comprobar su uniformidad o variaciones en sus características que pudieran modificar o anular su utilización. Para los muestreos periódicos se tomara una muestra al inicio del suministro, por banco y tipo de material y posteriormente al menos una muestra por mes por tipo de material y por banco.

Los agregados gruesos serán del tipo calizo o basáltico y cumplirán con las especificaciones de la norma NMX-C-111-1988 con las modificaciones establecidas en el Capítulo 11.3.1 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto y con los valores de densidad, absorción y abrasión siguientes:

Densidad	2.5	Mínimo
Absorción	1.5%	Máximo

El contenido máximo de material fino que pase la malla No. 200 en los agregados será el indicado a continuación y en ningún caso excederá del 10 %:

PROPIEDAD	REGLAMENTO		ARENA	MAXIMO (1)
	CLASE 1	CLASE 2		
MATERIAL MAS FINO QUE LA MALLA No. 200 EN LA ARENA, PORCENTAJE MAXIMO, EN PESO	10	10	-	-
CONCRETOS SUJETOS A ABRASION	-	-	3.0	5.0
CONCRETOS PRESFORZADOS	-	-	3.0	5.0
OTROS CONCRETOS	-	-	3.0	5.0
CONTRACCION LINEAL DE LOS FINOS QUE PASAN LA MALLA No. 40	2	3	-	-

(1) RECOMENDABLE CUANDO EL MATERIAL FINO NO ES FUNDAMENTALMENTE ARCILLOSO.

T A B L A No. 2

<i>TITULO</i>	<i>NORMA</i>
Concreto - agregados – especificaciones	NMX - C-111-1988
Agregados para concreto – Partículas más finas que la criba F 0.075 (Nº 200) por medio de lavado – Método de prueba	NMX – C – 084 –1990
Cribas para la clasificación de materiales granulares	NMX - B-231- 1996
Agregados – Muestreo	NMX - C-30-1997- ONNCCE
Agregados – Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznales	NMX - C-071-1983
Agregados Determinación de partículas ligeras	NMX – C-072-1983
Agregados – masa volumétrica – Método de prueba	NMX-C- 073-1990
Agregados – Efecto de las impurezas organizadas en los agregados finos sobre la resistencia de los morteros – Método de prueba	NMX - C-076-1983
Agregados para concreto – Análisis granulométrico – Método de prueba	NMX-C-077-1997- ONNCCE
Agregados – Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso	NMX-C-164-1986
Agregados – masa específica y absorción de agua del agregado fino – método de prueba	NMX-C-165-1984
Agregados – contenido total de humedad por secado – método de prueba	NMX-C-166-1990
Agregados para concreto – Examen petrográfico – Método de prueba	NMX-C-265-1984
Agregados para concreto – Determinación de la Reactividad potencial (Método químico)	NMX – C-271- ONNCCE- 1999

c) Agua.

El agua a utilizar en la elaboración y curado del concreto, deberá ser limpia, ya sea potable o tratada y deberá cumplir con lo indicado en la norma mexicana NMX –C-122-1982.

d) Aditivos.

En todos aquellos elementos estructurales en los que el proyecto indique el uso de concreto clase I colado en sitio o premezclado deberá usar un aditivo fluidizante que permita el manejo adecuado de la mezcla durante el colado. Se deberá tener cuidado de hacer un diseño de mezcla, tal que considere la presencia de este aditivo a fin de no provocar una disminución de la resistencia solicitada en proyecto. El uso de otros aditivos para el concreto deberá contar con la autorización de la Dirección de la obra, siempre y cuando su uso se justifique plenamente, ya sea por indicaciones en planos, ó por causas de fuerza mayor. Dichos aditivos deberán cumplir con lo señalado en las especificaciones de las Normas Mexicanas.

T A B L A No. 3

<i>TITULO</i>	<i>NORMA</i>
Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto	
Aditivos químicos – Uniformidad y equivalencia – Determinación	NMX-C-083-1997-ONNCCE
Determinación del revenimiento del concreto fresco	NMX-C-014-1981
Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión	NMX-C-156-1997-ONNCCE
Elaboración y curado en laboratorio de especímenes de concreto	NMX-C-157-1987
Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico	NMX-C-159-1985
Determinación de la variación en longitud de especímenes de mortero de cemento y de concreto endurecidos	NMX-C-162-ONNCCE-2000
Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto mediante la resistencia a la penetración	NMX-C-173-1990
Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios del claro	NMX-C-177-1997-ONNCCE
Aditivos químicos que reducen la cantidad de agua y/o modifican el tiempo de fraguado del concreto	NMX-C-191-1986
Determinación del contenido de aire en concreto fresco. (método volumétrico)	NMX-C-255-1988
Método de prueba para la determinación del sangrado en pasta de cemento y en mortero	NMX-C-158-1987

Aditivos inclusores de aire para concreto	NMX-C-153-1971
Método de prueba para aditivos expansores y estabilizadores de volumen del concreto	NMX-C-200-1978
Método de prueba para expansores y estabilizadores de volumen del concreto	NMX-C-140-1978
Aditivos para concreto y materiales complementarios – Terminología y clasificación	NMX-C-090-1978
Aditivos químicos para concreto	NMX-C-117-1978
	ASTM-C-494-1999a

A.I.3.2 Elaboración del concreto.

Para la elaboración del concreto premezclado y hecho en obra, así como los requisitos de calidad se deberá cumplir con lo establecido en la Norma NMX-C-403-ONNCCE-1999, así como las Indicadas al inicio de este documento, con las modificaciones y adiciones indicadas a continuación:

a) Proporcionamiento de las mezclas.

El proporcionamiento de las mezclas para elaborar el concreto será determinado por el laboratorio, para lo cual se efectuarán las pruebas necesarias a los materiales y equipos a utilizar.

La resistencia (f_c) de los concretos será especificada en los planos, refiriéndose a la resistencia que deberá obtener el espécimen de ensaye a los 28 días de elaborado el concreto. Dicha resistencia se dará en kg/cm^2 .

Los concretos a utilizar tendrán las siguientes resistencias, excepto en el elemento que indique otra resistencia.

<i>Resistencia del concreto</i>	<i>Elemento</i>
$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$	Plantillas
$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$	Pilas
$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$	Cimentaciones
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Columnas
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Cabezal
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Trabes
$f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$	Firmes
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Conexión zapata-columna
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Conexión trabe-columna
$f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$	Relleno entre candelero y columna (“grout”)

Estos concretos quedan clasificados en;

Concreto clase 1. Cuando la resistencia especificada sea igual o mayor a 250 kg/cm^2 .

Concreto clase 2. Cuando la resistencia especificada sea menor a 250 kg/cm^2 .

Y tendrán que cumplir con lo especificado por el (RCDF-04), para estas clases de concreto. En el caso de la subestructura, cuando así lo indique el proyecto (plantillas), se permitirá el uso de concreto clase 2, aún cuando su resistencia sea igual ó mayor a 250 kg/cm^2 .

b) Dosificación.

La dosificación de las mezclas deberá cumplir con lo indicado en el ACI-304-1993 y en el ACI-211.1-1991. Las cantidades de cemento, agregados y agua, serán determinados por peso. Los dispositivos para pesar serán verificados cada 90 días mediante el representante de la **SUPERVISIÓN** o lo que las Normas Base indiquen.

Los aditivos se añadirán con el procedimiento y tiempo de mezclado aprobados

El recipiente de mezclado deberá ser lavado en cada cambio de mezclas y al finalizar el turno de trabajo.

c) Transporte.

El equipo de transporte debe ser el adecuado según ACI 304 y aprobado, por la Dirección de la Obra, dentro de los siguientes sistemas

Carretillas, vagonetas, cubetas ó camiones. Cuando se utilice este sistema de transporte, no se permitirá que éste se apoye directamente sobre el acero de refuerzo, para lo cual se deberán de proveer las pasarelas apropiadas.

Canales y tubos. Estos se dispondrán de tal manera; que se prevenga cualquier segregación y/o clasificación de los materiales. El ángulo de caída de la mezcla será, el adecuado para permitir el flujo, sin provocar velocidades excesivas que propicien la clasificación de los materiales, si es necesario pueden establecerse tramos intermedios en los canales ó tubos. Los canales pueden ser de metal, madera forrada con lámina metálica ó de cualquier otro material previamente autorizado por la **SUPERVISIÓN**.

