



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Proceso constructivo de pasos vehiculares
inferiores a base de muros prefabricados de
concreto presforzado Av. Oceanía.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

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

P R E S E N T A:

JOSÉ ALEJANDRO CANO NERIA



DIRECTOR DE TESIS: ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO

MEXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/103/05

Señor
JOSÉ ALEJANDRO CANO NERIA
Presente

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

"PROCESO CONSTRUCTIVO DE PASOS VEHICULARES INFERIORES A BASE DE MUROS PREFABRICADOS DE CONCRETO PRESFORZADOS AV. OCEANÍA"

- INTRODUCCIÓN
- I. DESARROLLO DEL PROYECTO
- II. OBRAS INDUCIDAS
- III. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN
- IV. CONCLUSIONES

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 19 Octubre 2005.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/AJP/gar.

Agradecimientos

A mis padres J. Alejandro Cano Granados y Luz Maria Neria Cedillo por la educación que me han otorgado, por su cariño y sus consejos que me han dado a lo largo de toda mi vida.

A mi hermana Ileana Cano Neria por haberme aguantado mi carácter todos estos años.

A mi Tia Act. Hortensia Cano Granados por haberme ayudado cuando la necesité.

Al personal de la DGOP que me facilitó información para la realización de esta tesis, en especial al Ing. Fco. Javier Moreno, Arq. Bernardo y al Ingeniero Jesús Zarco.

A mi director de tesis Ing. Carlos Manuel Chavarri Maldonado por haber aceptado dirigir el presente trabajo.

A mis sinodales por haber aceptado formar parte de mi jurado.

INDICE

I.	DESARROLLO DEL PROYECTO	4
I.1	Estudios previos	4
I.1.1	Inventario del Sentido de Circulación.....	5
I.1.2	Aforos direccionales.....	5
I.1.3	Aforos vehiculares.	6
I.1.4	Aforos Peatonales.....	8
I.1.5	Análisis de capacidad.	8
I.1.6	Sondeos.....	8
I.1.7	Diagnóstico	11
I.1.8	Pronóstico.....	12
I.1.9	Impacto Ambiental.	13
I.1.9.1	Estimación de emisiones contaminantes y residuos.....	13
I.1.9.2	Estimación de generación de residuos sólidos y líquidos.....	15
I.1.9.3	Estimación del ruido	15
I.1.9.4	Medidas para prevenir, minimizar, restaurar o compensar los impactos de la obra.	15
I.2	Descripción del proyecto	16
I.2.1	Ubicación del proyecto.....	16
I.2.2	Características.....	17
I.2.3	Objetivo del proyecto	18
I.2.4	Secuencia de obra, procedimiento constructivo	18
I.2.5	Materiales a utilizarse en la etapa de construcción.	23
II.	OBRAS INDUCIDAS	25
II.1	Agua potable	25
II.1.1	Procedimiento de excavación y contención	26
II.1.2	Prueba hidrostática	29
II.1.3	Prueba de desinfección.....	31
II.1.4	Conexión de desvió (maniobra de pegue).....	32
II.2	Drenaje.....	35
II.2.1	Excavación para tuberías de drenajes	35
II.2.2	Unión de tubería de polietileno de alta densidad	37
II.2.3	Construcción de pozos de visita y cajas de conexión y deflexión.	38
II.2.4	Colocación de rellenos.....	44
III.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	45
III.1	Muros prefabricados.....	45
III.1.1	Habilitado del acero de refuerzo	46
III.1.2	Cimbra.....	49
III.1.3	Tensado	50
III.1.4	Colado.....	51
III.1.5	Curado con vapor.....	52
III.2	Excavación del núcleo.....	55
III.2.1	Excavación de zanja y construcción de brocales	55
III.2.2	Excavación de trinchera	57
III.2.3	Excavación de trinchera bajo línea B	62
III.2.4	Colocación de lodo bentonítico, lodo fraguante y tablestaca	64
III.2.4.1	Materiales.....	68

III.2.4.2	Mezcla.....	68
III.2.4.3	Elaboración	69
III.2.5	Abatimiento del NAF	72
III.2.6	Excavación del núcleo.....	74
III.2.7	Colocación de troqueles.....	77
III.2.8	Construcción de losas.....	81
III.2.9	Construcción de la guarnición y parapeto	85
III.2.10	Rellenos locales.....	86
III.3	Concretos.....	86
III.3.1	Materiales.....	87
III.3.2	Elaboración del concreto.....	88
III.3.3	Colocación	90
III.3.4	Curado del concreto.....	91
III.3.5	Control de calidad	91
III.3.6	Pavimento Rígido.....	93
III.3.6.1	Juntas de construcción en pavimento rígido	94
III.3.7	Pavimento flexible sobre techo del deprimido	96
III.3.7.1	Capa de base.....	97
III.3.7.2	Riego de impregnación	99
III.3.7.3	Riego de liga.....	101
III.4	Carpeta Asfáltica	102
III.5	Cárcamo de bombeo.....	106
III.5.1	Excavación de zanja y construcción de brocales	106
III.5.2	Excavación de trinchera	107
III.5.3	Colocación de lodo fraguante y tablestaca.....	108
III.5.4	Bombeo.....	110
III.5.5	Excavación del núcleo.....	111
III.5.6	Colocación de troqueles.....	112
III.5.7	Construcción de losas.....	113
III.5.8	Hincado de tubería	117
CONCLUSIONES		120
ANEXO 1		123
Resultado de pruebas de resistencia muestras de concreto.....		123
Registro de tensado y curado con vapor.....		125
Anexo 2		128
Maquinaria utilizada		128
Galería de Deprimidos		132
BIBLIOGRAFÍA.....		135

INTRODUCCIÓN

El transporte y la red vial en la Ciudad de México, así como del Área Metropolitana, han tenido un crecimiento constante que no se ha logrado conjugar ordenadamente, por lo que ha sido necesaria la incorporación de elementos de control, canalización del tránsito y la construcción de puentes vehiculares en las vialidades primarias, para operar con máxima eficiencia y seguridad, reduciendo tiempos de recorrido y emisiones de contaminación.

Es importante tomar en cuenta el crecimiento de la población y la imperante necesidad de traslado a sus principales centros de actividad, provocando que las vialidades se vean saturadas en las horas pico, en que la entrada y salida repercuten directamente en un incremento en el tiempo de recorrido, así como en los índices de contaminación por las aglomeraciones viales que se dan, las que aumentan considerablemente en esos periodos del día. Esta situación se hace más palpable en las vialidades primarias como es el caso de la Av. Oceanía que forma parte del Eje Troncal Metropolitano, además de ser la puerta de entrada y salida, de manera directa, del Estado de México con el Distrito Federal; es por esto que cobra especial importancia, debido a que miles de usuarios la utilizan al mismo tiempo aumentando considerablemente el tráfico vehicular, creando disminución de la capacidad de las vías, o funcionamiento inadecuado de los cruces para el tipo de tránsito que circula por ese lugar, generando conflictos y , como consecuencia, grandes filas de vehículos en espera.

Debido a la problemática generada a través de las concentraciones del parque vehicular, ha surgido la necesidad de obtener un mayor rendimiento de la red vial existente, ocasionando ampliaciones e integración a través de obras estructurales de tipo puntual (elevada, deprimida, y/o mixta).

Sin embargo, la construcción de nuevas vías, así como la ampliación de la red de transporte colectivo, no siempre constituye la alternativa de solución para disminuir la problemática de congestión, es decir, aun cuando coadyuvan a la movilidad vehicular y de viajes persona-día. Éstas requieren de un apoyo a través de acciones

como lo es una infraestructura puntual, orientada a la movilidad del parque vehicular, logrando una integración más directa no sólo a nivel local o zonal, esta continuidad de la red vial amplía la comunicación logrando la intercomunicación a nivel regional, obteniendo una eficiencia acorde a las necesidades de la ciudad o Área Metropolitana.

A medida que los problemas de movilidad y desplazamiento de vehículos y personas se fueron tratando con nuevas líneas y ampliaciones a la red existente de transporte masivo, ha ido enriqueciéndose la trama vial, dando como resultado una mayor cobertura del esquema vial primario a nivel zonal, sin embargo en algunos puntos principalmente a nivel regional requieren de ampliaciones o de enlaces. Tal es el caso de los Pasos Inferiores sobre la Av. Oceanía que tiene como objetivo dar continuidad al Eje Troncal Metropolitano para ligar Ciudad Azteca, con la Delegación Xochimilco y así avanzar hacia una integración de la red primaria, tanto transversal como longitudinal, acorde al plan rector de la vialidad, utilizando el proyecto que considera éste estudio, lo cual permite que con ésta nueva obra puntual de un paso mas a la integración de la red vial primaria de la Ciudad de México.

En el presente trabajo se desarrolla el procedimiento constructivo de los pasos vehiculares inferiores ubicados sobre avenida Oceanía, a la altura de las calles de Asia y Liberia, dentro de La Delegación Venustiano Carranza. Dicho procedimiento es a base de muros prefabricados de concreto presforzado.

Este trabajo se divide en cuatro capítulos:

En el primer capítulo se presentan los estudios de la problemática del tránsito, con la cual se trata de justificar la realización del proyecto. Enseguida se describe el proyecto de los pasos vehiculares inferiores.

El segundo capítulo trata de las obras inducidas, como son el desvío de las líneas de agua potable y drenaje. Se mencionan las características del material utilizado, además se describe el procedimiento de excavación y ademe de la zanja, instalación de la tubería y conexiones con la red de agua potable y drenaje, así como las prueba hidrostática y desinfección para el caso de la tubería de agua potable, por último se describe el proceso de relleno y compactación.

En el tercer capítulo se describe el procedimiento de construcción de los muros y tabletas prefabricados, así como una breve descripción de las instalaciones de una planta de prefabricados. Enseguida se describe detalladamente el proceso de excavación para el hincado de los muros prefabricados, desde la construcción del brocal, la excavación guiada y termina con la excavación del núcleo. Además se describir el proceso de hincado de los muros prefabricados.

En este capítulo se hace mención de los lodos bentonítico y fraguante que son parte importante en el proceso de excavación, así como el procedimiento del control del nivel freático.

También se describen los concretos que se utilizaron para la losa de fondo y las juntas entre muros, así como el concreto asfáltico utilizado para la reconstrucción de la carpeta asfáltica. Por último se describe el proceso constructivo del cárcamo de bombeo y la importancia que tiene en los pasos vehiculares.

En el cuarto capítulo se presentan las conclusiones, en las cuales se mencionan los beneficios de este proyecto y las ventajas del procedimiento constructivo con elementos prefabricados.

I. DESARROLLO DEL PROYECTO

I.1 Estudios previos

La obra se encuentra al oriente de la Ciudad de México, perteneciente a la Delegación Venustiano Carranza, se localiza la Av. Oceanía y las calles de Asia y Liberia.

Teniendo a sus alrededores un uso de suelo habitacional y sobre la Av. Oceanía lado Nor-oriental, en donde se observa un uso de suelo mixto; en la planta baja de las construcciones se ubican comercios. Para realizar este estudio, se consideró un radio de acción de 500 metros de diámetro de la zona de la obra.

Para conocer con precisión la geometría existente de la zona de estudio, se realizó un levantamiento topográfico y reporte físico, en el cual se indica que la Av. Oceanía cuenta con mobiliario urbano adecuado; los señalamientos horizontales y verticales, no siendo el mismo caso de la Av. Marruecos, en el que mobiliario urbano se encuentra en regular estado.

De la zona de estudio la Av. Oceanía cuenta con iluminación por ambas aceras, señalamiento horizontal y vertical; así mismo, está dotada de casetas telefónicas en algunos puntos y parabús. Así mismo, sobre la Av. Marruecos como ya se indicó anteriormente, cuenta con señalamiento horizontal y vertical en regular estado, cuenta con iluminación por ambas aceras, puestos de periódicos y parabús.

La zona de estudio cuenta con un uso de suelo mixto, sobre la Av. Oceanía en especial del lado Nor-oriental además de áreas de servicio como banco y gasolinera, existen unidades habitacionales en ambas aceras de la Av. Oceanía; sobre la Av. Marruecos se tiene un uso de suelo mixto, habitacional y comercial.

La Av. Oceanía con uso de suelo mixto, se encuentra ubicada en sentido Nor Oriente, Sur poniente respecto de la zona de obra, con ambos sentidos de circulación en sus carriles centrales y laterales, además sobre ésta vialidad circula la línea "B" del metro elevado que va de la colonia Guerrero, en el Distrito Federal a Ciudad Azteca, Estado de México.

Las vialidades que confluyen sobre la Av. Oceanía son del tipo de vialidad primaria y secundaria de la Ciudad de México, la Av. Oceanía es parte del Eje Troncal que mueve grandes flujos vehiculares.

A fin de conocer todos aquellos aspectos que influyen en la operación de la zona de estudio, se realizaron una serie de inventarios y estudios de campo, para poder contar con todos los elementos que intervienen en el funcionamiento de la zona, para ser considerados en la elaboración de la alternativa de la solución.

I.1.1 Inventario del Sentido de Circulación.

En la zona de estudio se identificaron los sentidos de circulación de Av. Oceanía, Av. Marruecos, Av. Del Peñón y Transvaal (Eje 2 Norte), así como de todas las calles que tienen acceso a esta vialidad.

La Av. Oceanía actualmente cuenta con ambos sentidos de circulación, Nor – Oriente, Sur Poniente, separados por una franja física, así mismo la Av. Marruecos cuenta con ambos sentidos de circulación Sur oriente a Nor Poniente y viceversa también separados por una franja física, la Av. del Peñón y Transvaal (Eje 2 Norte) con un solo sentido de circulación de Sur oriente a Nor Poniente.

A fin de conocer los flujos vehiculares que circulan por la zona de influencia, se realizaron aforos de manera manual para recopilar los datos en lugares específicos como Av. Oceanía y Av. Marruecos; llevándose a cabo una diferenciación por tipo de movimiento y de vehículos, estimando que con la nueva obra aliviará en un 40% el congestionamiento vehicular que presentan actualmente estas vialidades.

I.1.2 Aforos direccionales.

Los aforos direccionales más significativos que se dan en la zona y que están comprendidos dentro del área de estudio, son los que se presentan en la intersección de la Av. Oceanía y la Av. Marruecos, siendo el movimiento direccional mas fuerte el que se da de Av. Marruecos sobre la Av. Oceanía en dirección Nor-Oriente. Estos movimientos en las horas pico generan demoras, dado que el transito que pretende dar vuelta a la izquierda obstruye dos y hasta tres carriles en la intersección para almacenar y dar vuelta.