Bombas de concreto. El equipo de bombeo se instalará fuera de la zona del colado, de tal manera que no produzca vibraciones que puedan dañar el concreto fresco, y/o alterar la distribución del acero de refuerzo. El flujo proporcionado por la bomba, deberá ser continuo, en caso de suspensión la mezcla que permaneció en la tubería deberá de removerse y desecharse, debiéndose lavar todo el equipo antes de continuar.

Cualquier otro método de transporte de concreto, deberá ser aprobado por el representante de la **SUPERVISIÓN**.

El contratista deberá contar con un sistema de comunicación expedito entre la planta de elaboración de concreto y el sitio de colocación del mismo, de tal manera que se pueda identificar oportunamente las características del concreto que se transporta.

Los sistemas de transporte deberán ser lavados en cada nuevo proporcionamiento del concreto y al finalizar el tramo de trabajo.

d) Colocación del concreto.

El contratista deberá dar aviso y obtener por escrito la aprobación de la **SUPERVISIÓN**, antes de efectuar el colocado de cualquier elemento. El representante de la **SUPERVISIÓN** deberá verificar las dimensiones, desplantes, solidez y demás requisitos de los moldes y obra falsa, la correcta colocación y firmeza del acero de refuerzo, la colocación de anclas y otros soportes, los ductos para las instalaciones que se establezcan en proyecto, etc. El aviso deberá ser dado por el contratista con una anticipación de 24 hrs. como máximo.

No deberán de transcurrir más de 90 minutos, desde que se inicie el mezclado y la terminación de la colocación, compactación y acomodo del concreto.

No se permite el vaciado de concretos que lleguen a su destino final después de 60 minutos de haber salido de la planta dosificadora.

El concreto no se vaciará hasta que el sitio que ocupará esté libre de agua ó cualquier otro material extraño, y se tenga la aprobación del representante de la **SUPERVISIÓN**.

Se efectuarán colados en contacto con el terreno natural, solo cuando el terreno haya sido preparado según las instrucciones del representante de la **SUPERVISIÓN**.

El colado de elementos estructurales de eje vertical, tales como columnas, muros, etc., se efectuará de la manera siguiente:

La mezcla se vaciará colocándola en capas horizontales continuas de 25 a 30 cm. de espesor (nunca se excederá la penetración efectiva del vibrador).

Cada capa se acomodará y compactará en toda su profundidad para obtener un concreto que llene completamente los moldes y cubra en forma satisfactoria el acero de refuerzo. Cuando por razones de emergencia ó caso fortuito sea preciso interrumpir la continuidad de una de las capas por más de una (1) hora, se colocará una cimbra para formar una junta de construcción.

Si la mezcla se colocara desde una altura mayor a tres (3) metros, deberán tomarse precauciones especiales, tales como el uso de deflectores y/o tuberías adecuadas. No se permitirá amontonar la mezcla para posteriormente extenderla dentro de los moldes.

A fin de evitar que se marquen juntas así como evitar discontinuidad entre las capas, éstas se deberán colar en forma continua una vez que la anterior haya sido colocada y compactada; y antes de que inicie su fraguado. El tiempo máximo entre la colocación de una capa y la precedente será de treinta (30) minutos.

El colado de elementos de eje horizontal, tales como vigas, losas, pisos, etc., se efectuarán de la manera siguiente:

La mezcla se vaciará por frentes continuos, cubriendo toda la sección del elemento, no se dejarán colar la mezcla de alturas mayores de 1.50 m, ni se permitirá amontonarla, para después extenderla en los moldes; el colado será continuo hasta la terminación del elemento ó hasta la junta de construcción que fije el proyecto y/o lo ordene el representante de la **SUPERVISIÓN**; el tiempo máximo entre un vaciado y el siguiente, será de treinta (30) minutos.

e) Colados con temperaturas altas.

No se colocará concreto cuando la temperatura ambiente exceda de 32 grados centígrados. En caso de persistir ésta, el contratista someterá a la aprobación de la SUPERVISION un método de colado apropiado.

f) Curado del concreto.

Para el curado del concreto referirse a lo indicado en Normas Base, y en las modificaciones y adiciones siguientes.

Todo el concreto colado deberá ser protegido contra condiciones climáticas adversas. Se prevendrá la rápida evaporación debida por altas temperaturas, viento, ó ambas.

El concreto elaborado con cemento tipo II, deberá ser curado por un periodo que se adapte a las condiciones del lugar, pero no menor a cuatro (4) días.

Los aditivos ó membranas utilizadas para curar el concreto deberán ser aprobadas por la Dirección de la obra y cumplirán las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas listadas en la tabla No. 4.

El curado con vapor deberá ser aprobado por la **SUPERVISION**, siempre y cuando se justifique plenamente. De preferencia se utilizarán bajas temperaturas de vapor por periodos largos de tiempo a presión atmosférica.

T A B L A No. 4

<i>TITULO</i>	<i>NORMA</i>
Determinación de la retención de agua, por el medio de compuestos líquidos que forman membranas para el curado del concreto	NMX-C-304-1980
Determinación del factor de reflectancia de membranas de color blanco para el curado del concreto	NMX - C-309-1980
Compuestos líquidos que forman membranas	NMX-C-081-1981
Materiales laminares para curado de concreto	ASTM - C-171-1997 ^a
Determinación de la humedad	ASTM - C-156-1998
Determinación del espesor de materiales laminares	ASTM - D-2103-1986
Determinación de la resistencia a la tensión en el papel impermeable	ASTM - D-829
Determinación de la resistencia y elongación de películas de polietileno	ASTM - D-882-1990

A.I.3.3 Concreto Premezclado.

a) Generalidades.

Es el concreto hidráulico dosificado y mezclado por el fabricante y que se entrega al comprador para su utilización en estado plástico no endurecido.

El concreto premezclado deberá cumplir con las especificaciones listadas anteriormente y las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NMX), listadas en la tabla No. 5.

T A B L A No. 5

<i>TITULO</i>	<i>NORMAS</i>
Determinación del revenimiento en concreto fresco	NMX-C-156-1997- ONNCCE
Determinación del contenido de aire del concreto fresco por el método de presión	NMX-C-157-1987
Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico	NMX-C-162-ONNCCE- 2000
Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto	NMX-C-160-1987
Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto	NMX-C-083-1997- ONNCCE
Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de resistencia a la penetración	NMX-C-177-1997- ONNCCE
Determinación del sangrado – Método de prueba	NMX-C-296-ONNCCE- 2000
Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con cargas en los tercios del claro	NMX-C-191-1986
Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto	NMX-C-163-1997- ONNCCE

Determinación de la variación en longitud de especímenes de mortero de cemento y de concreto endurecidos	NMX-C-173-1990
Obtención y prueba de corazones y vigas extraídas de concreto endurecido	NMX-C-169-1996- ONNCCE
Concreto premezclado	COVITUR *
Muestreo de concreto fresco	NMX-C-161-1997- ONNCCE
Cabeceo de especímenes cilíndricos	NMX-C-109-1997- ONNCCE

* Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México, editadas por COVITUR.

b) Datos para pedidos.

Los pedidos de concreto premezclado, deberán incluir como mínimo los datos siguientes:

- Cantidad de concreto fresco, expresada en metros cúbicos.
- Resistencia especificada y edad a la que se obtendrá.
- Clase de concreto.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Revenimiento en el sitio de la entrada.
- Contenido de aire.
- Tipo de cemento utilizado.
- Aplicación y tipo de aditivo usado.
- Horario de salida de la planta y llegada a la obra.

c) Aceptación de la planta y control de calidad del concreto.

El control de calidad y la aceptación de la planta de premezclado, se efectuarán por el laboratorio de la **SUPERVISIÓN**, para lo cual este último visitará é inspeccionará las instalaciones del fabricante. También, aprobará a los fabricantes propuestos por el contratista en caso de cumplir con todas las especificaciones indicadas en Normas Base en la elaboración del concreto.

A.I.3.4 Pruebas en el concreto.

Para los requisitos de calidad del concreto, se deberán satisfacer los requisitos señalados en las Normas Base citadas, y con las modificaciones y adiciones siguientes:

a) Generalidades.

Concreto fresco es aquel que no ha alcanzado su fraguado inicial, que se define como el lapso que transcurre desde que se agrega agua a la mezcla y hasta que alcanza una resistencia a la penetración igual a treinta y cinco (35) kg/cm^2 , determinado conforme al método estipulado por la prueba ASTM-C-403-1999 (NMX-C-177-1986).

Para diseñar una mezcla de concreto, se determinarán las siguientes características:

- Tamaño máximo nominal del agregado.
- Consistencia del concreto recién mezclado, definido por su revenimiento.
- Clase y tipo de cemento que se deberá emplear, según se indique en planos, identificando previamente la fábrica de procedencia.
- Clase y tipo de aditivo y los efectos que con su empleo se pretende obtener.
- Relación agua - cemento máxima permisible según Norma Base. En caso de aplicación de aditivo superfluidificante considerarlo en la relación.

b) Tamaño máximo del agregado.

El tamaño máximo permisible en los agregados será el más grande que pueda emplearse, sin exceder de los siguientes valores:

- La quinta (1/5) parte de la menor dimensión que vaya a existir entre los lados de las formas del molde del elemento por colar.
- La tercera (1/3) parte del espesor del concreto, tratándose de losas ó pisos.
- Las tres cuartas (3/4) partes del espacio libre mínimo que vaya a existir entre varillas individuales contiguas del acero de refuerzo ó paquetes de varillas.
- Cuando el concreto se transporta por medio de bomba ó equipo neumático se respetarán las instrucciones de fabricación del equipo, pero en ningún

caso excederá la tercera (1/3) parte del diámetro de la tubería de conducción ó lanzado.

El tamaño máximo nominal del agregado se definirá a partir del máximo permisible, disminuyendo éste para hacerlo igual a la abertura de la malla comercial más próxima.

c) Consistencia.

Las mezclas de concreto deberán diseñarse con el revenimiento más bajo que pueda usarse, según el tipo de elemento a colar. En ningún caso los revenimientos podrán exceder de los siguientes:

- Zapatas y muros de cimentación: 10 cm.
- Vigas y muros reforzadas: 10 cm.
- Columnas reforzadas: 10 cm.
- Pavimentos y losas reforzadas: 6 cm.
- Pavimentos y revestimientos simples: 6 cm.
- Concreto en masa: 6 cm.
- Elementos presforzados: 10 cm.

Todos los revenimientos aplicarán antes de agregar aditivo superfluidificante. Cuando se trate de colados sumergidos, deberán realizarse ensayos previos de los materiales disponibles, con objeto de conocer el revenimiento más bajo posible con el que la mezcla de concreto podrá fluir y adecuarse a las condiciones del sitio de colado.

Las tolerancias de revenimiento para la aceptación o rechazo del concreto serán las siguientes:

Para revenimientos especificados menores de 5 cm. +/- 1.5 cm.

Para revenimientos especificados de 5 a 10 cm. +/- 2.5 cm.

d) Peso volumétrico en estado fresco.

El peso volumétrico del concreto en estado fresco determinado de acuerdo al método de prueba de la norma NMX-C-162-ONNCCE-2000, será superior a $2,200 \text{ kg/m}^3$ para el concreto clase 1, y para el concreto clase 2, debe estar comprendido entre $1,900$ y $2,200 \text{ kg/m}^3$; y la frecuencia del control, deberá cumplir con lo asentado en el (RCDF-97, 11.3.2).

e) Relación agua-cemento.

Es el cociente del peso del contenido de agua neta de mezclado en una revoltura entre el peso de su contenido de cemento. Para el concreto siempre deberá ser menor que la unidad.

Agua neta del concreto es la cantidad que teóricamente resulta de restar en una revoltura el agua total de mezclado, el agua que puedan absorber los agregados ó sumar al agua total de la mezcla, el agua que puedan ceder los agregados.

f) Temperatura.

La temperatura del concreto será sujeto a control cuando se efectúen colados a temperaturas extremas o en grandes masas según norma ASTM-C-1064-1999. Temperaturas limites, mínima 16°C y máxima 32°C .

En tiempo caluroso cuando se observe una pérdida de revenimiento ó fraguado demasiado rápido, se deberán enfriar los materiales antes de ser mezclados y el agua, se sustituirá por hielo triturado, de un tamaño tal que éste se derrita completamente durante el mezclado.

Alternativamente los colados se podrán efectuar de noche, en las horas de más baja temperatura. Así mismo los bultos de cemento para la elaboración del concreto se almacenarán dentro de una bodega ó cobertizo. No se permitirá que estén bajo la acción directa del sol ó cubiertos solo con una lona ó material similar.

En tiempo frío, se deberá controlar la temperatura del concreto a la salida de la mezcladora y se protege después de colocado hasta que alcance una resistencia mecánica que le permita soportar sin daños las bajas temperaturas.

g) Fraguado.

El fraguado inicial del concreto es el lapso transcurrido desde el momento en que se agrega el agua a la mezcla, hasta que el concreto adquiere la rigidez correspondiente a una resistencia a la penetración de 35 kg/cm^2 determinada conforme lo estipulado en la prueba ASTM-C-403-1999 (NMX-C-177-1986).

La verificación del tiempo de fraguado tiene por objeto comprobar que el concreto se coloque antes de alcanzar su fraguado inicial y que una vez colocado y compactado, no sea sometido a vibración adicional, después del fraguado inicial.

h) Resistencia del concreto.

Resistencia a compresión es el esfuerzo de ruptura del concreto endurecido, que se obtiene en especímenes cilíndricos estándar, ensayados a compresión axial, expresada en kg/cm^2 . De acuerdo al método de prueba de la norma NMX-C-083-1997-ONNCCE.

Salvo especificación contraria, todos los ensayos se efectuarán a los veintiocho (28) días de edad del concreto para concreto normal y a catorce (14) días para concretos de resistencia rápida.

Los planos deberán especificar la resistencia a compresión (f_c). El informe de la prueba de cada espécimen deberá incluir los siguientes datos cuando menos:

- Número de identificación.
- Obra de procedencia y lugar del colado.
- Planta mezcladora y número del camión muestreado cuando se trate de concreto premezclado.
- Diámetro y altura del espécimen, si no es estándar, en cm.
- Área de la sección transversal en cm^2 .
- Carga máxima en kg.
- Resistencia a compresión en kg/cm^2 .
- Tipo de falla cuando no se presenta el cono usual.
- Defectos observados en el espécimen ó en las cabezas.
- Edad del espécimen en días.
- Revenimiento de la muestra en cm.
- Clase del concreto.

De acuerdo al grado de calidad del concreto, se deben cumplir los siguientes requisitos:

Concreto clase 1

- No más del 10% de las muestras ensayadas deben presentar una resistencia a la compresión inferior a la especificada (f_c).
- Como muestra individual, el concreto debe cumplir por lo menos con la resistencia especificada (f_c), menos 35 kg/cm².
- Los promedios de resistencia a compresión de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas pertenecientes o no al mismo día de colado, no serán menores que la resistencia especificada (f_c).

Concreto clase 2

- No más del 20% de las muestras ensayadas, deben presentar una resistencia a la compresión inferior a la especificada (f_c).
- Como muestra individual, el concreto debe cumplir por lo menos con la resistencia especificada (f_c) menos 50 kg/cm².
- Los promedios de resistencia a compresión de todos los conjuntos de siete muestras consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, no serán menores que la resistencia especificada (f_c).

Cuando el número de pruebas es insuficiente para calcular el promedio de pruebas consecutivas establecidas según la calidad del concreto, el promedio de los resultados obtenidos debe ser igual o mayor que las cantidades indicadas a continuación:

<i>No de pruebas</i>	<i>Valores de resistencia en kg./cm².</i>	
	<i>Concreto clase 2</i>	<i>Concreto clase 1</i>
1	f _c - 50	f _c - 35
2	f _c - 28	f _c - 13
3	f _c - 17	f _c
4	f _c - 11	
5	f _c - 7	
6	f _c - 6	
7	f _c	

i) Pruebas de corazones.

Si las pruebas individuales de muestras curadas en el laboratorio producen resistencias menores a ($f_c - 50 \text{ kg./cm}^2$) para concreto clase 2, y ($f_c - 35 \text{ kg./cm}^2$) para concreto clase 1 , y/o las pruebas de los cilindros curados en campo indican deficiencias de protección y curado, y se confirma que el concreto es de baja resistencia, deben probarse especímenes extraídos de la zona de duda, de acuerdo al método de prueba indicado en la norma NMX-C-169-1996-ONNCCE.

Deben tomarse tres corazones para cada resultado de prueba de cilindros que esté por debajo de la resistencia permisible; si el concreto de la estructura va a estar seco durante las condiciones de servicio, los corazones deben secarse al aire durante 7 días antes de la prueba y deben probarse secos. Si el concreto de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo durante las condiciones de servicio, los corazones deben sumergirse en agua por lo menos durante 48 horas y probarse húmedos.