Como consecuencia, una mayor pérdida de tiempo, mayor consumo de combustible y un incremento considerable de emisiones de contaminantes. Ante estas situaciones, los tiempos de los semáforos no son suficientes, ya que el flujo vehicular en las horas de máxima demanda, es mayor que el que se logra despejar con los ciclos que actualmente tiene la intersección.

I.1.3 Aforos vehiculares.

A fin de conocer los flujos vehiculares que circulan por esta intersección, se realizaron aforos de manera manual, para recopilar los datos en lugares específicos dentro de la intersección, llevándose a cabo una diferenciación por tipo de movimiento y de vehículo, clasificándolos en las siguientes categorías:

CLAVE	VEHICULO	VEHICULOS POR HORA
A	AUTOMÓVIL	7,846
B	AUTOBUS	844
C	VEHICULO PESADO	180
D	TRANSPORTE COLECTIVO	730

Los aforos fueron realizados por personal técnico, quienes realizaron los estudios de campo en días hábiles representativos de una semana, llevándose a cabo las investigaciones durante 16 horas, a fin de identificar los tres periodos de mayor demanda que se dan a lo largo del día en la zona de estudio, identificándose como la hora de máxima demanda de 7:00 a 8:00 horas, con un total de 9,600 vehículos por hora.

I.1.4 Aforos Peatonales

La afluencia peatonal observada es elevada en el cruce de Av. Oceanía con la Av. Marruecos por el uso de suelo existente, que se compone principalmente de zona habitacional, comercial y de servicios, en consecuencia, existe un volumen elevado de peatones, que cruzan estas vialidades atraídos por estos polos existentes en la acera Sur – Oriente de la zona de la obra. En la actualidad, este cruce es muy inseguro para los usuarios por las vueltas izquierda que actualmente se dan y además que la Av. Oceanía es una vialidad rápida y de acceso controlado.

Con la construcción de estos Pasos Inferiores se resuelven los movimientos direccionales que se dan en la intersección, por lo que se tiene proyectado cancelar el cruce de Av. Oceanía con Av. Marruecos con la finalidad de darle continuidad al Eje Troncal Metropolitano; con ésta medida se inducirá a los peatones a utilizar el puente peatonal existente, mismo que se encuentra en la actualidad subutilizado, adicionalmente se tiene contemplado implementar el cruce de peatones por el acceso a la estación del metro Romero Rubio.

I.1.5 Análisis de capacidad.

Aplicando las técnicas de ingeniería de tránsito, se evaluaron todos y cada uno de los accesos por medio de Synchro versión 3, el cual permite modelar y optimizar tiempos, además de determinar los niveles de servicio y demoras.

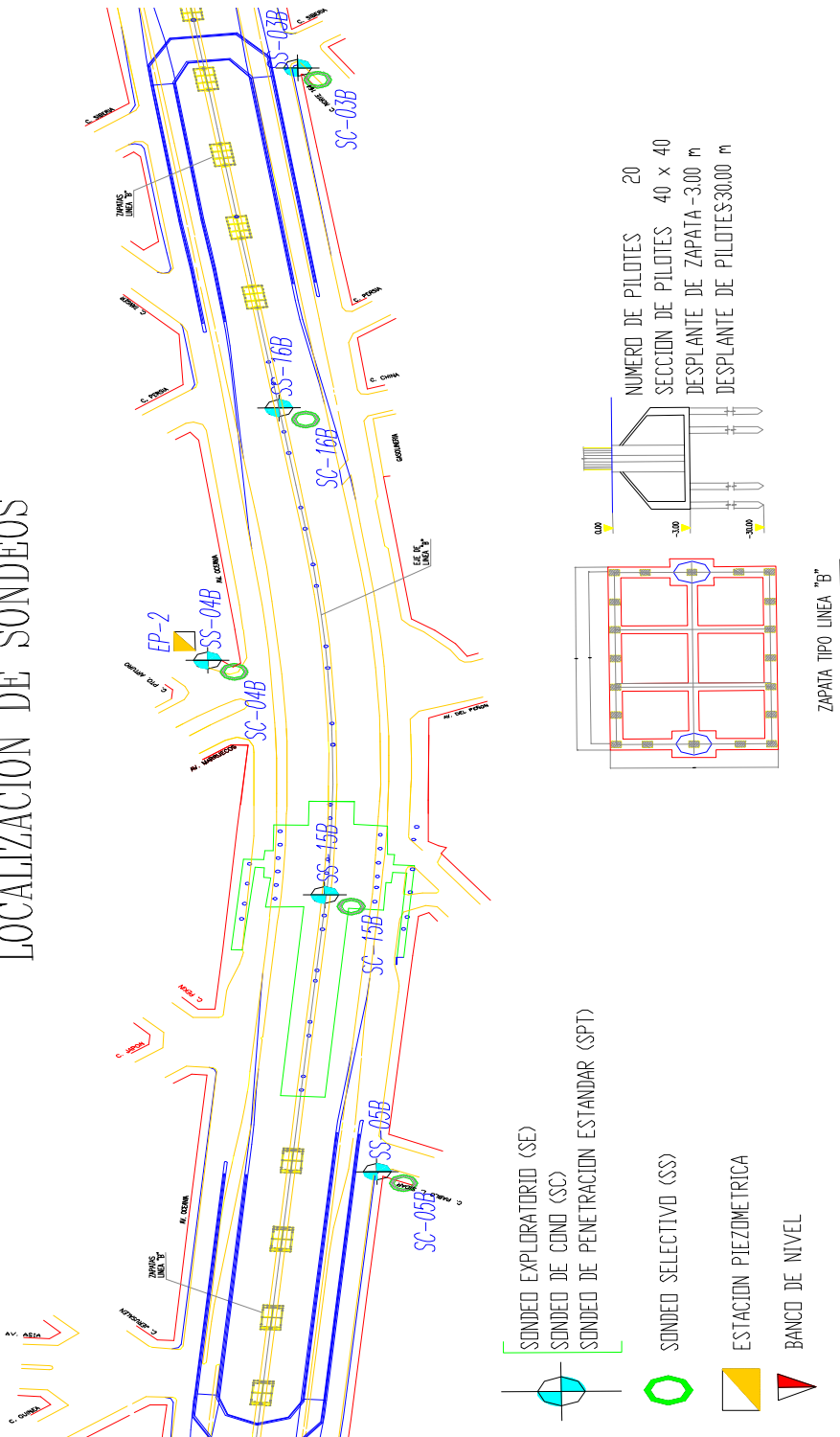
Para el cálculo de los niveles de servicio se consideró un volumen de 950 vehículos por hora y por carril. Cabe hacer mención que cada paso vehicular cuenta con una sección de 6.50m. para alojar dos carriles que darán la capacidad suficiente para los movimientos direccionales.

I.1.6 Sondeos

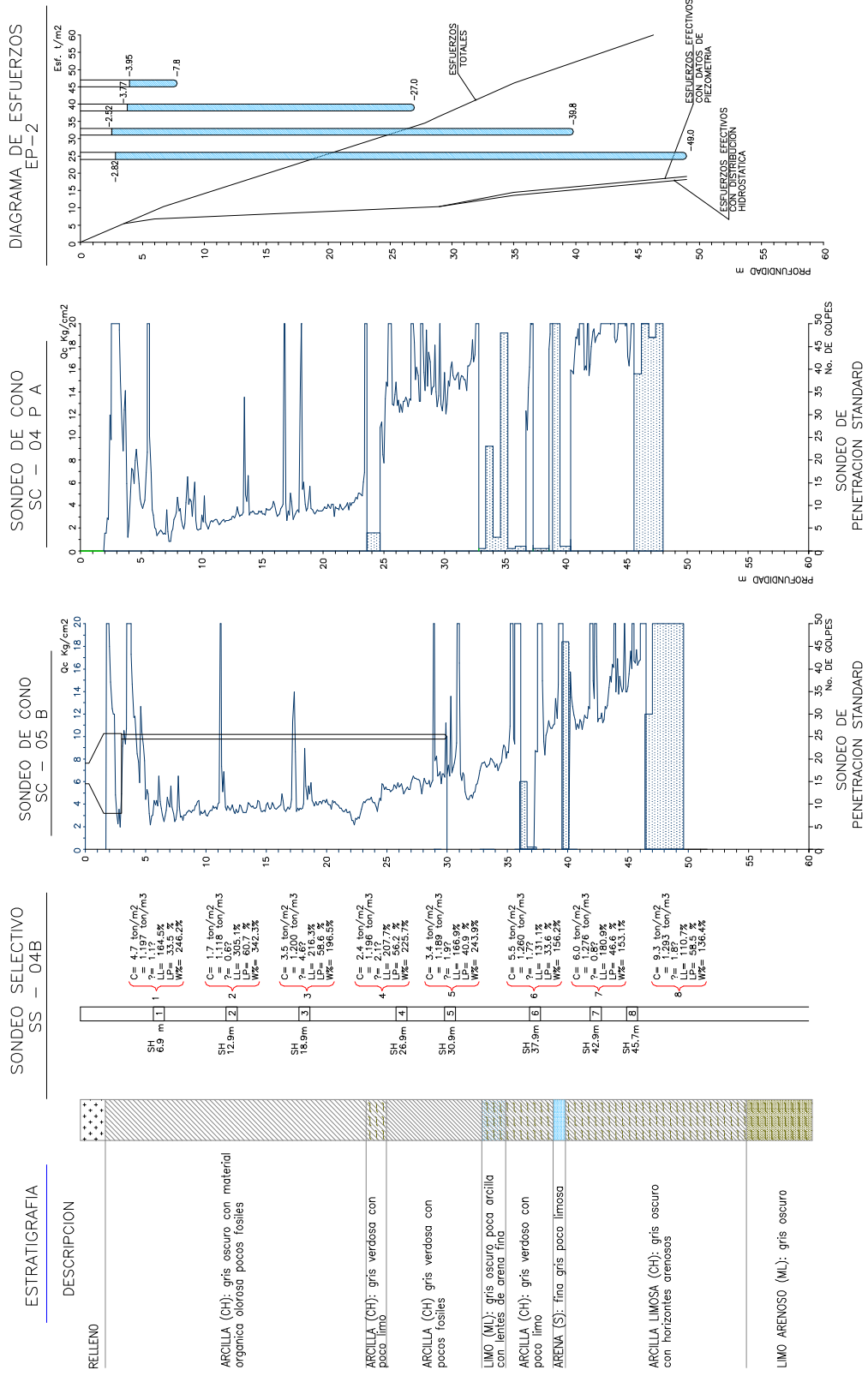
Para conocer la estratigrafía de la zona se realizaron sondeos con la prueba de penetración Standard. Con esta prueba es posible recuperar muestras de suelo, además de conocer la resistencia del suelo por medio del conteo de los golpes suministrados para el hincado del tubo Shelby.

Con las muestras de suelo fue posible determinar las propiedades índice, las cuales son de gran importancia para la determinación del tipo de cimentación. En las gráficas siguientes se muestran algunos sondeos que se realizaron dentro de la zona de afectación, así como los resultados de los estudios realizados a las muestras de suelo.

DEPRIMIDOS DE PUENTE MARRUECOS
LOCALIZACION DE SONDEOS



PERFILES ESTRATIGRAFICOS



En los resultados obtenidos de la prueba de penetración y pruebas de laboratorio, se observa una estratificación típica de la zona lacustre del Valle de México; en la costra superficial tenemos una capa de relleno, seguida de un estrato de arcilla con presencia de materia orgánica, intercalada con pequeños estratos de limos y arenas.

De acuerdo a la amplia información experimental del subsuelo de la Ciudad de México y a los resultados de las propiedades índice y mecánicas del suelo, en esta zona lacustre se presentan asentamientos importantes por consolidación cuando se aplican sobrecargas que exceden la carga de preconsolidación y hundimientos regionales inducidos por el abatimiento de la presión piezométrica en los acuíferos.

El nivel de agua freática se encuentra alrededor de los 3.5 m de profundidad, durante la excavación del núcleo se tendrá la necesidad de bajar el nivel de agua freática con ayuda de una batería de pozos que se operará de forma secuencial, este proceso se describe en los capítulos siguientes.

I.1.7 Diagnóstico

Con la realización de ésta obra se permite, como ya se mencionó anteriormente, dar continuidad al Eje Troncal Metropolitano y reducir con esto, los tiempos de recorrido y demás beneficios que esto conlleva, al trasladarse de la Ciudad Azteca a la Delegación Xochimilco, que operará con un nivel de servicio "B".

Una vez evaluado el proyecto pretendido, se desprende que éste, tendrá como efecto puntual en el trazo de la Avenida Oceanía, los siguientes beneficios:

- La solución de los conflictos de convergencia y divergencia del tránsito vehicular en las intersecciones a nivel que conforman actualmente las avenidas Oceanía, con la Avenida Marruecos y Transvaal, permitiendo con esto, una circulación continua en la Avenida Oceanía.
- Se permitirá en movimiento direccional de la lateral y carriles centrales que vienen en sentido Nor Oriente hacia el Sur Poniente, para que continúen hacia la Avenida Gran Peñón, o bien, Consulado, o a la Colonia Moctezuma. En sentido Sur Poniente hacia el Nor Oriente, se tendrá la posibilidad de continuar hacia la Avenida Marruecos en sentido Nor Oriente.

- La obra funcionará también como otra alternativa para el arribo al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, a través de la calle Quetzalcoatl.
- Mejoramiento de las condiciones de vialidad, con el incremento de la velocidad de circulación en los carriles centrales de la Avenida Oceanía, con repercusión en las vialidades de las calles o avenidas aledañas.
- Integración de las políticas metropolitanas de desarrollo urbano, transporte y medio ambiente.
- Vinculación con las políticas de desarrollo sustentable a nivel federal, del Estado de México y el Distrito Federal.
- Disminuirá las emisiones contaminantes vehiculares en la zona, al incrementarse la velocidad promedio de desplazamiento del flujo vehicular, así como los niveles de ruido.
- Se aprovechará el derecho de vía.
- Generará empleos en su etapa de construcción.
- Contribuirá a modernizar la imagen urbana.
- No se expropián predios.
- Mejoramiento de infraestructura y señalización vial general.

I.1.8 Pronóstico

El pronóstico de la actividad económica y del uso del suelo de la zona es de importancia, debido a que la generación futura de los viajes que utilizarán el sistema vial que se prolonga, está íntimamente relacionada con las características de dichos elementos.

Para conocer el comportamiento de los volúmenes de tránsito y las condiciones de operación que tendrá la zona en estudio una vez realizados los Pasos Inferiores, en un horizonte de 15 a 20 años, se consideró una tasa de crecimiento de tipo exponencial del 5 % anual, de acuerdo a las estimaciones de la Secretaría de Transporte y Vialidad.

El diseño y reordenamiento de la red vial son dinámicos por necesidad, debiendo ser revisados periódicamente y modificado según lo requieran los cambios que se

presenten, considerando la evolución que vaya teniendo el uso del suelo, así como las innovaciones tecnológicas que pudieran surgir en el transporte.

Dentro del proceso de reordenamiento, el conocimiento de la demanda es uno de los puntos más importantes que se deberá obtener y manejar. La información de tránsito en las intersecciones y su relación con la oferta de las mismas, permiten conocer las características necesidades de movilidad en el área de estudio, así como los niveles de servicio de dichas intersecciones.

I.1.9 Impacto Ambiental.

I.1.9.1 Estimación de emisiones contaminantes y residuos.

Las emisiones a la atmósfera generadas por la construcción del proyecto se refieren únicamente a las generadas por los vehículos y el equipo de combustión interna que se usará, así como las partículas suspendidas que se generarán, producto del movimiento de tierras en la construcción de los Pasos Vehiculares.

En la etapa de operación, el proyecto no generará emisiones a la atmósfera. Por el contrario, la operación del proyecto permitirá la reducción de emisiones debido a la optimización del tráfico vehicular de la zona y sus alrededores.

Con el fin de obtener una primera aproximación de la cantidad de emisiones que se ahorrarán por la construcción de los Pasos Vehiculares, se llevó a cabo un estudio de aforos, de una de las intersecciones con mayor demanda de flujo vehicular; que viene siendo la intersección de la Av. Oceanía – Av. Marruecos. Para lo cual se realizó una estimación con base en las siguientes consideraciones:

- Se obtuvieron los datos de la composición de la flotilla vehicular del plano de aforos.

Tabla 1.1 Composición de la flotilla vehicular

Tipo de vehiculo	Fracción en la flotilla	Vehículos/hora
Automóviles	0.817	7,846
Combis y microbuses	0.076	730

Camión de carga	0.019	180
Autobuses	0.088	844

- Los factores de emisión para cada tipo vehicular se obtuvieron del inventario de emisiones de la Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (2000).
- Se realizó una estimación considerando los aforos realizados para el proyecto. El promedio de vehículos se estimó en 9,600 por hora.
- Se calculó una optimización de 594 metros en el flujo vehicular, con un aumento en la velocidad promedio de 25 Km/h a 55 Km/h.
- Se obtuvieron las emisiones por día por multiplicación simple de los factores de emisión por el trayecto recorrido y la composición de la flotilla vehicular.

Tabla 1.2. Emisiones de contaminantes conseguidas por la operación del Puente vehicular. Emisiones en kg./día

Tipo de vehiculo	HCT	CO	NOx	PM10	SO2
Automóviles	233.3	2,691.6	2.4	2.4	7.3
Microbuses	57.1	620.20	20.5	0.9	0.7
Camión de carga	14.0	152.9	4.8	0.4	0.2
Autobuses	38.9	1,031.9	126.0	11.4	3.9
Total	343.3	4,496.6	153.7	15.1	12.1

La reducción en emisiones de contaminantes debido a la construcción del puente vehicular se estima, bajo las suposiciones establecidas arriba, en 343.3 kg. de hidrocarburos totales, en 4,496.6 kilogramos al día de monóxido de carbono, 153.7 kilogramos de óxido de nitrógeno, 15.1kg. de partículas suspendidas con diámetros menores a 10 micrómetros y 12.1 kg. de dióxido de azufre.

1.1.9.2 Estimación de generación de residuos sólidos y líquidos

No se generan residuos sólidos y líquidos durante la construcción de la obra, a salvedad de los obtenidos en la remoción del pavimento anterior, remoción de banquetas y material del suelo. El cascajo obtenido es cargado en camiones que lo trasladarán al bordo Xochiaca. El material terroso obtenido de la remoción será reutilizado en la nivelación del proyecto.

1.1.9.3 Estimación del ruido

Durante la etapa de construcción, el ruido generado está asociado con la operación de los equipos. Se estima entre las 8:00 a las 18:00 horas de un nivel cercano a los 50 decibeles (A) en el perímetro de trabajo.

1.1.9.4 Medidas para prevenir, minimizar, restaurar o compensar los impactos de la obra.

- Debido a que la obra se localiza en un punto de alto flujo vehicular, por ser una vialidad primaria y que, además, funciona en algunos tramos como vialidad de acceso controlado. Por ello, los vehículos de transporte de material y obra circularán por la noche.
- Los vehículos de transporte de material serán cubiertos con una lona para evitar la dispersión de partículas.
- Se evitará que el material de construcción sea depositado en áreas verdes.
- El área verde afectada será restaurada al término de la obra. De manera particular cada individuo arbóreo que no sea trasplantado será sustituido en la proporción cuatro por uno de la misma especie.
- Se implementará un programa de poda y fumigación de la zona arbolada en una longitud de 250m a cada lado de los Pasos Vehiculares Inferiores, sobre la Av. Oceanía.
- En caso de que se implemente la fase dos del plan de contingencia ambiental se suspenderá el tendido de carpeta asfáltica, bacheo y toda actividad que requiera la utilización de solventes.

I.2 Descripción del proyecto

I.2.1 Ubicación del proyecto

Intersección Avenida Oceanía entre Asia y Liberia, colonia Romero Rubio Delegación Venustiano Carranza. México, Distrito Federal (figura 1)

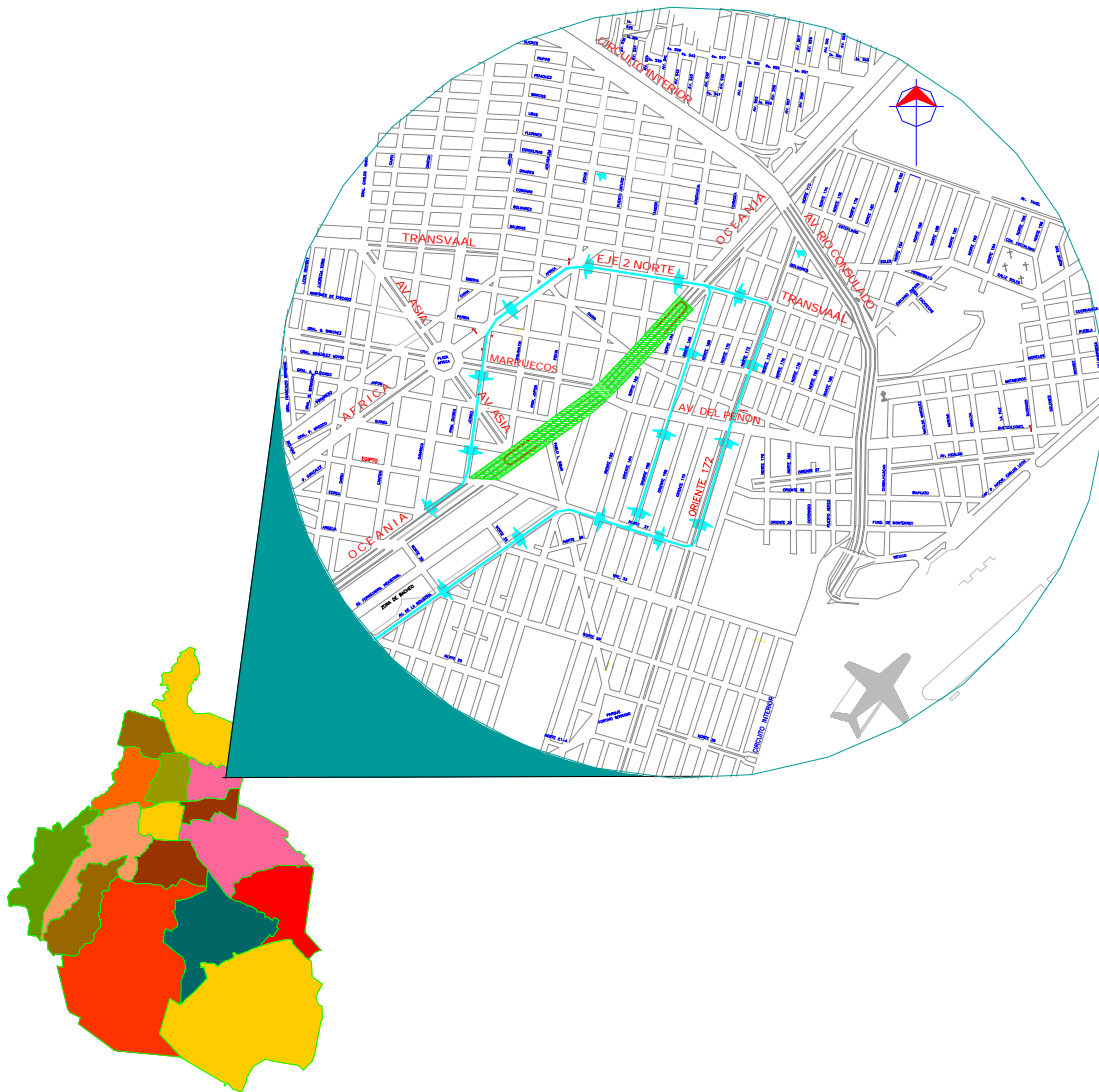


Figura 1. Ubicación del proyecto

Tomando en consideración la información de campo, los usos del suelo y las condiciones operativas de la zona, así como las necesidades que tiene la misma área, se desarrolló un proyecto que permite resolver de la mejor manera la problemática de

ese lugar y como consecuencia el ofrecer una alternativa más de comunicación a la población que radica en esa zona.

I.2.2 Características

El proyecto tiene una naturaleza de obra civil del tipo infraestructura vial, que consiste en la construcción de dos Pasos Vehiculares inferiores en forma de “U” (retornos) localizados sobre la Av. Oceanía a la altura de las calles Asia y Liberia en la colonia Romero Rubio, delegación Venustiano Carranza, con lo cual se permitirá el cambio de sentido a desnivel de dicha avenida y en consecuencia la circulación continua en ésta sobre sus carriles centrales, al suprimir los semáforos de la Avenida Marruecos y Transvaal, así como permitir otra alternativa de llegada y salida del aeropuerto internacional de la Ciudad de México, a través de la calle Quetzalcoatl.

Estos pasos inferiores se construirán a base de muros prefabricados de concreto presforzado de altura variable y 1.00 metro de espesor, la cimentación es de tipo compensada, losa de fondo colada in situ con sección transversal de 6.50m por 1.00m, tabletas prefabricadas que formarán la cubierta superior en dichos pasos, la pendiente longitudinal de entrada es del 8 % y la de salida del 6 %; cada puente incluye dos carriles, con una sección transversal de 6.50 m, la cual se amplía en el máximo de la curva hasta 12 m. El área de desplante total es de seis mil metros cuadrados y una superficie por construir de seis mil doscientos cuarenta y cinco metros cuadrados. El paso Sur Poniente, tiene una longitud radial de trescientos doce punto cincuenta metros y el paso vehicular Nor Oriente, doscientos ochenta y uno punto cincuenta y cinco metros radiales. La capacidad proyectada es para una circulación de mil novecientos vehículos por hora.

En su conjunto, el proyecto dispone de las siguientes especificaciones:

CONCEPTO	m²
Superficie de desplante	6,000.00
Superficie de construcción	7,245.00
Superficie de áreas verdes	1,245.00
Superficie de vialidades	6,000.00

CONCEPTO	m
Longitud radial paso Sur Poniente	312.55
Longitud radial paso Nor Oriente	281.55
Sección transversal mínima (dos carriles)	6.50
Sección transversal máxima (dos carriles)	12.00
CONCEPTO	m³
Volumen de demolición	2,175.00
Volumen de excavación	40,457.00

I.2.3 Objetivo del proyecto

El objetivo principal de esta obra es dar continuidad al proyecto del eje troncal metropolitano, con la finalidad de comunicar la zona metropolitana desde Ciudad Azteca, en el estado de México, hasta prolongación División del Norte, en una longitud de 37 km., como vía de acceso controlado. Actualmente se encuentra en estudio incrementar en 7 km. la vía para conectarla con la carretera federal México – Cuernavaca, por lo que su longitud sería de 44 km.

Con este objetivo se pretende reducir los tiempos de traslado e índices de contaminación, además de desfogar la carga vehicular que se genera en el cruce de Avenida Oceanía y Marruecos.

I.2.4 Secuencia de obra, procedimiento constructivo

Para la realización de dicho proyecto, se requiere llevar una secuencia de obra que permita ejecutar adecuadamente el proceso constructivo, previniendo tiempos muertos, y en consecuencia perdidas financieras así como un desfase en los tiempos de ejecución de la obra. A continuación se presentan las cuatro etapas

- 1.- Trazo y nivelación.
- 2.- Preparación del sitio (retiro de postes de alumbrado y alta tensión, tala y/o traslape de árboles.)
- 3.-Obras preliminares y obras inducidas

4.-Obra civil: Excavación, obras hidráulicas, estructura, losa de fondo, superestructura, construcción del cárcamo, alumbrado público, pavimentos, señalamiento horizontal y vertical, áreas verdes y limpieza.

Estructura: la estructura comprende la colocación de muros de contención prefabricados de concreto presforzado de altura variable, que alojaran las tabletas prefabricadas, y la colocación de los muros de contención en la zona cubierta consiste en elaboración de zanja para la construcción de brocales, excavación con almeja guiada para alojar muros y colocación de lodo estabilizador, colocación de muros precolados, así como, inyección de lodo fraguante, primera etapa de excavación y troquelado de muros y brocales, segunda etapa de excavación y troquelado superior y colocación de lastre, armado y colado de losa de fondo, retiro de puntal y colocación de losa tapa y relleno de concreto de los huecos de los muros, armado, colado de segunda etapa de losa superior, retiro de puntal superior y relleno final.