El concreto de la zona representada por los corazones se considera estructuralmente satisfactorio, si el promedio de los tres corazones es de por lo menos el 80% de la resistencia especificada (f_c) y si la resistencia de ningún corazón es menor que el 70% de la resistencia especificada (f_c).

Se permite probar nuevos corazones de las zonas representadas por aquellas que hayan dado resistencias erráticas.

Si la resistencia de los corazones ensayados no cumplen con el criterio de aceptación que se ha descrito, la Dirección de la obra podrá autorizar la realización de pruebas de carga o tomar las medidas que considere adecuadas.

j) Módulo de elasticidad.

Deben tomarse cilindros adicionales para la determinación del módulo de elasticidad del concreto, de acuerdo al método de prueba descrita en norma NMX-C-128-1997-ONNCCE.

Para el concreto clase 1, el módulo de elasticidad a 28 días de edad, será como mínimo $14000\sqrt{f'c}$ kg./cm² y $8000\sqrt{f'c}$ kg./cm² para el concreto clase 2.

k) frecuencias de pruebas.

Deberán realizarse determinaciones de la calidad del concreto y sus componentes mediante los ensayos correspondientes, según el tipo de elemento, cada vez que la dirección de la obra lo solicite; pero con una frecuencia no menor a la señalada a continuación:

<i>PRUEBA</i>	<i>FRECUENCIA</i>
Consistencia de las mezclas mediante prueba de revenimiento	1 prueba por unidad premezcladora ó por cada 5 m ³
Peso volumétrico en estado fresco	1 prueba por día, por planta, por tipo de concreto, pero no menos de una prueba por cada 20 m ³ .
Resistencia a la compresión	5 cilindros por cada 40 m ³ o fracción
Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)	3 vigas cada 40 m ³ ó fracción (especialmente en pavimentos).
Módulo de elasticidad	1 prueba por mes, por planta, por tipo de concreto
Cemento	1 prueba por mes, por tipo de cemento
Agregado para concreto	1 prueba por mes, por planta
Agua para concreto	1 muestra al inicio del suministro por planta
Temperatura *	Una prueba por cada 40 m ³ o fracción para concreto premezclado, o una por día de colado para concreto hecho en obra.
Contenido de Aire **	Una prueba por cada entrega para concreto premezclado, o por cada 5 revolturas para concreto hecho en obra.
Contracción por secado y coeficiente de deformación diferida.	Al inicio de obra y en cada cambio de diseño de mezcla para cada tipo de resistencia.

* Si la temperatura ambiente es menor de 7 °C o mayor de 32 °C.

** Cuando el proyecto solicite concreto con aire incluido.

A.I.4 Concreto Presforzado.

Se deberán de cumplir los requisitos complementarios que para este efecto establece el Capítulo 11.4 de las Normas Técnicas Complementarias para Estructuras de Concreto, además de las modificaciones y adiciones enunciadas a continuación:

A.I.4.1 Materiales.

Los materiales para la elaboración de elementos de concreto, presforzado y precolado, ya sea en planta ó a pie de obra, deberán cumplir los requisitos mencionados anteriormente en esta misma especificación.

A.I.4.2 Concreto utilizado.

El concreto a utilizar en elementos presforzados tendrán la siguiente resistencia:

Concreto pretensado: $f_c = 600 \text{ kg./cm}^2$ o el indicado en planos se deberá considerar el uso de aditivo superfluidificante.

A.I.4.3 Mortero para inyección.

Los morteros para inyectado se harán empleando cemento Portland tipo II, aditivo estabilizador de volumen y agua, en donde su relación agua-cemento no exceda de 0.45, ni que el sangrado del dos (2) por ciento después de tres (3) horas de colado ó un máximo de cuatro (4) por ciento cuando su medición se haga en laboratorio.

No se aceptará ningún aditivo que contenga cloruros ó sulfatos y el empleo de cualquier otro requerirá de la aprobación de la Dirección de la Obra.

A.I.4.4 Elaboración.

La forma y dimensiones de los elementos y de sus componentes, así como la colocación de ductos, cables, refuerzo adicional, dispositivos de anclaje y demás operaciones se harán conforme a lo establecido en los planos.

Es obligación del contratista que durante la ejecución de los trabajos ó la obra, disponga de los servicios de un técnico especializado en concreto presforzado

y experto en el sistema a utilizar, para supervisar las diferentes etapas de fabricación, inspección, manejo y montaje de todos los elementos y/o sus partes.

Es obligación del contratista facilitar el acceso a la planta ó lugar de fabricación, al personal representante de la **SUPERVISIÓN** para que verifique el cumplimiento del proyecto, los procedimientos de construcción y efectúe el muestreo y las pruebas que se consideren necesarias.

A.I.5 Morteros con aditivos estabilizadores o expansores.

A.I.5.1 Generalidades.

Esta sección de la especificación trata de los materiales, la elaboración y el proporcionamiento para los morteros que se usarán como relleno bajo superficies horizontales y para el relleno de huecos que alojarán anclas.

A.I.5.2 Materiales.

El cemento, agregados, agua y aditivos, deberán cumplir los requisitos de estas especificaciones.

Cuando se utilicen aditivos expansores ó estabilizadores, su proporcionamiento se sujetará a las especificaciones y/o recomendaciones del fabricante.

El agregado fino deberá cumplir con las especificaciones de la Norma ASTM - C33-2001 (NMX-C-111-1988) y el agregado será graduado y de bordes redondeados, conforme se indique en los planos y previa autorización del representante de la **SUPERVISIÓN**. El porcentaje de material que pase la malla No. 200 no excederá del cinco (5) por ciento.

A.I.5.3 Elaboración de los morteros.

La mezcla del mortero se elaborará en máquinas revolventoras de la capacidad adecuada, cuyas características serán previamente aprobadas por el representante de la **SUPERVISIÓN**. El mezclado a mano no se permitirá.

Previa a su colocación la superficie que recibirá el mortero deberá estar completamente limpia, dejándola rugosa.

Los huecos para los pernos ó anclas, deberán ser limpiados inmediatamente antes de colocar la placa en posición, y antes de colocar el mortero entre las superficies, se limpiará nuevamente y humedecerá en su totalidad; los huecos de las anclas a rellenar deberán estar libres de agua.

El mortero deberá estar colocado en su sitio dentro de los treinta (30) primeros minutos posteriores a su mezclado. El mortero debe colocarse utilizando una varilla de diámetro adecuado ó cualquier otro método autorizado por el representante de la **SUPERVISIÓN**, siempre y cuando dicho mortero llene completamente el espacio.

En todos los casos el mortero deberá ser trabajado por un lado determinado y en una sola dirección, manteniendo una secuencia que evite la formación de vacíos.

Los morteros con aditivo expansor no deberán ser vibrados.

Deben ser fijadas cimbras alrededor de la placa base y al nivel de la parte superior de ella; el espacio entre la cimbra y la placa base será de setenta y cinco (75) milímetros, pero en el sitio se definirá la distancia exacta.

Las aristas expuestas del mortero se achaflanarán en ángulo de cuarenta y cinco (45) grados.

La cimbra no se removerá antes de veinticuatro (24) horas después de colocado el mortero y se mantendrá húmedo por un período de cinco (5) días.

A.I.5.4 Proporcionamiento.

La resistencia mínima nominal de los morteros será de 450 kg/cm^2 a los veintiocho (28) días, excepto donde los planos indiquen lo contrario.

Para rellenar superficies donde la dimensión libre mínima es de cincuenta (50) milímetros, el mortero tendrá un proporcionamiento de 1:1.25:1.75 en peso. Su trabajabilidad deberá ser medida mediante el cono de revenimiento y estará entre los cien (100) y doscientos (200) milímetros.

Cuando la dimensión libre entre superficies de contacto sea menor de cincuenta (50) milímetros, el mortero tendrá un proporcionamiento en peso de 1:1.

En ocasiones se usará mortero seco añadiendo a la mezcla, agua suficiente para que el revenimiento no exceda los cinco (5) milímetros. Para dimensiones menores de setenta y cinco (75) milímetros el proporcionamiento de la mezcla será de 1:2 y para dimensiones mayores de setenta y cinco (75) milímetros, la proporción de la mezcla será de 1:1:2 con un solo tamaño de agregado grueso de diez (10) milímetros.

ESPECIFICACIONES DE ACERO DE REFUERZO

A.II.1 Alcances.