El procedimiento constructivo en la zona abierta inicia con la elaboración de zanja para la construcción de brocales, excavación con almeja guiada para alojar muros y colocación de lodo estabilizador, colocación de muros precolados, así como, inyección de lodo fraguante, primera etapa de excavación y troquelado de muros, segunda etapa de excavación y troquelado interior y colocación de lastre, armado y colado de losa de fondo, relleno de concreto de los huecos de los muros y retiro de puntales.

Superestructura: En esta etapa se inicia la colocación de tabletas prefabricadas. Para estas maniobras se requerirá la utilización de una grúa con pluma. Una vez terminado éste concepto se inicia el habilitado de acero y posteriormente el vaciado del concreto premezclado para el firme de compresión, suministrado por camiones revolvedora con una capacidad de 7 m³, bombeado dicho concreto con un brazo telescópico.

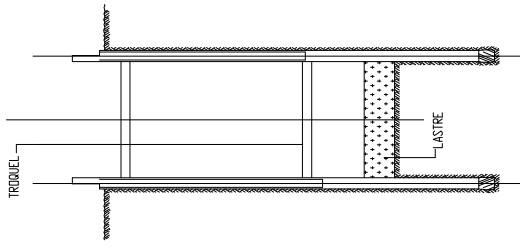
Alumbrado público: La actividad implica el tendido de tubería para cableado de alumbrado, la colocación de bases para poste y colocación de postes y luminarias a una altura aproximada de 9m de altura.

Pavimentos: Una vez conformada la estructura y las terracerías, se procede a colocar una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor incluyendo los riegos de liga, la

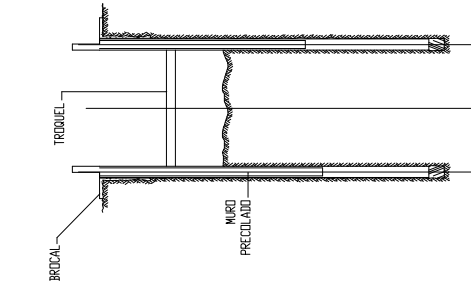
construcción de guarniciones de concreto premezclado, parapeto metálico de protección y banquetas.

Señalamiento horizontal y vertical: En esta etapa se coloca la postería que contendrá los dispositivos verticales para el control de tránsito, así como el señalamiento horizontal sobre el pavimento, que consiste en la pinta de guiones, líneas continuas, etc. a base de pintura termoplástica con microesfera.

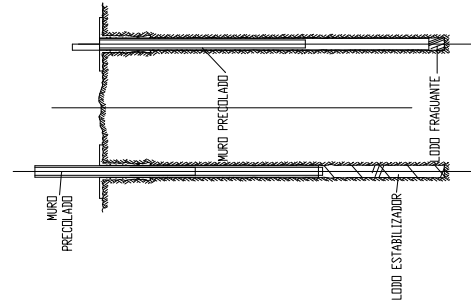
Áreas verdes: Durante el proceso de adecuación del área terrestre, se conformarán a su vez las áreas que quedarán arboladas, ya sea a través de los traslapes de árboles que sean factibles y recomendables a utilizar, o bien con la incorporación de nuevos organismos.



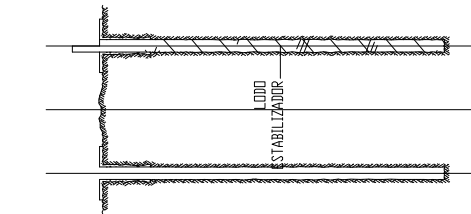
5ª SEGUNDA ETAPA DE EXCAVACION, TROQUELADO INTERIOR Y COLOCACION DE LASTRE



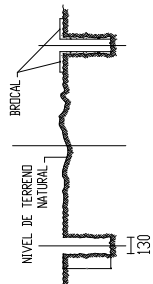
4ª PRIMERA ETAPA DE EXCAVACION Y TROQUELADO DE MURO.



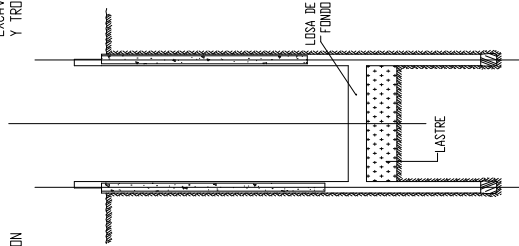
3ª COLOCACION DE MUROS PRECOLADOS DEBIDAMENTE ALINEADOS, ASI COMO INYECCION DE LODO FRAGUANTE.



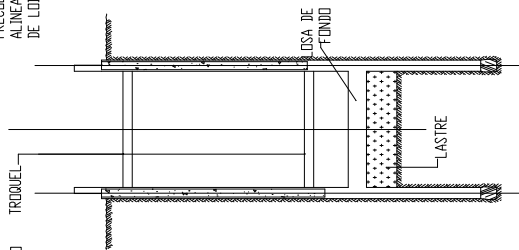
2ª EXCAVACION CON 'ALMEJA' GUADA Y COLOCACION DE LODO ESTABILIZADOR



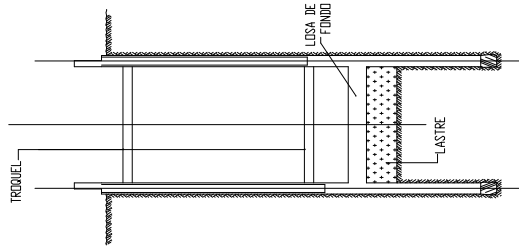
1ª ELABORACION DE ZANJA Y BROCALES



8ª RETIRO DE PUNTALES.



7ª RELLENO DE huecos de muro con concreto



6ª ARMADO, COLADO Y FRAGUADO DE LOSA DE FONDO

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN ZONA ABIERTA

I.2.5 Materiales a utilizarse en la etapa de construcción.

En la tabla 1.3 se presenta el material requerido por el proyecto.

Tabla 1.3 Materiales utilizados en etapa de construcción

MATERIAL	VOLUMEN TOTAL
Muros prefabricados	212 pzas.
Tezontle	782 m ³
Tepetate	11,608 m ³
Grava cementada	2,215 m ³
Asfalto rebajado tipo RL-2K	8,052 lt.
Emulsión asfáltica tipo RR-2K	4,697 lt.
Concreto asfáltico	1,665 ton
Cemento	182 ton
Madera para cimbra	101,543 m ²
Concreto hidráulico	23,906 m ³
Acero de Refuerzo	901.7 ton
Acero estructural A-36	128 ton
Guarniciones de concreto	3,350 m
Banquetas de concreto	1,980 m ²
Tabique recocido	60,794 pzas.
Tubo de concreto	305 m
Pintura	295 lt.

Postes de alumbrado	35 pzas.
Cable de cobre	8,739 m
Luminaria vapor de sodio 250 wts.	122 pzas.
Tierra negra	664 m ³
Pasto Washington bent	2,705 m ²

II. OBRAS INDUCIDAS

Al realizar los estudios y localización de las redes de tuberías, se encontró que la red de agua potable y alcantarillado interferían con la construcción de los pasos vehiculares. Por lo que se presentó la necesidad de desviar dichas redes en el tramo afectado.

La longitud desviada de la tubería de drenaje fue de 178.32 metros, los cambios direccionales se realizaron con la construcción de cajas de visita coladas en sitio, el diámetro de la tubería fue de 42" de polietileno de alta densidad.

Respecto a la tubería de agua potable la longitud desviada fue de 144.00 metros, los elementos que se utilizarán para dicho desvío fueron válvulas, codos de acero de 45° habilitados en obra, atraques y juntas gibault, el diámetro de la tubería es de 20" de polietileno de alta densidad, esta tubería se unió por el proceso de termofusión.

A continuación se presenta el proceso constructivo de la excavación y colocación de los desvíos de la tubería de agua potable y de drenaje, así como especificaciones de las pruebas hidrostática y desinfección.

II.1 Agua potable

Una vez detectadas las interferencias y realizadas las adecuaciones necesarias para efectuar los trabajos (retiro de mobiliario e instalaciones, etc.), se trazó en campo la geometría del elemento por excavar con el sobre ancho necesario.

En la tabla 2.1 se indica el ancho y profundidad de las zanjas para cada tipo de tubería afectada por la construcción de las cimentaciones del puente vehicular:

Tabla 2.1 Tuberías afectadas por la construcción del deprimido

DIÁMETRO	TIPO	PROF. (m)	ANCHO ZANJA (m)	SOBRE- ANCHO (m)	d (cm)	e (cm)
4" (10 cm)	Agua Potable	1.00	0.60	0.25	10	4

20" (51 cm)	Agua Potable	1.50	1.20	0.34	10	15
30" (76 cm)	Drenaje	2.50	1.40	0.32	10	10
42"(105 cm)	Drenaje	5.40	1.95	0.45	15	10

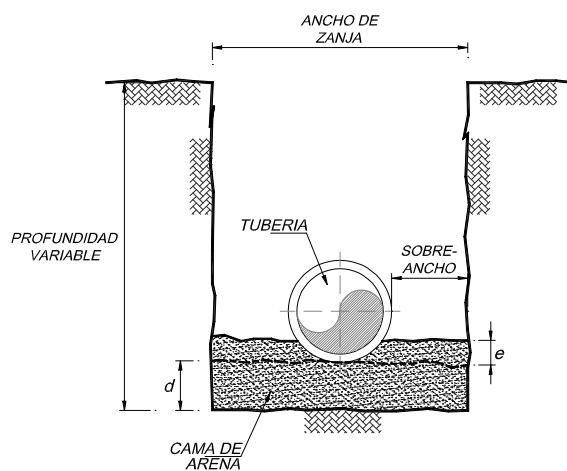


Figura 2. Corte para excavación de tuberías

Para la realización de las obras inducidas se cerró la circulación sobre las laterales, restringiendo el tránsito vehicular cerca de la excavación, así como la habilitación de pasos peatonales con su respectivo señalamiento.

II.1.1 Procedimiento de excavación y contención

Para la tubería de agua potable la excavación se ejecutó en una sola etapa, colocando un sistema de contención temporal (ademe) a base de tablonés, polines, largueros, etc., el cual se describe a continuación.

Una vez trazada la geometría de la excavación se realizan los cortes necesarios con ayuda de una cortadora de disco diamantado sobre el pavimento, enseguida se procedió a romper el concreto asfáltico con ayuda de rompedoras neumáticas.

A continuación se inició la excavación de la zanja con equipo mecánico ligero (retroexcavadora), excavando el ancho indicado en proyecto hidráulico. Los últimos 30 cm se excavaron con herramienta manual para evitar el remoldeo del desplante.

Los tramos de avance son de una longitud máxima de 20 m, estos de acuerdo a especificaciones pueden permanecer abiertos un tiempo máximo de 3 días. Conforme avanzaba la excavación se implementaba un sistema de ademe.

El sistema de ademe consiste básicamente en la colocación de tablonces verticales a lo largo de la pared vertical de la excavación y en ambos lados, estos son fijados con polines horizontales (largueros) en tramos no mayores a 2 m. Los largueros se colocan a la mitad de la altura que existe entre el lomo de la tubería y el nivel de terreno natural.

Los largueros se apuntalan mediante polines (puntales) que se calzan perfectamente con cuñas de retaque.

Los polines empleados tienen las dimensiones mínimas de 6" x 6" y los tablonces de 10' x 1' x 2", (Figura 3).

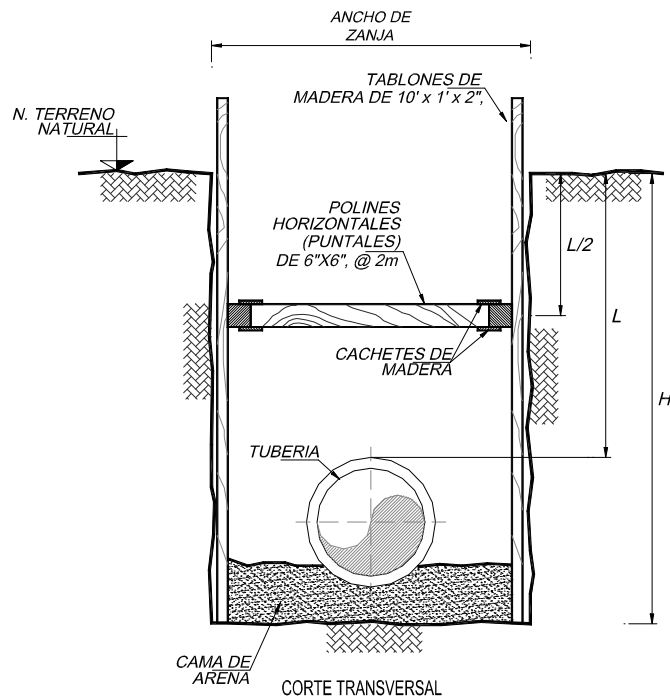


Figura 3. Detalle de troquelamiento

Es necesario contar con estructura de ademe suficiente para poder usar conforme avanza la excavación y colocación de rellenos; este se utiliza en zonas para proteger la excavación durante el tendido de la tubería, el ademe es retirado conforme avance el relleno.

Para evitar anegación por lluvia en las zanjas, se construyeron cárcamos de bombeo para realizar un bombeo de achique con el fin de ejecutar los trabajos adecuadamente.

Una vez afinado el fondo de la excavación se coloca la cama de arena, con las dimensiones de proyecto, enseguida se coloca el tramo de la tubería y se empieza a encostillar con pizones manuales hasta los 20 cm arriba de lomo de tubería, cuidando que el material de relleno (tepetate) tenga una humedad adecuada para asegurar una buena compactación.

La compactación se realiza en capas de 20 cm con ayuda de compactadores neumáticos y con rodillos vibratorios, hasta alcanzar una compactación del 95% AASHTO estándar (T-99)

La unión de la tubería se realizó con el proceso de termofusión a tope, en esta obra se decidió unir toda la tubería, posteriormente con ayuda de un camión-grúa se fue colocando la tubería conforme avanzaba la excavación de la zanja.

El proceso de termofusión se describe a continuación:

Se montan los dos extremos de los tubos sobre el carro alineador, enseguida se sujetan con las mordazas de fijación de tal modo que los extremos sobresalgan.

En seguida se refrendan los tubos colocando el biselador en medio de ambos extremos de las tuberías a tratar. Después se presionan los extremos contra el biselador, accionándolo para obtener un refrendado correcto. Una vez hecho esto las caras no deben ser tocadas. Se debe verificar el paralelismo de los extremos.