Estas especificaciones regirán los requisitos mínimos que deberán cumplir los materiales, procesos, procedimientos de elaboración y ejecución necesarios para la colocación del acero del proyecto. Están sustentadas y deben cumplir en orden de prioridad en las siguientes normas:

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF-04).
- Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México (Capítulo 4.01.01.005 - COVITUR -)
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM)
- Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM)

Para los alcances de las funciones del representante y del contratista, de la verificación de calidad, del embarque, transporte y almacenaje; ver capítulo 4.01.01.005 de las Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México, editadas por COVITUR.

A.II.2 Generalidades.

En estas especificaciones se aplicaron las definiciones que emplean los reglamentos del Instituto Americano del Concreto (ACI-318-99), y la Asociación Americana de Carreteras Estatales y de Transportación Oficial (AASHTO 1996).

A.II.3 Acero de refuerzo.

Acero de refuerzo es el que se coloca ahogado en la masa de concreto para soportar los esfuerzos generados por cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura.

Todo el acero de refuerzo grado estructural cumplirá con las especificaciones de la norma ASTM-615 grado 42 ó Norma Oficial Mexicana NMX-C407-ONNCCE-2001, en cuanto a dimensiones, corrugaciones, masa unitaria, requisitos mecánicos, acabados y demás requisitos contenidos en las mismas.

A.II.3.1 Materiales.

Los materiales necesarios para el habilitado y colocación del acero de refuerzo, deberán cumplir con lo especificado en los planos, así como las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y NMX-C407-ONNCCE-2001.

En cuanto a la composición química del acero empleado en la fabricación de varillas, y respecto al análisis del colado, el contenido de fósforo en el acero no debe exceder de 0.050%, además el contenido de fósforo en la varilla no debe de exceder a 0.062%, en masa. El fabricante debe proporcionar por colada el contenido de carbono, manganeso, fósforo, azufre y carbono equivalente.

Las operaciones necesarias para el habilitado, manejo y colocación del acero de refuerzo, deberán ejecutarse con los equipos necesarios y adecuados, los cuales serán aprobados por la **SUPERVISIÓN**.

El acero de refuerzo, debe llegar a la obra sin oxidación perjudicial; así como exento de aceite ó grasas, quiebres, escamas, hojeaduras y deformaciones de la sección. Deberá almacenarse bajo cobertizos y clasificarse según su tipo y sección, protegiéndolo contra la humedad y alteración química.

El contratista presentará la documentación que avale la calidad del acero de refuerzo suministrado a la obra incluyendo análisis químicos y características físicas. El representante del comprador, debe tener libre acceso, al material y a las plantas de fabricación para que se cerciore que la producción este conforme a las normas indicadas en este documento.

Se verificará la calidad del acero de refuerzo conforme a la norma NMX-C407-ONNCCE-2001, siguiendo los procedimientos de muestreo, en planta y por lote, indicados; también se aplicaran los métodos de pruebas definidos para cada muestra. Toda muestra debe cumplir con los requisitos químicos, dimensionales, de corrugaciones, masa, mecánicos y de acabado especificados en estas normas mexicanas.

A.II.3.2 Habilitado.

Las varillas deberán corresponder a las clases, diámetro y número indicados en planos.

Todo el acero deberá estar sujeto con amarres de alambre recocado ó con el tipo de sujeción que se especifique. Los separadores para dar el recubrimiento al acero, serán silletas de acero ó piezas manufacturadas para tal fin; no se permitirá el uso de gravas, trozos de madera ó pedazos de metal diferente del acero de refuerzo.

La sustitución de diámetros ó grado de refuerzo, solo se permitirá con la autorización de la **SUPERVISIÓN**.

Previo al colado, el acero de refuerzo deberá estar libre de óxido suelto, escamas, lodo, aceite ó cualquier otra capa que reduzca la adherencia.

Los detalles de refuerzo para anclajes, traslapes y uniones soldadas deberán cumplir con lo indicado en planos.

Todas las varillas se doblarán en frío, observando que el doblado no produzca fisuramiento, laminación ó desprendimientos superficiales. El doblado en caliente requerirá de la autorización de la **SUPERVISIÓN**; en ningún caso se calentará el acero de refuerzo a más de quinientos treinta (530) grados centígrados, si no está tratado en frío y no más de cuatrocientos (400) grados centígrados, en caso contrario.

Por ningún motivo se permitirá que el acero de refuerzo calentado tenga un enfriamiento rápido.

Los empalmes serán de dos tipos, traslapados y/o soldados a tope y su uso será el que fijen los planos, además de observar lo siguiente:

- Salvo otra indicación, en una misma sección no se permitirá empalmar más del treinta y tres por ciento (33%) de las varillas de refuerzo.
- No deberán traslaparse varillas mayores del número ocho (8).
- En elementos sujetos a flexión, las varillas traslapadas sin contacto entre sí, no deben separarse más de veinte por ciento (20%) de la longitud de traslape ni más de 150 milímetros.

- La longitud de traslape de los paquetes de varillas será la correspondiente al diámetro individual de las varillas del paquete, incrementadas en veinte por ciento (20 %) para paquetes de tres (3) varillas y, treinta y tres por ciento (33 %) para paquetes de cuatro (4) varillas. Dentro del paquete, las varillas que lo forman no se traslaparán.
- Las juntas soldadas a tope deberán tener una resistencia de por lo menos ciento veinticinco por ciento (125 %) de la resistencia de fluencia de las varillas que se suelden. La soldadura para unir varillas de refuerzo debe realizarse de acuerdo a los lineamientos del código AWS (American Welding Society) vigente y Norma Oficial mexicana NOM-H-121-1998.
- Las varillas a tope se soldarán de acuerdo a los detalles que se indiquen en los planos.

Los electrodos serán serie E-90XX de bajo contenido de hidrógeno y se calificarán de acuerdo a la norma AWS D1.5.

En las uniones de varillas mayores al número ocho (8) que no sean soldadas; el contratista someterá a la **SUPERVISIÓN** el método a utilizar y para su aprobación el laboratorio deberá efectuar las pruebas necesarias.

Para controlar la calidad de las uniones soldadas en varillas del número ocho (8) o mayores, se deben realizar pruebas destructivas de tensión a por lo menos el 2 % de las juntas realizadas y pruebas radiográficas al 3 % de las uniones. Además, deben cumplir con la norma NOM-H-121.

A.II.3.3 Colocación.

Todo el acero de refuerzo deberá colocarse de acuerdo a lo indicado en los planos, teniendo en cuenta lo siguiente:

- La separación libre entre varillas paralelas de una capa, será de un diámetro de las mismas ó 1.3 veces el tamaño máximo del agregado grueso, y nunca menor a veinticinco (25) milímetros.
- Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos ó más capas, las varillas de las capas superiores deberán colocarse directamente arriba de las que están en las capas inferiores, a una distancia de veinticinco (25) milímetros.

- En muros y losas, excepto en losas nervadas, la separación del refuerzo principal no será mayor de tres (3) veces el espesor del muro ó de la losa, ni mayor de cuatrocientos cincuenta (450) milímetros.

En columnas armadas con anillos o refuerzo helicoidal, la distancia libre entre varillas longitudinales no será menor que 1.5 veces el diámetro nominal de la varilla ni menor de cuarenta (40) milímetros. El arranque y final en los zunchos será de dos vueltas, los traslapes de vuelta y media.

Los paquetes de varillas no deberán contener más de cuatro (4), dispuestas en forma cuadrada o triangular para el caso de tres (3) varillas.

Todas las varillas de refuerzo se deberán recubrir con los espesores de concreto señalados en los planos estructurales; o en su defecto los que se indican a continuación:

a) Concreto colado " in-situ ".

- Colado en contacto con el terreno y permanente expuesto al mismo: 75 mm
- Expuesto al terreno o al intemperismo varillas No.6 al No. 12: 50 mm, varillas No. 5 y menores: 40 mm
- No expuesto al intemperismo ni en contacto con el terreno. Losas, muros y trabes: varillas No.12, 40 mm; varillas No.10 y menores, 20 mm. Vigas, trabes y columnas, refuerzo principal, anillos, estribos o espirales: 20 mm

b) Concreto premezclado.

- Expuestas al terreno o al intemperismo; varillas No.12, 50 mm; varillas No.6 al No.10, 40 mm; varillas No.5 y menores, 25 mm.
- No expuesto al terreno ó al intemperismo. Losas, muros y trabes: varillas No.12, 30 mm; varillas No.10, 15 mm. Vigas, trabes y columnas: Refuerzo principal, diámetro nominal de una varilla o alambre, pero no menor de 15 mm ni mayor de 40 mm; anillos, estribos o espirales, 10 mm; varillas No.5 y menores, 10 mm.