Terminado lo anterior, se coloca el disco de teflón entre los extremos de los tubos, estos se comprimen contra el disco. El tiempo y la presión que se debe suministrar a los tubos están en función del diámetro de la tubería.

Una vez que se termina de calentar los extremos de los tubos, se retira el termoelemento y se juntan inmediatamente los dos extremos de los tubos aplicando una fuerza gradual hasta llegar a la especificada por el fabricante. La fuerza final se mantiene hasta que la temperatura de la soldadura haya bajado hasta unos 70 °C.



Figura 4. IZQ carro nivelador; DER: Termofusión para tubería de agua potable

Una vez unida y tendida la tubería y con tramos de relleno compactado se realiza la prueba hidrostática que a continuación se describe.

II.1.2 Prueba hidrostática

Para la realización de la prueba hidrostática deben de seguirse los lineamientos establecidos por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (S. A. C. M.) referentes a incrementos de presión y toma de lecturas; la presión de prueba a la que deben someterse las tuberías de proyecto es de 1.5 veces la presión de trabajo, es decir para una tubería de clase A-5 (5 Kg./cm^2 de presión de trabajo) debe probarse a una presión de 7.5 Kg./cm^2 , una tubería de clase A-7 debe probarse a una presión de 10.5 Kg./cm^2 , etc. Es necesario un control en la aplicación de los incrementos de presión, ya que una vez cargada y purgada la línea se efectúan los incrementos de presión de forma controlada estableciendo rangos para la toma de lecturas.

La tubería que se utilizó fue de clase A-7, para esta clase los incrementos de presión se realizan de la siguiente manera: al inicio de la prueba se levanta la presión de 0 a 3 kg/cm^2 , en este momento se efectúa un registro de lectura del manómetro, se observa el sostenimiento de la presión, si llegase a presentar una disminución de la presión se

verifica alguna falla o avería en la línea, el tiempo recomendable para observación en este punto de la prueba es de 30 minutos, como resulta satisfactorio se continúa con la prueba, incrementando la presión de 3 a 6 kg/cm² siguiendo las recomendaciones anteriores y así sucesivamente se va incrementando la presión hasta llegar a los 10.5 kg/cm², tomando las lecturas correspondientes. Es importante de no sobrecargar la línea.

El procedimiento para la ejecución de la prueba hidrostática requiere que una vez tendida la tubería entre los cruceros de pegue, se coloquen las extremidades con tapa ciega en los extremos del tramo de prueba, se construyan los atraques provisionales para la prueba a fin de garantizar el comportamiento adecuado de la tubería y por consiguiente la correcta ejecución de la prueba hidrostática.

Enseguida se instala la bomba manual y las válvulas, así como los accesorios necesarios para el llenado y purga de la tubería, en las figuras 5, se muestran dos despieces necesarios para la ejecución de la prueba hidrostática.

Durante la fase de llenado se recomienda la aplicación de la sustancia para la desinfección del tramo de prueba para obtener de esta manera una distribución uniforme de la solución. A continuación se verifica el llenado completo de la tubería mediante las válvulas de purga instaladas en las secciones de manómetros. Una vez purgada la línea se instalan los manómetros en las secciones indicadas.

Para la etapa de incremento de presión, descrita al principio, el flujo de inyección se suministra mediante la bomba de prueba de operación manual.

Durante esta fase se efectúa la medición del volumen de inyección del fluido, se utiliza para tal fin un aforador de gasto o medidor instalado en la línea.

Se lleva un registro de los incrementos de presión, tiempo de lectura, variación de la presión, etc. El tiempo que deber mantenerse la tubería con la presión de prueba normalmente es de 6 horas, durante el cuál no debe haber pérdidas del volumen de fluido y de presión, mediante el cumplimiento de estas condiciones de comportamiento en el tramo, se establece la validez de la prueba hidrostática, estas lecturas deben ser tomadas y conciliadas con el personal autorizado para la aprobación de la prueba.

Una vez aprobadas la prueba hidrostática y de desinfección por el personal autorizado de la Dependencia, se procede al vaciado de la línea, se retira el manómetro, se abren las válvulas de purga con el control adecuado para desfogar la presión inyectada, se retiran las piezas para llenado y ejecución de la prueba hidrostática y posteriormente se retiran las tapas ciegas y/o las extremidades para vaciar completamente la tubería. Una vez retiradas las tapas se realiza el pegue inmediatamente.

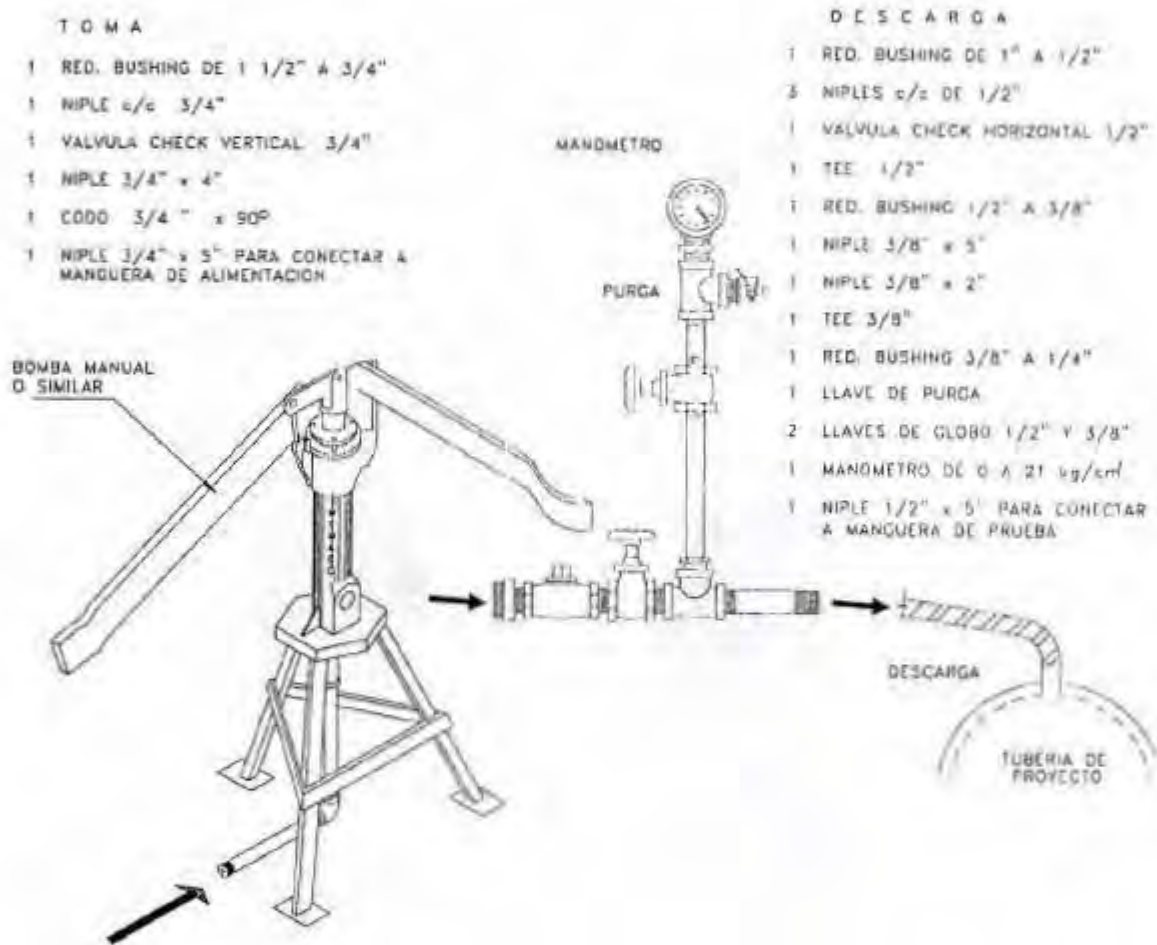


Figura 5. Detalles de armado para la prueba hidrostática

II.1.3 Prueba de desinfección

Es obligatorio realizar la prueba de desinfección para las tuberías de agua potable, para lo cual se aprovecha el llenado de la tubería para agregar la solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 1 gramo en 5 litros de agua.

Se toman muestras de agua en los extremos de prueba posteriormente a la ejecución y aprobación de la prueba hidrostática y antes del vaciado de la tubería. Las muestras son de aproximadamente 500 ml. Y se almacenan en recipiente de plástico con tapa, para su análisis en laboratorio, de donde se toman los parámetros de calidad (ph y p.p.m. de hipoclorito) para determinar la suficiencia de la prueba de desinfección.

En caso de no cumplir con las mínimas recomendaciones deberá efectuarse nuevamente la prueba, por lo tanto se recomienda no vaciar la tubería hasta que no se haya aprobado la prueba de desinfección.

Todos los trabajos deben ser supervisados por el personal autorizado de la Dependencia.

II.1.4 Conexión de desvió (maniobra de pegue)

Para realizar la maniobra de “pegue” o conexión del desvío de la tubería, es necesario tener la autorización oficial de la Dependencia encargada de la operación de la infraestructura hidráulica, por ningún motivo se deben cerrar válvulas sin autorización. La maniobra debe ser programada entre la Dependencia, supervisores y constructor, estableciéndose una hora para la ejecución de los pegues, la duración varía entre 6 y 8 horas máximo.

Como ya se ha mencionado, una vez tendido el tramo de la tubería, colados atraques, rellenos, aprobadas las pruebas hidrostáticas y de desinfección, verificados los alineamientos horizontales y verticales, armados y revisados los cruceros y demás piezas especiales (juntas gibault, válvulas, extremidades, carretes, bridas, tramos de tubería, etc.) tanto por la supervisión, como por el personal de operación hidráulica, se estará en condiciones de realizar la maniobra de pegue, debiéndose presentar un programa de ejecución de trabajos, donde se desglosa el tiempo de cada actividad, materiales y equipos a emplear, personal que ejecutará la maniobra, etc., cada frente es indispensable y se debe atacar al mismo tiempo. Este programa se sujeta al tiempo establecido por la Dependencia, es revisado y aprobado por la supervisión autorizada, se verifican materiales, equipos y personal, y una vez aprobado se solicita a la Dependencia la autorización y programación de la fecha de pegue, esta solicitud se realiza 48 horas antes de la fecha estimada de la maniobra, una vez autorizada y

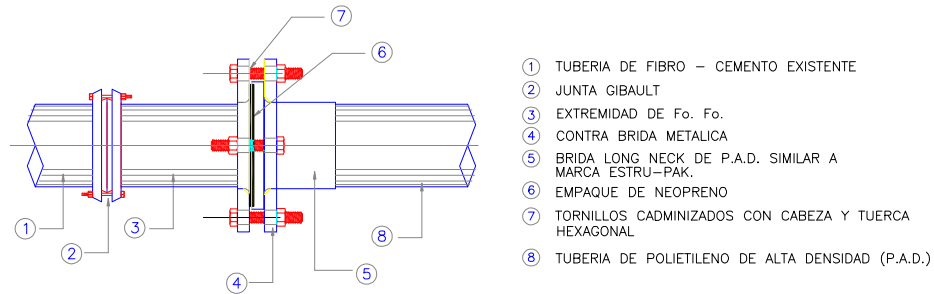
establecida la hora de inicio de trabajos, la Dependencia revisa que se encuentren los materiales, equipos y personal indicados, esta revisión se efectúa por lo general 2 horas antes de la hora de inicio, en la cual se decide si se cierran válvulas o se suspende la maniobra.

Una vez autorizado el pegue y habiéndose cerrado las válvulas, se rompe el tubo existente para desfogarlo (desaguarlo), canalizando el agua hacia un cárcamo para extraerla mediante equipo de bombeo.



Figura 6. Tubería de A.P. lista para iniciar el corte.

Los trabajos continúan con el corte del tubo hasta donde se haya marcado, con ayuda de una cortadora de disco, se preparan los extremos, se baja el crucero armado previamente, se alinea y calza perfectamente, se miden y cortan los tramos de tubo, uniéndolos mediante juntas gibault, adecuadamente acopladas verificando que las gomas estén correctamente colocadas, se colocan los tornillos y tuercas apretándolos de forma alternada.



DETALLE DE TRANSICION DE MATERIALES

Figura 6.a Detalle de transición de materiales

Enseguida se construyen los atraques definitivos de concreto premezclado con una resistencia de $f'c=200 \text{ kg/ cm}^2$, este se colocó con ayuda de canalón y compactado con vibradores de inmersión. Para restablecer el servicio, se colocan atraques provisionales a base de perfiles IPR hincados, las especificaciones permiten atraques a base de tubos de acero apoyados a las paredes de la caja o de la excavación, utilizando tablonces, placas y cuñas de retaque.



Figura 7. Desvío de la tubería de A. P.

Una vez terminado el pegue y restaurado el servicio, se afina la excavación para construir la caja de válvulas, se llega a nivel de desplante y se coloca una plantilla de concreto pobre premezclado con una resistencia de $f'c=100 \text{ kg/ cm}^2$, con ayuda de un canalón, sobre la plantilla una vez fraguado en concreto se habilita el acero y se cuele la losa de fondo, a continuación se cimbra las paredes con triplay y enseguida se cuele.

El colado fue suministrado por un camión revoladora, antes de iniciar el colado se verificó que el concreto tuviera el revenimiento de proyecto y se tomaron muestras del concreto para posteriormente realizar las pruebas de compresión; el vibrado se realizó con 2 vibradores de inmersión. Una vez que el concreto adquiriera su resistencia mínima se inicia el cimbrado de la losa tapa y posteriormente el armado del acero de acuerdo a planos de proyecto. Enseguida se cuela la losa tapa con concreto mezclado en planta, el colado se realizó con canalón y vibrado con vibradores de inmersión. El concreto suministrado tubo una resistencia de $f'c=250 \text{ kg/ cm}^2$.

Por último se descimbra y se coloca la escalera de FoFo, así como la tapa hasta el nivel de la vialidad.

Una vez acreditada las pruebas hidrostáticas y de desinfección se continúa con el relleno de la zanja en capas de 20 cm con ayuda de pizones vibrantes hasta llegar al desplante de la capa de asfalto, en este proceso se verificó que el material compactado contara con la humedad óptima para una adecuada compactación.

II.2 Drenaje

II.2.1 Excavación para tuberías de drenajes

Una vez trazada la trayectoria del desvío se procede a realizar el corte con disco del concreto asfáltico, después se inicia el rompimiento de esta con rompedores neumáticos.

Como se puede observar en la figura 8 la excavación para el drenaje se situaba cerca de los postes de alta tensión. Para prevenir algún daño a la estabilidad de los postes por su cercanía a la zanja, se realizó un apuntalamiento (patas de gallo) a cada uno de estos.

Este consistió en el hincado de dos perfiles IPR de 8" x 59.8 kg/m con ayuda de la retroexcavadora, soldados a un sistema de perfiles y a un anillo de placa que sujetaba el poste.

Una vez terminado se habilitó para el paso de los peatones y se inició la excavación de la zanja.

Con ayuda de una retroexcavadora se inició la excavación de la zanja de acuerdo a proyecto, conforme iba aumentando la profundidad la maquina iba afinando las paredes de la zanja, la longitud máxima de excavación permitida era de 12 m.



Figura 8. Izq. Estabilización de los postes de alta tensión. Der. Excavación para tubería de drenaje

El frente de las excavaciones presenta taludes con relación 1:1. El proyecto sufrió algunas modificaciones en las especificaciones de construcción tal es el caso de la excavación y troquelamiento para el drenaje; está se pretendía excavar en tres etapas, las cuales se sustituyó por una, debido a la rapidez de la excavación y colocación del tubo.

El tiempo máximo permitido que la excavación puede permanece abierta de acuerdo a especificaciones es de 48 hrs. y el frente de la misma 3 días.

Ejecutada la excavación y afinada las paredes con la misma retroexcavadora, se verificaba el nivel de desplante; inmediatamente se colocaba la cama de arena con ayuda de un cargador frontal y enseguida se colocaba el tramo de tubo.

Una vez bajado el tubo y conectado, se verifica con equipo topográfico los niveles de la tubería de acuerdo a proyecto; enseguida se fijaba el tubo con costales de graba colocados alrededor y encima del tubo en los extremos, con el fin de evitar desniveles en el momento de encostillar y colocar los rellenos.

Realizado lo anterior se colocan los tablonces de 2" de espesor y polines de 6" x 6" a cada 80 cm de separación (vertical) con sus cuñas de retaque en los extremos y a cada 1.50 m de separación horizontal como se muestra en la figura 9.



Figura 9. IZQ. Troquelamiento de excavación. DER. Colocación de cama de arena

II.2.2 Unión de tubería de polietileno de alta densidad

A continuación se describen los pasos a seguir en la instalación de la tubería de polietileno de alta densidad que cuenta con un sistema espiga-campana.

Una vez terminada la excavación se prepara el tubo, limpiando el extremo de la campana con un paño quitando la suciedad, enseguida se lubrica la camp.

A continuación se retira la envoltura protectora del extremo espiga campana y se limpia, se lubrica el empaque evitando que toque el suelo o el relleno.

Enseguida se coloca alrededor del tubo una banda de nylon, se engancha el otro extremo de la banda de nylon a la cuchara de la retroexcavadora, se coloca el tubo en el fondo de la zanja evitando que se golpeen los extremos del tubo, posteriormente el operador debe jalar cuidadosamente la banda de nylon hacia la campana del tubo hasta que el extremo espiga esté completamente dentro de la campana (figura 10)

La construcción de la zanja y el tendido del tubo se realizaron continuamente atravesando el área de excavación de las cajas de deflexión y conexión.



Figura 10. IZQ izaje de la tubería con ayuda de la retroexcavadora, DER unión entre la espiga y campana

II.2.3 Construcción de pozos de visita y cajas de conexión y deflexión.

Previo a la excavación para los pozos de visita y cajas de conexión y de deflexión se hincan perfiles estructurales IPR (elementos verticales) de 8" x 59.8 kg/m, enseguida se inicia la excavación con la retroexcavadora en tres etapas.

La excavación se realiza en un área cuyos lados son 50 cm mayores a los de la geometría del pozo de visita (Fig. 11)

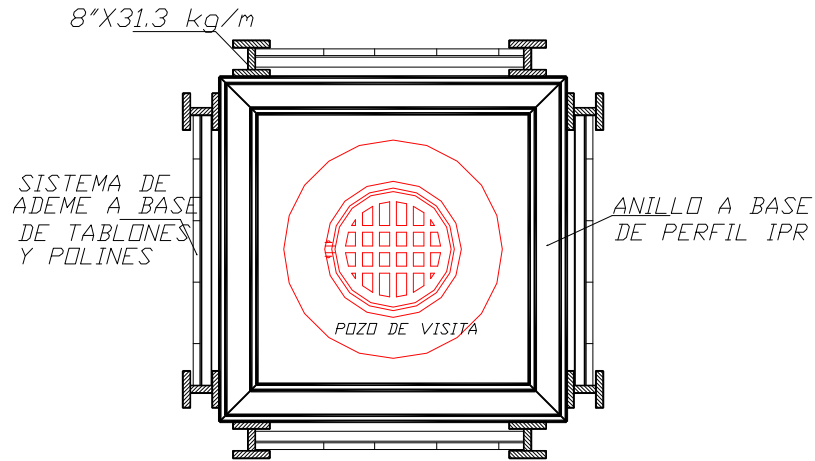


Figura 11. Croquis de troquelamiento para cajas

A medida que avanzaba la excavación se colocan tablonés y anillos, formados por perfiles IPR soldados a los perfiles hincados previamente, en la Figura 12 se observa el troquelamiento de una de las cajas deflectoras.

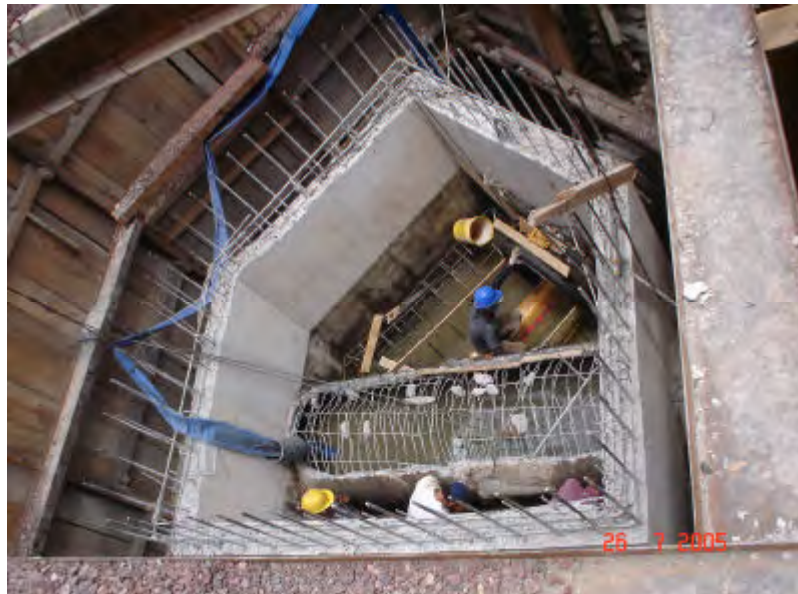


Figura 12. Construcción de caja de deflexión

Alcanzado el nivel de desplante de los pozos de visita y cajas de conexión y de deflexión, y afinado el fondo se coloca una plantilla pobre de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ de 10 cm de espesor, una vez iniciado el fraguado de la plantilla se inicia el armado de acero de losa de fondo y los muros de la caja con varillas del número 5 y 6 de acuerdo a proyecto. Antes de colar se verifica el armado del acero de refuerzo y la colocación de

la cimbra. Se realiza primeramente el colado de la losa de fondo, después siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente se cuela los muros, enseguida se habilita el acero de la media caña y se cuela, por último se habilita el acero de la losa tapa con sus respectivos huecos para los pozos de visita.

El colado de las cajas de deflexión se realizó con concreto con una resistencia de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ con agregado grueso de $\frac{3}{4}$ “; el concreto se dosifica en planta, se mezcla y traslada en camiones revolvedoras con capacidad de 7m^3 cada uno.

La colocación del concreto se efectuó con canalón, supervisando que la altura de caída no fuese mayor a 1.50 m para evitar la segregación del concreto, durante el colado se procura evitar las juntas frías, además de realizar una compactación del concreto correcta con ayuda de dos vibradores de inmersión.

Durante el colado se encuentra presente el personal de la constructora así como supervisión interna, esto con la finalidad de verificar que la colocación del concreto sea en forma adecuada, además de comprobar que el concreto suministrado cumpla con las características de proyecto, realizando la prueba de revenimiento y tomando muestras de concreto para realizar posteriormente la prueba de resistencia a compresión.

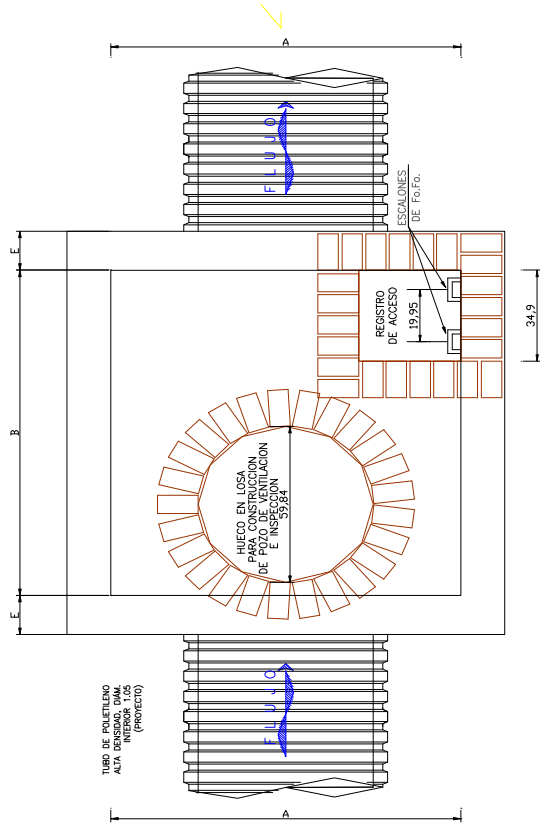
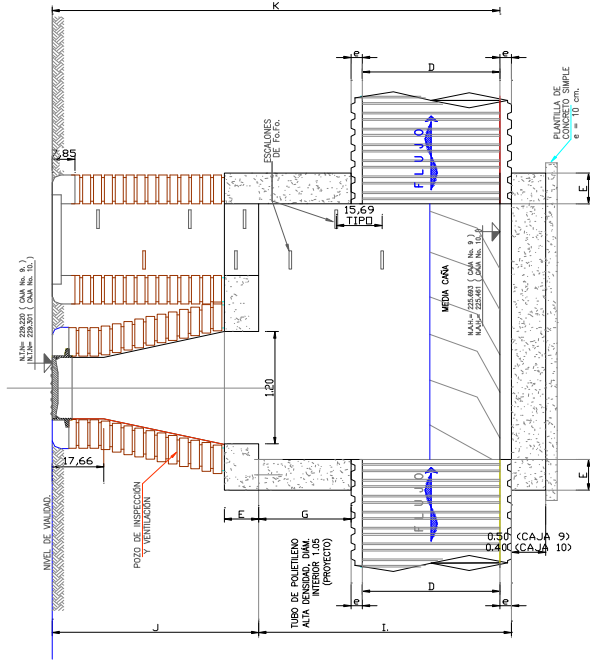
Una vez que fragua el concreto de la losa tapa se inicia la construcción del pozo de inspección y ventilación así como el registro de acceso con tabique rojo junteado con mortero hasta alcanzar el nivel de desplante de la base del pavimento, dando holgura para el brocal con tapa de Fo.Fo. (fig 13)

Por último se coloca la escalera de Fo.Fo. y se aplana el pozo de inspección y el registro de acceso con acabado pulido.

El tiempo de construcción de cada pozo o caja debe ser el mínimo posible, sin embargo el tiempo entre la excavación, afine del fondo y construcción no debe exceder a 12 horas.



Figura 13. Construcción de pozo de vista



PERFIL CAJA DE DEFLEXIÓN

DIMENSIONES DE CAJAS													
DENOMINACION	DEFLEXION (α)	D	e	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K
CAJA No. 3	90°	1.05	0.084	2.25	2.25	0.515	0.25	0.70	0.981	4.951	2.20	2.751	4.866
CAJA No.4	90°	1.05	0.084	2.25	2.25	0.515	0.25	0.70	0.981	4.771	2.20	2.571	4.686

PLANTA LOSA TAPA

NOTA: LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.

CUADRO PARA LA CONSTRUCCION DE CAJAS DE DEFLEXION

Una vez terminadas las cajas de deflexión se procede al desvío del drenaje. Para el desvío se construye previamente la losa de fondo y la media caña de las cajas donde se realizará la conexión, se coloca un sistema de contención para ayudar a desviar el agua a su nuevo caudal. Una vez cortado el tubo del drenaje se construye un doble muro de tabique rojo juntado con mortero. Entre estos dos se habilita acero de refuerzo y se coloca el concreto de una resistencia de 250 kg/cm^2 como se muestra en la figura 14.