A.II.3.4 Tolerancias.

Para dar por terminado el armado y colocación del acero de refuerzo, la **SUPERVISIÓN** verificará que las dimensiones, separación, sujeción, forma y posición se encuentran de acuerdo a los planos y dentro de las tolerancias que se indican. La suma de las discrepancias medidas en la dirección del refuerzo, con relación al proyecto, en losas, zapatas, trabes y vigas, no será mayor de dos (2) veces el diámetro de la varilla ni más del cinco por ciento (5%) del peralte efectivo.

- En los extremos de las trabes y vigas, la tolerancia se reduce a una (1) vez el diámetro.
- La posición del acero de refuerzo en zapatas, muros, trabes y vigas no excederá de 3 mm más el tres por ciento (3%) del peralte efectivo y no más de 5 mm en el recubrimiento, de lo indicado por el proyecto.
- La separación del refuerzo transversal en vigas, trabes y columnas, medidas según el eje del refuerzo, no excederá a la del proyecto en más de 10 mm, más el cinco por ciento (5%), ni serán menores en 3 mm más el tres por ciento (3%) de la dimensión en la dirección que se considera la tolerancia.
- El espesor del recubrimiento del acero de refuerzo en cualquier miembro estructural, no diferirá de la del proyecto en más de cinco (5) mm.
- La separación del acero de refuerzo en losas, zapatas y muros, respetando el número de varillas en una faja de un (1) metro de ancho, no diferirá de la del proyecto en más de diez (10) mm, más un (1) décimo de la separación indicada en los planos.

ESPECIFICACIONES DE ACERO ESTRUCTURAL

A.III.1 Descripción general.

- I.1 La fabricación de las estructuras se regirán por las especificaciones de acero estructural y por las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.
- I.2 Todo el material y mano de obra se ajustarán a la especificación:

Normas técnicas complementarias del Reglamento de Construcción del Departamento del Distrito Federal.

Norma Oficial Mexicana NOM-H-121-1988

del AISC : “Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings”.
- I.3 Todo acero estructural se ajustará a la especificación ASTM A-36, excepto donde se indique otro tipo.
- I.4 Todas las superficies expuestas para dar continuidad con soldadura sobre placas de base serán cepilladas.
- I.5 Todos los miembros serán fabricados en el taller con las dimensiones anotadas en los planos, de manera que no haya empalmes en campo excepto en los lugares específicamente indicados en los planos, salvo autorización escrito por la SUPERVISIÓN.
- I.6 Todas las soldaduras se inspeccionarán por medio de radiografías, líquidos penetrantes o de algún otro procedimiento no destructivo, que permita tener la seguridad de que están correctamente aplicadas. Se deberá efectuar examen visual y corrección necesaria de todas las soldaduras que no cumplan con los requisitos indicados.

A.III.2 Accesorios.

- II.1 Las superficies que van a soldarse (bisel en placa, avellanados, y preparación de bulbos en varillas del N° 8, 10 y 12) deben estar lisas, uniformes y libres de rebabas, fisuras, grietas u otras imperfecciones que puedan afectar la calidad o resistencia de la soldadura.
- II.2 Para el ensamble deben prepararse los detalles de la junta a fin de obtener la posición más favorable para soldar, los miembros que van a unirse deben alinearse al máximo para disminuir las excentricidades
- II.3 Toda soldadura será ejecutada por soldadores que hayan sido calificados por un laboratorio acreditado al (EMA) Entidad Mexicana de Acreditación. precisamente por medio de las pruebas especificadas en el “Structural Welding Code-Steel D1. 1-75”, su apéndice “E” y su Rev. 1-76 de la American Welding Society (AWS)”.
- II.4 Se llevará a cabo una inspección continua con pruebas no destructivas sobre la soldadura elaboradas en planta y en campo.
- II.5 La clasificación de los electrodos para los procesos de soldadura serán acorde al metal base. Toda soldadura manual para el acero estructural será realizada con electrodos serie E-70xx que cumplan con la última edición de la especificación AWS A5.1 ó AWS A5.5 de la American Welding Society (AWS).
- II.6 Cuando sea requerido por la SUPERVISIÓN, el fabricante de los electrodos debe proporcionar un certificado en el que conste que los electrodos cumplen con los requisitos de la clasificación correspondiente.
- II.7 Clasificación de los electrodos para procesos de soldadura. Soldadura por arco con electrodo metálico recubierto:

NOM-B-6 grado 30, NOM-B-32 grado 30 **E70XX**.

NOM-B-6 grado 42, NOM-B-18 grado 42, NOM-B-32 grado42, NOM-B-457 **E90XX**.

A.III.3 Soldadura.

- III.1 Todos los soldadores que se empleen deberán estar calificados de acuerdo con las pruebas descritas en el “Structural Welding Code D1.1-75”, su apéndice “E” y su revisión 1.76 de la American Welding Society (AWS).
- III.2 No se ejecutará ninguna soldadura cuando las superficies estén mojadas o expuestas a la lluvia, a viento considerable o cuando los soldadores estén expuestos a severas condiciones ambientales.
- III.3 Todas las soldaduras a tope serán de penetración completa, precalificadas, de acuerdo a lo indicado en manual “AISC”.
- III.4 Los procesos de soldadura manual que se usen estarán de acuerdo con el Structural Welding Code D1.1-75 su apéndice “E” y su revisión 1-76 de la American Welding Society (AWS).

Los procesos permitidos son la soldadura de arco eléctrico con electrodo metálico recubierto y la soldadura al arco eléctrico sumergido. No se podrá usar la soldadura al arco eléctrico en gas inerte. Cualquier otro proceso deberá estar aprobado por escrito por la SUPERVISION.

- III.5 Los electrodos para soldadura al arco eléctrico con electrodo metálico recubierto se ajustará a la última edición de la “Specification for Mild Steel Arc Welding Electrodes A5.1”, o de la “Specification for Low Alloy Steel Covered Arc Welding Electrodes A5.5” de la American Welding Society (AWS).
- III.6 Los electrodos para soldadura al arco eléctrico sumergido se ajustarán a la última edición de la “Specification for Bare Mild Steel Electrodes and fluxes for Submerged Arc Welding A5.17” de la American Welding Society (AWS).
- III.7 Los electrodos de bajo hidrógeno que cumplan con la especificación A5.1 se comprarán en empaques herméticamente sellados o se secarán durante por lo menos 2 horas a temperaturas desde 230 °C (450 °F) hasta 260 °C (500 °F) antes de que sean usados. Los electrodos de bajo hidrógeno que cumplan con la especificación A5.5, se comprarán en empaques

herméticamente sellados o se secarán durante por lo menos una hora a temperaturas desde 370 °C (700 °F) hasta 430 °C (800 °F) antes de que sean usados.

Los electrodos que se desempaquen o se retiren del horno de secado se almacenarán inmediatamente a una temperatura de por lo menos 121 °C (250 °F). Los electrodos E-70-XX que no se usen dentro de las cuatro horas siguientes después de haber abierto el empaque o haber sido retirados de los hornos, se secarán en la forma descrita. No se permitirá el uso de electrodos que hayan sido mojados o humedecidos.

III.8 El precalentamiento y la temperatura entre pasadas estará de acuerdo con la siguiente tabla :

PROCESO DE SOLDADURA	ESPESOR DE LA PLACA MAS GRUESA POR SOLDAR	TEMPERATURA MINIMA	
		°F	°C
Soldadura al arco eléctrico con electrodo metálico recubierto, usando electrodos que no sean de bajo hidrógeno.	Hasta ¾"	No se requiere ♠	
	Mayor de ¾" y hasta 1 ½"	150	66
	Mayor de 1 ½" y hasta 2 ½"	225	107
	Mayor de 2 ½"	300	150
Soldadura al arco eléctrico con electrodo metálico recubierto, usando electrodos de bajo hidrógeno ó soldadura al arco sumergido.	Hasta ¾"	No se requiere ♠	
	Mayor de ¾" y hasta 1 ½"	50	10
	Mayor de 1 ½" y hasta 2 ½"	150	66
	Mayor de 2 ½"	225	107

♠ Cuando el metal base este a una temperatura igual o menor que 0 °C (32 °F), se precalentará cuando menos a 21 °C (70 °F).

A.III.4 Limpieza y protección.