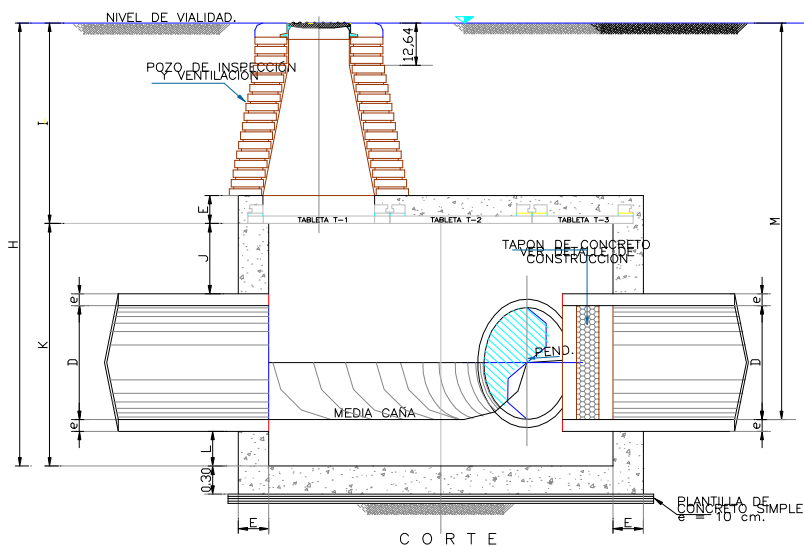
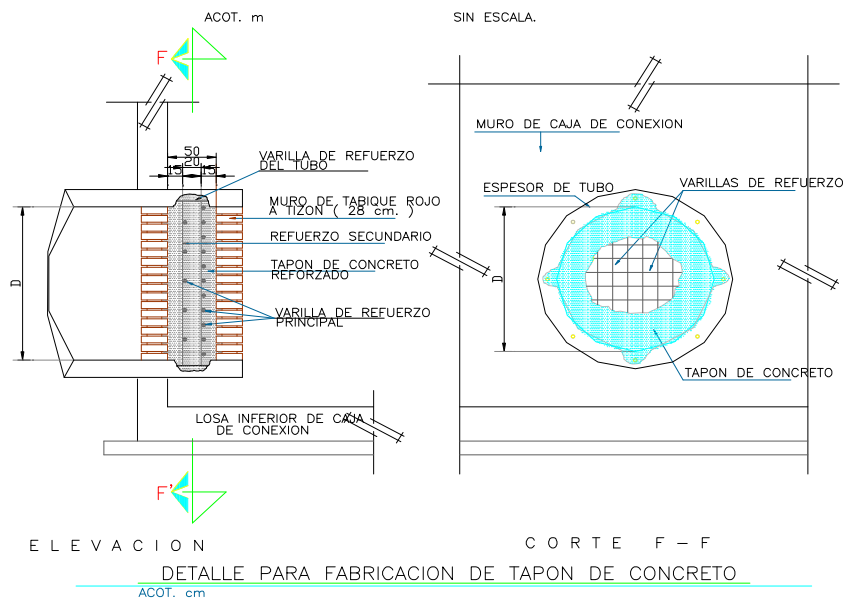


Figura 14. Detalle de tapón para desvío de drenaje

II.2.4 Colocación de rellenos

Afinado el fondo de la excavación, se coloca una cama de arena o gravilla de tezontle de espesor variable en todo el ancho con ayuda de la retroexcavadora.

La granulometría de acuerdo a especificaciones debe ser preferentemente arenosa en el desplante y no debe contener partículas mayores a 1/2”.

Sobre la cama de arena o gravilla se colocan los tubos de polietileno de alta densidad, verificando el desnivel de acuerdo a proyecto con aparatos topográficos, a continuación se colocan costales de arena a los costados para evitar movimientos del tubo, enseguida se acostilla con pizones manuales hasta llega a niveles de proyecto.

Con los tubos en su posición se rellena la zanja hasta el nivel de desplante de los pavimentos. Los rellenos son de material limo-arenoso (tepetate) producto de banco, estos se compactan en capas de 20 cm de espesor (máximo) con ayuda de pizones vibrantes y rodillos hasta llegar al 95% AASHTO estándar (T-99), además de alcanzar un valor relativo de soporte (VRS) mínimo de 20%. En el proceso de compactación es importante controlar el contenido de humedad para garantizar una adecuada compactación (figura 15).

Conforme avanza la colocación de los rellenos se retiran los elementos involucrados en el soporte de la excavación.



Figura 15. Compactación con pizon vibrante

III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

III.1 Muros prefabricados

Los muros prefabricados pueden ser utilizados prácticamente en cualquier proyecto donde se requieran muros ademe para excavaciones, como un sustituto al muro milán y la tablestaca o ataguía, con ventajas importantes respecto de la calidad de los trabajos y velocidad de ejecución.

El pretensado es la imposición de un preesfuerzo por medio del esforzado de los tendones en contra de las reacciones exteriores, lo cual se efectúa antes de que endurezca el concreto fresco, luego se deja que el concreto fragüe hasta un alto porcentaje de resistencia última, entonces los tendones se sueltan para transmitir el esfuerzo al concreto.

Por lo general los torones de alta resistencia se extienden entre dos apoyos y se estiran por medio de gatos, hasta un 75% de su resistencia última; el concreto se cuela en cimbras que están alrededor de los tendones. El curado acelera por medio de vapor a baja presión y se sueltan entonces los tendones, de manera que el esfuerzo se transmite por adherencia al concreto. Los tendones alargados se acortan ligeramente, precomprimiendo y acortando la longitud del concreto.

El presforzado consiste en crear un estado de esfuerzos y deformaciones dentro de un material, a fin de mejorar su comportamiento para satisfacer la función a que está destinado. El método más común para aplicar el presfuerzo es crear un esfuerzo de compresión en el concreto, con el que se balancean total o parcialmente los esfuerzos de tensión que surgirán en condiciones de servicio. El concreto es un material ideal para el presforzado, por que es muy resistente cuando está comprimido, fácil de moldear en la forma deseada y protege el acero contra la corrosión. Generalmente el presfuerzo se induce por medio de tendones de acero internos, los cuales se tensan y a continuación se anclan; el presfuerzo puede inducirse también por medio de una fuerza exterior, como la de un gato aplicado en los extremos del elemento.

El presente proyecto se realizó con muros prefabricados sustituyendo los muros Milán colados en sitio. Los muros del deprimido son de altura variable, con un ancho de 4.50

m y espesor de 1.00 m, mientras que los muros del cárcamo son de 11.65 m de largo y 4.05 m de ancho, con un espesor de 0.55m, estos dos muros cuentan con cajones de aligeramiento, así como los elementos necesarios para su izaje y nivelación. También se realizaron tabletas tipo “T” de dimensiones variables para la losa tapa en la zona de curva de los deprimidos.

El encargado de realizar los elementos prefabricados fue el GRUPO TICONSA, la planta de prefabricados cuenta con un área de almacenamiento de materiales y dosificación, área para el habilitado del acero, superficie de fabricación, superficie para almacenamiento de productos terminados, así como grúas para el movimiento y carga de los elementos prefabricados.

Inicialmente se debe de contar como en todas las plantas de prefabricados con una bancada de pretensado, que nos garantice estabilidad en el área de tensado y colado del elemento, así como moldes de tabletas y muros; se construyó un molde para los muros del deprimido y otro para los muros del cárcamo, además uno para las tabletas tipo “T”. Estos moldes se construyeron de acero, con el fin de asegurar las medidas correctas utilizándolos reiteradas veces y además de que los moldes de acero representan poca adherencia con el concreto, por lo que son fáciles de desmoldar.

III.1.1 Habilitado del acero de refuerzo

Una vez suministrado el acero de refuerzo de grado duro $f_y = 4200\text{Kg./cm}^2$, se comienza con el armado del acero de refuerzo, iniciando con el doblado del acero, esta actividad se realiza en el patio de habilitado, el doblado del acero se realiza siguiendo las normas en cuanto al doblado en frío del acero de refuerzo, la forma y diámetro que debe tener la varilla es tomado de planos de proyecto figura 17y 18.

Una vez que se tiene habilitado del acero de refuerzo de los estribos centrales y los elementos que forman parte de las juntas constructivas se prosigue a tender el acero longitudinal, uniéndolo con el acero habilitado con alambre recocido. El acero utilizado transversalmente son varillas de 3/8” con una separación de 20 cm, mientras que el acero de las juntas constructivas es de 1/2” a cada 20 cm. En la zona maciza del muro se colocan bastones de 1/2” como se muestra en el croquis de muros.

Una vez armado a l 100% el acero de refuerzo se posicionan los tornillos niveladores en la parte superior del muro y se habilitan los ganchos de izaje con 2 torones de ½" de diámetro.

Concluido lo anterior se procede a colocar el armado en la banca de tensado con ayuda de una grúa.



Figura 16. Habilitado del acero para muro.

El procedimiento del armado de las tabletas y de los muros del cárcamo fue similar al descrito anteriormente.

En el armado de los muros del cárcamo se diferencia en las dimensiones y forma, así como unas placas que se colocaron para el troquelamiento de estos. En lo que respecta a las tabletas las dimensiones fueron variables, para el armado del acero de refuerzo de las tabletas se utilizó varilla de ½" de diámetro con una separación de 20 cm para el refuerzo longitudinal, para los estribos y el resto del armado se utilizó varilla de 3/8" de diámetro con separaciones de 15, 20 y 40 cm de acuerdo a planos de proyecto.

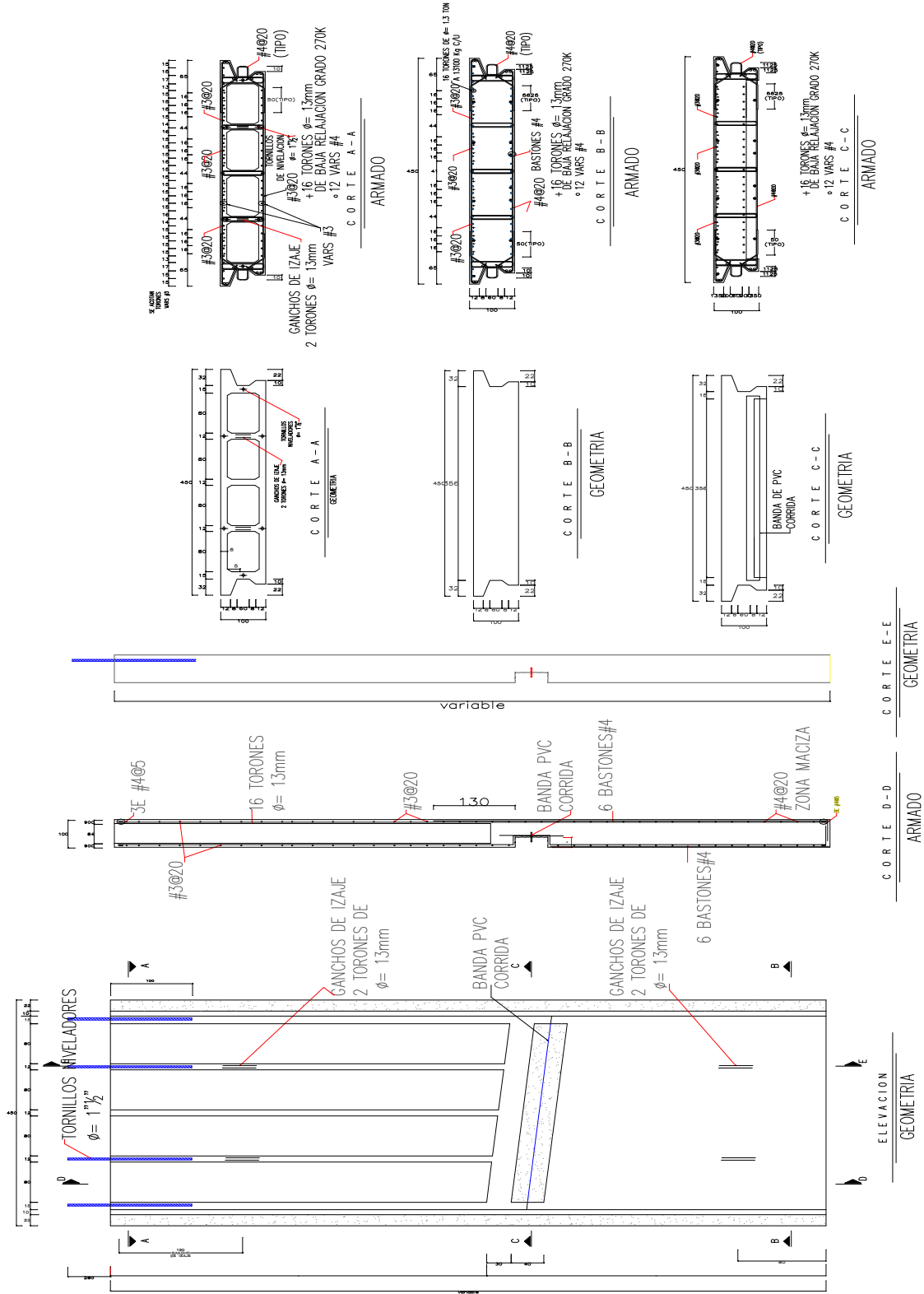


Figura 17. Detalles de construcción de Muro prefabricado para deprimido.

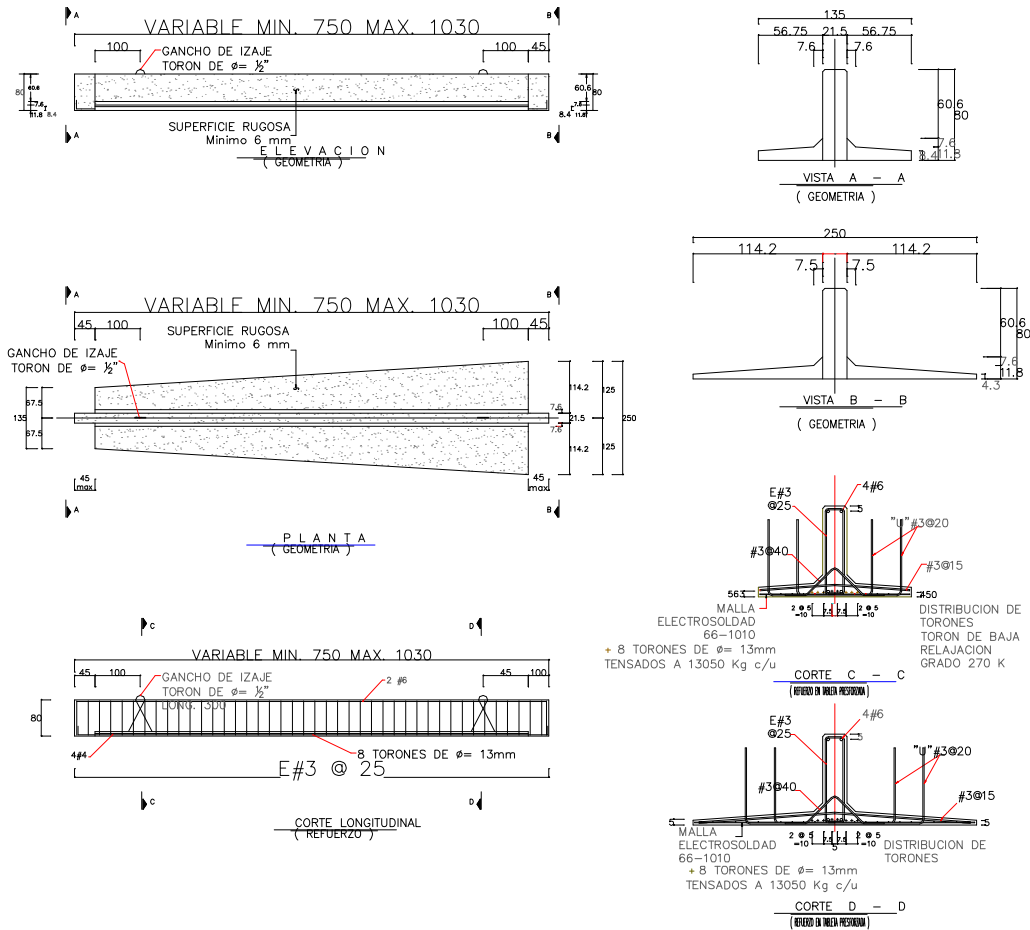


Figura 18. Detalles de geometría y armado de acero de Tablet.