La protección se hará según la secuencia siguiente :

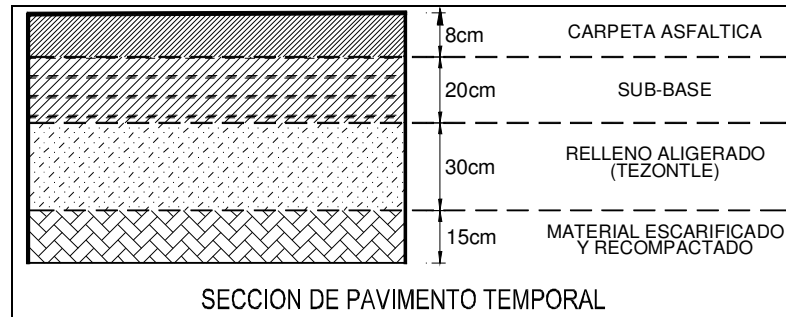
- IV.1 Limpieza de la superficie eliminando totalmente óxidos, grasas, aceite y otras impurezas. El nivel de la limpieza será el de aspecto “Comercial” y deberá darse con sopleteo de arena (sandblasteo) para obtener el aspecto especificado.
- IV.2 Se aplicará un recubrimiento anticorrosivo primario a base de Cromato de Zinc, (tipo Cromato de Zinc No. 1 EG1 y JO1 o similar aprobado por SUPERVISION), aplicado en el taller de construcción del elemento metálico. Esta aplicación se hará siguiendo las instrucciones del fabricante del producto que deberá provenir de envases cerrados por el propio fabricante. Se aplicará una mano a razón de 10-12 m² por litro.
- IV.3 Aplicación del acabado final en obra. Este se hará sobre superficies perfectamente limpias, secas y libres de grasa, aceite u otras impurezas, lo anterior aplicara en elementos expuestos.

ESPECIFICACIÓN GENERAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS TEMPORALES EN VIALIDADES A NIVEL.

A.IV.1 Pavimento temporal.

Para las obras de desvío vehicular temporal en la zona de construcción de las cimentaciones, el pavimento que se coloque será de tipo flexible y consistirá en una capa de material aligerado (tezontle), capa de Sub-base y Carpeta Asfáltica que cumplirán con las siguientes indicaciones:

- I.1** Se deberá excavar toda el área que ocupa la vialidad a 0.5 m bajo el nivel de terreno natural. La excavación se realizará en una sola etapa y con equipo ligero. En caso de existir rellenos no controlados deberán retirarse en su totalidad.
- I.2** El fondo de la excavación se escarificará a una profundidad de 15 cm, retirando cualquier material que pudiera ser nocivo al comportamiento del pavimento, como materia orgánica, materiales con excesiva humedad y consistencia muy blanda, cascajo y fragmentos líticos mayores a 4", etc. Posteriormente se recompactará al 80% (mínimo) respecto a la prueba AASHTO estándar (T-99), de no ser posible se colocará material de relleno aligerado (tezontle) propiciando la incrustación hasta obtener una superficie de trabajo uniforme.
- I.3** Tiempo seguido, se colocará el tezontle en una sola capa con espesor máximo de 30 cm en todo el ancho de la vialidad y hasta el nivel de desplante de la capa Sub-base. Las características del material serán las indicadas en el punto II.
- I.4** El pavimento se construirá sobre el relleno aligerado y estará constituido por capa Sub-base y Carpeta Asfáltica con los espesores mostrados en la figura 1. Las características de los materiales para ambos casos serán los mismos especificados para las dos capas en los incisos correspondientes del presente documento.



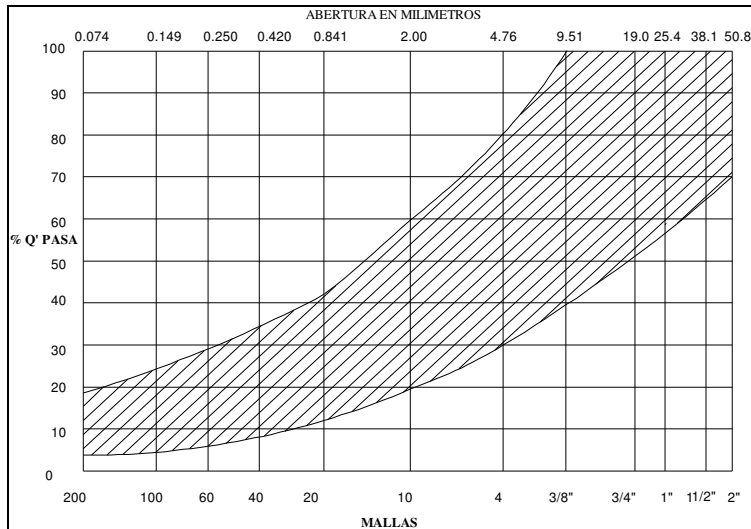
A.IV.2 Características de los materiales.

A.IV.2.1 Sub-rasante con material aligerado.

El material aligerado (tezontle) se colocará en capas de 30 cm (máximo), compactado por vibración con un rodillo de 4 a 6 t de peso y una frecuencia de vibración de 1200 a 1400 r.p.m., el cual se deberá aplicar seis pasadas por un mismo punto.

El material aligerado no deberá contener partículas plásticas, los fragmentos mayores a 4" no excederán el 30% y no más del 5% de fragmentos mayores a 8". La selección de los materiales podrá ser mediante cribado en banco, o bien mediante pepena en sitio.

Los últimos 10 cm el tezontle deberá presentar un aspecto cerrado, lográndose mediante una granulometría predominantemente arenosa y que preferente se ubique dentro del área sombreada de la figura.



Granulometría en relleno aligerado

- El material que pase por la malla 40 deberá cumplir con lo siguiente:

Límite líquido	20% (máximo)
Índice plástico	7% (máximo)
Equivalente de arena	70% (máximo)

En esta capa se colocarán las instalaciones municipales, además de satisfacer los niveles y pendientes de proyecto con el fin de mantener constante el espesor del pavimento

A.IV.2.2 Capa Sub-base.

Sobre el terraplén aligerado se formará la capa sub-base debiendo cumplir con las características siguientes:

Espesor	20 cm
Compactación AASHTO modificada (T-180)	95% (mínimo)
Granulometría preferente	Zona 2 (fig.3)
Tamaño máximo del agregado	1 1/2"
Contenido de finos	20% (máximo)
Valor relativo de soporte	80% (mínimo)
Equivalente de arena	35% (mínimo)
Valor cementante	3 Kg/cm ²

Características del material que pasa la malla No.40:

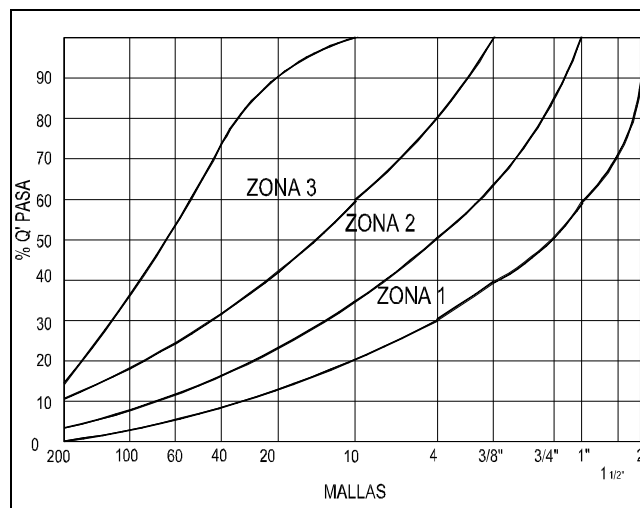
Límite líquido	30% (máximo)
Índice plástico	6% (máximo)
Contracción lineal	4% (máximo)

La Sub-base se formará con dos capas cuyo espesor máximo de cualquiera de ellas será del 60% del total, debiéndose compactar con equipo vibratorio.

Para dar por terminada la construcción de la capa Sub-base deberá verificarse el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo a lo fijado en proyecto con las siguientes tolerancias:

Ancho de sección	+ 10 cm
Nivel de la superficie	1 cm
Pendiente transversal	0.5%
Profundidad de depresiones con regla de 3.0 m	1.5 cm
Espesor	10%

Se aceptará en la compactación una variación de -2% en el 20% de las calas volumétricas, siempre que el grado de compactación promedio determinado sea mayor que el especificado. Se sugiere realizar una cala por cada 100 m³ de material colocado.



A.IV.2.3 Riego de impregnación

Una vez que la capa de base haya cumplido con las especificaciones, sobre la base seca, libre de polvo y partículas sueltas, se aplicará un riego de impregnación en base de emulsión catiónica de rompimiento medio RM-2K, en proporción de 0.70 l/m², la emulsión deberá cumplir con las características de la tabla I.

CARACTERISTICA	Rompimiento rápido	Rompimiento medio
Tipo	RR-2K	RM-2K
Viscosidad Saybolt Furol, 25° C	20-100	50-500
Residuo a la destilación, por ciento de peso, mínimo	60	60
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento máximo	5	5
Cubrimiento del agregado (en condición de trabajo). Prueba de resistencia al agua:		80
-Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo		60
-Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo		
Retenido en la malla núm. 20, por ciento máximo	0.10	0.10
Carga de la partícula.	positiva	positiva
Disolvente en volumen por ciento, máximo	3	20
Pruebas al residuo de la destilación	100-250	100-250
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo	97	97
Ductibilidad en cm	40	40

Nota : La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar mas del 30% al bajar su temperatura de 20°C a 10°C, ni bajar más de 30% al subir su temperatura de 20°C a 40°C

TABLA I

El riego se aplicará durante las horas más calurosas; de existir acumulaciones excesivas de asfalto, se retirarán mediante cepillos. En caso de existir posibilidades de lluvia, esta actividad se pospondrá y la base se protegerá mediante el sellado con rodillo neumático o bien con membranas de polietileno.

La base impregnada se cerrará al tráfico por 48 h (mínimo).

A.IV.2.4 Riego de liga.

Transcurridas 48 h (mínimo) de aplicado el riego de impregnación y 30 min antes de la colocación de la mezcla asfáltica, se aplicará el riego de liga una vez que el material de riego de impregnación penetrado y desfluxado. No deberá existir la posibilidad de lluvia durante la aplicación del riego y mezcla asfáltica, manteniendo en todo momento la superficie de aplicación limpia y seca.

El riego de liga se realizará con una emulsión catiónica de rompimiento rápido RR-2K, con las características que se expresan en la tabla I , con una proporción de 0.70 l/m² y penetración de 2 mm (mínimo).

La base impregnada se cerrará a cualquier actividad por un plazo de 48 h (mínimo). En caso de existir posibilidades de lluvia, el riego se pospondrá.

En caso de existir acumulación excesiva de material, deberá retirarse el exceso mediante cepillos.

A.IV.2.5 Carpeta Asfáltica.

Transcurridos 30 min del riego de liga se formará la carpeta asfáltica, mediante el tendido y compactado de mezcla elaborada en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cemento asfáltico.

La carpeta deberá cumplir con las características siguientes:

Espesor	8 cm
Compactación Marshall	95% (mínimo)
Temperatura de colocación	110 - 120 °C
Temperatura de terminado	70 °C (mínimo)
Permeabilidad	6% (máximo)
Absorción total	24 hr (máximo)

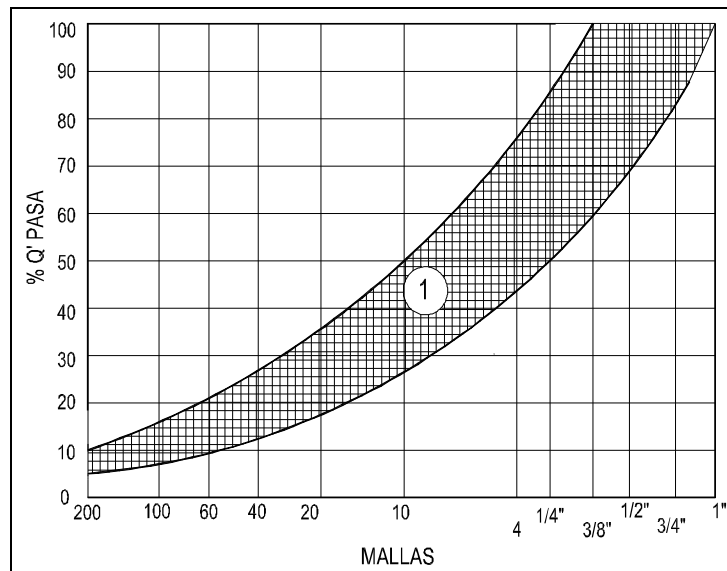
La carpeta se formará en una capa, siempre que se garantice la compactación uniforme.

Las características del material pétreo, mezcla y cemento asfáltico deberán cumplir con las siguientes especificaciones.

a) Material pétreo

Material triturado.

Granulometría preferente	Zona I (fig.4)
Tamaño máximo	3/4"
Contracción lineal	2% (máximo)
Desgaste	40% (máximo)
Absorción	7% (máximo)
Partículas de forma alargada	35% (máximo)
Equivalente de arena	55% (máximo)



b) Cemento asfáltico.

Tipo	No. 6
Penetración	100g, 5s, 25 ⁰ C, 90-100 ⁰ C
Viscosidad Saybolt-Furol (135 ⁰ C)	85 (mínimo)
Inflamación (Cleveland)	230 ⁰ C (mínimo)
Reblandecimiento	50 ⁰ C (mínimo)
Solubilidad en tetracloruro de carbono	99.5% (mínimo)
Ductilidad	25-100 cm

Prueba de la película delgada, 50 cm³, 5hr, 163⁰C:

Penetración retenida	50% (máximo)
Pérdida por calentamiento	1% (máximo)

La afinidad con el material pétreo deberá cumplir con:

Desprendimiento por fricción	25% (máximo)
Cubrimiento con asfalto	90% (mínimo)
Pérdida por estabilidad por inmersión al agua	25% (máximo)

c) Mezcla asfáltica.

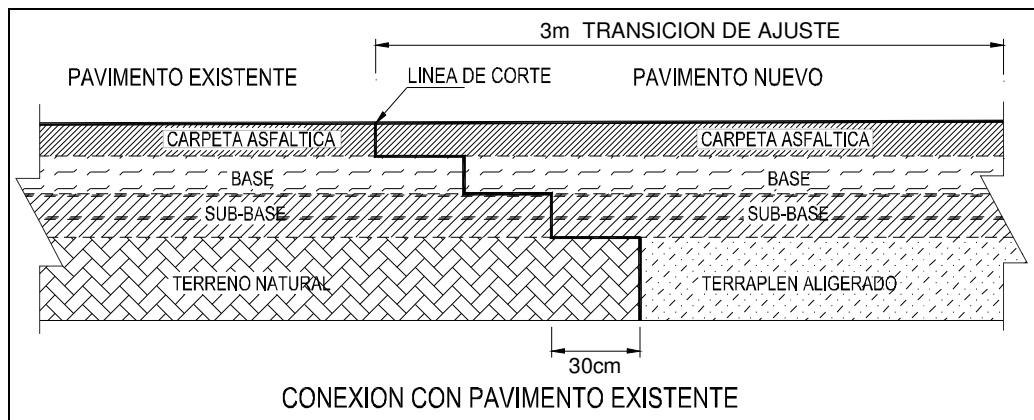
La mezcla asfáltica deberá cumplir con los siguientes puntos:

Estabilidad	700 kg (mínimo)
Flujo	2 - 4 mm
Porcentaje de vacíos (VAM)	12% (mínimo)
Porcentaje de vacíos en la mezcla respecto al espécimen	3 - 5%

d) Riego de sello.

Una vez verificadas y cumplidas las características de la carpeta es recomendable aplicar un riego de sello sobre ésta para impermeabilizarla. El riego se realizará con lechada de cemento-agua en proporción de cemento/área de 0.8 l/m^2 .

La conexión entre los pavimentos de la vialidad y los del puente (nuevos) se realizará de forma escalonada, conservando cada escalón un ancho mínimo de 30 cm.



En caso de que la estructura nueva presente espesores de capas diferentes a los existentes se deberá considerar una zona de transición con una longitud de 3.0 metros (mínimo).

BIBLIOGRAFÍA.

- Información digital, verbal y escrita proporcionada directamente por el personal de campo y gabinete en la obra.
- Manual del Sistema de Gestión de la Empresa (SiGE).
- Normatividad y legislación aplicable y vigente.
- Estudio de Mecánica de Suelos para el proyecto.
- Procedimientos Técnicos Constructivos aplicables.
- Planos y especificaciones particulares del proyecto: 03-TAX-MSU-300-III-002-E-01

Reglamento de Seguridad e Higiene de la Empresa Constructora