III.1.2 Cimbra

En la cimbra de los prefabricados es importante reducir al m \acute{a} ximo las deformaciones que se pueden presentar durante el colado; por consiguiente las cimbras deben ser r \acute{i} gidas.

Una vez que se coloca el acero dentro de molde, se inicia el cimbrado que queda en la zona de la junta del muro con madera, adem \acute{a} s del cimbrado de cajones de aligeramiento, finalizado el cimbrado se calza el acero con ayuda de cubos de concreto para asegurar el recubrimiento del acero, adem \acute{a} s de verificar la horizontalidad y verticalidad de estos. Los cajones de aligeramiento del muro fueron construidos con ayuda de canaletas unidas con \acute{a} ngulo punteado con soldadura de arco. Es importante limpiar y lubricar los moldes antes de cada uso.

Por último se coloca la banda de PVC a nivel de la muesca, así como el poliestileno de que da forma a la cavidad para la unión del armado entre el muro y la losa de fondo.

III.1.3 Tensado

El tensado es una parte importante en la fabricación de los muros prefabricados, debido a que el acero tensado una vez cortado transmite un esfuerzo de compresión al concreto fraguado, obteniendo como resultado una mayor capacidad de resistir esfuerzos de tensión.

Para realizar el tensado es necesario contar con un equipo que consiste básicamente en la mordaza temporal que retiene a los torones durante y después del tensado. La mordaza está constituida por un barril y una cuña. Además se requiere de un gato que suministra el tensado y una banca de tensado que consiste en una plancha de concreto y apoyos formados por perfiles de acero ahogados en concreto.

Una vez colocado el acero de refuerzo y colocado las bandas de PVC se arrastran los torones a todo lo largo de la mesa de tensado, enhebrándose en los topes y en las placas de anclaje que finalmente se sujetan al apoyo fijo. En el otro extremo de la mesa, el tensado se inicia una vez que hayan sido colocados todos los tendones.

Es importante que la cuña quede fija alrededor del torón y dentro del barril en una posición concéntrica, para que todos los segmentos de la cuña se introduzcan a la misma distancia dentro del barril. Las cuñas tienen ranuras en la superficie en contacto con el tendón e independientemente de que se emplee varias veces, debe examinarse con cuidado previo a su uso.

En el anclaje fijo, las mordazas se presionan sobre los torones no tensados cercanos a la placa de anclaje. En el extremo de tensado, donde los torones son tensados en forma individual, se colocan las mordazas sobre el torón no tensado, contra la placa de anclaje. Enseguida se coloca el gato con el torón y se inicia el tensado, en que el torón se jala a través de la mordaza. Cuando se ha alcanzado la carga y extensiones requeridas, se introduce la cuña con fuerza sobre el torón, se afloja la carga en el gato y al tratar de el torón de jalar a través de la cuña, la obliga a correrse sobre el quedando firmemente sujeto.

El acero utilizado en los torones cuenta con un esfuerzo de ruptura de $f_{sr} = 19,000 \text{ kg./cm}^2$ los torones se tensan con una carga de 13,100 kg cada uno



Figura 19. Colocación del acero de refuerzo sobre banca de tensado.

III.1.4 Colado

Después de tensar los torones se procede a colar el elemento, antes de iniciar el colado se verifica que el molde este lubricado, la distribución del acero sea el adecuado y que este alineado, así como el correcto tensado de los torones.

Los colados se realizaron durante la madrugada. La dosificación de la mezcla se realiza en planta y el mezclado en un camión revolvedora con capacidad de 7m^3 . Al llegar la revolvedora al sitio de colado se verifica que el concreto tenga un revenimiento de 10cm, enseguida se toman muestras en cilindros para posteriormente realizar la prueba de compresión. El concreto requerido para el colado de los elementos prefabricados fue de clase 1 con una resistencia de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ con un revenimiento de 10 cm y un TMA de $\frac{1}{2}$ ".

El colado se inicia en la parte maciza de los muros, para obtener una compactación adecuada se utilizó dos vibradores de inmersión, en la zona de los cajones de aligeramiento se introdujo personal para que con ayuda de un martillo de goma fuera

golpeando las paredes del cajón para asegurar que el concreto se moldeara perfectamente.

Una vez terminado el vibrado y vaciado del concreto se pasa una regla para retirar el exceso de la mezcla, por último se da un acabado rugoso.

III.1.5 Curado con vapor

Después del colado la superficie fresca del concreto pierde tal cantidad de agua que provoca un agrietamiento, esto puede evitarse cubriendo e inyectando vapor al elemento.

El curado con vapor es un tratamiento sencillo que ayuda a acelerar el fraguado, por lo que se puede anticipar el desmolde. Esto se traduce en una mayor producción de los elementos prefabricados debido a la temprana resistencia del concreto.

Para el curado del concreto se utilizó vapor de agua, este es empleado una vez que en el concreto a empezado el fraguado inicial, es decir después de 2 horas de colado el elemento.

Terminado de colar se procede a colocar alrededor de todo el elemento una manguera con un diámetro de 5" y con dos pequeños orificios a cada 1.50 m de separación, después se cubre con lonas de nylon ahulado todo el elemento, enseguida se calienta el agua en una caldera hasta tener una temperatura alrededor de los 20°C, con esta temperatura se inicia la aplicación del vapor, durante las tres primeras horas se incrementa la temperatura hasta llegar a los 70°C manteniéndola durante dos horas aproximadamente, después la temperatura se disminuye en un lapso de dos horas hasta llegar a la temperatura ambiente, terminada la aplicación del vapor se deja reposar el elemento durante dos horas más. En anexos se presentan las tablas del suministro de vapor y tensado de los torones.

El curado del concreto con vapor de agua asegura la total hidratación de las partículas de cemento, eliminando al mínimo las grietas por contracción.



Figura 20. Curado con vapor de un muro.

Después de curar el concreto y antes de destensar es necesario realizar las pruebas de resistencia a los cilindros, para asegurar que se ha llegado a la resistencia mínima requerida para poder destensar los torones. El tratamiento térmico del concreto permite alcanzar en seis a diez horas el 80% de la resistencia de proyecto, por lo tanto, cuando se tenga una resistencia de 240 kg. /cm^2 se puede destensar los torones para luego cortar.

Posteriormente se retiran las paredes del molde y con la ayuda de una grúa se levanta el elemento y se posiciona en el área de almacén, por último se retiran los moldes de los cajones de aligeramiento.

Una vez que es retirado el elemento se limpia y se lubrica el molde para repetir el proceso descrito anteriormente.



Figura 21. Muro desmoldado con torones cortados.

El transporte de los muros se realizó con ayuda de plataformas, este se realizó por la noche debido a las dimensiones de los elementos.

El proceso descrito anteriormente fue semejante para los tres elementos construidos del deprimido, lo único que varió fue la, dimensión y la disposición de los torones.



Figura 22. Muro prefabricado terminado.

III.2 Excavación del núcleo

El suelo en el que está ubicada la obra, es de tipo lacustre, de acuerdo a estudios y a experiencias de construcción, este tipo de suelo es inestable, con presencia de niveles freáticos poco profundos, por lo que al excavar en este suelo es necesario proporcionar estabilidad a las paredes de la excavación con ayuda de ademes, controlar el nivel de agua freática por medio de bombeo y utilización de lodos estabilizadores para excavaciones profundas. A continuación se detalla el proceso constructivo para la construcción del deprimido.

La excavación del núcleo está formada por 4 etapas a grandes rasgos, La primera es la colocación de los brocales, la segunda es la excavación de la zanja con equipo guiado, la tercera es el hincado y colocación de lodo fraguante y por último la excavación entre los muros hincados.

III.2.1 Excavación de zanja y construcción de brocales

Los brocales constituyen la primera etapa de la excavación, estos son dos muros en “L” invertida separados entre sí por las dimensiones del muro prefabricado y van a todo lo largo de la excavación de núcleo. Sirven de guía a la maquina que realiza la excavación y proporcionan estabilidad a las paredes de la parte superior de la excavación.

Previamente trazadas las dimensiones del brocal se realiza el corte con disco y la demolición de la carpeta asfáltica con martillos neumáticos, enseguida se inicia la excavación de la zanja de 1.25 m de ancho sobre cada eje del muro, en la primera etapa de excavación se alcanza una profundidad de 2.5 m (máximo), esta se puede ejecutar en tramos que pueden alternarse de 10 m de longitud, y observando taludes verticales o puede excavar en forma continua. Esta excavación se realiza en seco con retroexcavadora y se afina con pala los costados y el fondo de la excavación.

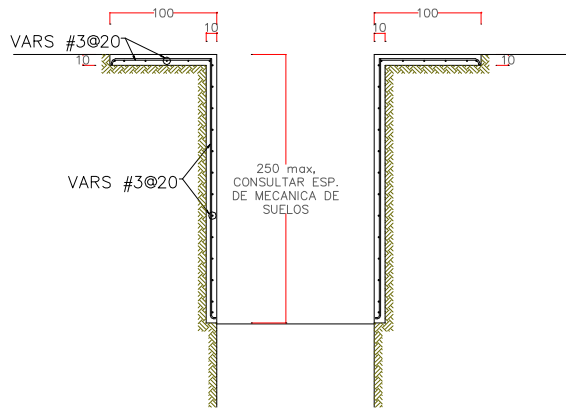


Figura 23. Detalles de armado de brocal.

Una vez excavada y afinada la zanja se construye los brocales en ambos lados de ella y en toda su profundidad. La construcción del brocal se inicia con el habilitado del acero de 3/8" de diámetro a cada 20 cm. tanto longitudinal como transversal. Posteriormente, contando con el habilitado del acero al 100% se procede a cimbrar el cuerpo del brocal utilizando cimbra tradicional a base de paneles de triplay y troquelado con polines de 6" y barrotes.

Es importante apuntalar perfectamente la cimbra, para evitar desplomes que posteriormente pueden dificultar el hincado del muro, además de afectar la nivelación horizontal del muro.

Antes de proceder a colar, el residente debe de enviar una solicitud de colado a la supervisión, esto con la finalidad de que estén informados de la fecha, hora y elemento que se va a colar.

Momento antes de iniciar el colado se verifica con equipo topográfico la nivelación de la cimbra, la limpieza de la superficie a colar y que el acero esté calzado con dados de concreto de tal forma que cumpla con un recubrimiento de 2 cm de acuerdo a proyecto. Terminada la verificación del armado del acero y la perfecta colocación de la cimbra se procede a realizar el colado del elemento. El concreto es dosificado en planta con una resistencia de $f'c= 150 \text{ kg/cm}^2$ y revenimiento de 14 cm, el transporte y mezclado se realizó con camiones revolvedora con capacidad de 7 m^3 cada uno.

Una vez que llega el camión se verifica las características del concreto suministrado y se toman muestras para posteriormente efectuar las pruebas de resistencia. Antes de iniciar el colado se humedece la superficie, la colocación del concreto se llevó a cabo

de forma directa, con ayuda de un canalón de madera; para el acomodo del concreto se utilizaron 2 vibradores de inmersión.

Cuando el concreto adquiere resistencia se retira la cimbra e inmediatamente se apuntala con polines de 6", en la parte superior e inferior, para evitar que se cierren las paredes de la excavación.

Es importante que la zanja no permanezca sin el colado de los brocales por un plazo mayor a 12 hrs.



Figura 24. Izq. Excavación de zanja para brocal y armado del acero. Der. Cimbra y colado de brocal.

III.2.2 Excavación de trinchera

La excavación de la trinchera es de suma importancia, ya que depende de la excavación un correcto posicionamiento y funcionamiento del muro prefabricado.

Para la excavación se utilizó una retroexcavadora y dos dragas marca Link Belt(figura 25 y 26), las cuales están provistas de una guía de ancho igual al de la almeja, la guía

se prolonga con una barra “Nelly” que ayuda al guiado vertical; las valvas están provistas de dientes que facilitan la penetración en el terreno.

La operación de esta maquinaria consiste en nivelar perfectamente el equipo guiado, enseguida se eleva y se deja caer la almeja guiada. Una vez que llega al fondo de la excavación se cierran las valvas por medios mecánicos o hidráulicos, se eleva la draga nuevamente y se desaloja el material atrapado en la almeja. En este procedimiento de excavación es necesaria la utilización de lodos estabilizadores.



Figura 25. Equipo Link Belt para excavación de zanja.



Figura 26. Retroexcavadora con extensión para la excavación de trinchera para muros.

Una vez que los brocales alcanzan una resistencia del 75% de la del proyecto, se inicia la excavación de la trinchera de 1.05 m de ancho y hasta una profundidad de 50 cm por debajo del nivel de desplante del lastre.

Al realizar la excavación con el equipo guiado se considera que la excavación puede llegar alcanzar un ancho máximo de 1.10m por efecto de cabeceo propio de la excavación. Durante la excavación hay que cuidar que la almeja guiada deslice con suavidad, sin choques, hincarla sin dejar que tope contra las paredes de la zanja, para evitar desprendimientos o caídos, cortar firmemente la arcilla penetrando la almeja a presión sin sacudir, ni arrancar de golpe.

Para la excavación con almeja guiada se retiran los puntales entre brocales sólo en el lapso de tiempo y distancia que sea estrictamente necesario, una vez que termina la excavación del tramo se colocan inmediatamente los puntales debiendo colocarse con la misma disposición original.

El nivel de la excavación esta regido por el proyecto de subrasante correspondiente. Durante la excavación se adiciona agua en la trinchera, con el fin de crear un lodo estabilizador dentro de la misma (lodo espontáneo); el lodo debe cumplir con una viscosidad de 30 seg. Marsh, empleando bentonita (lodo bentonítico) que cumpla con las especificaciones. A continuación se muestran detalles de la excavación guiada.

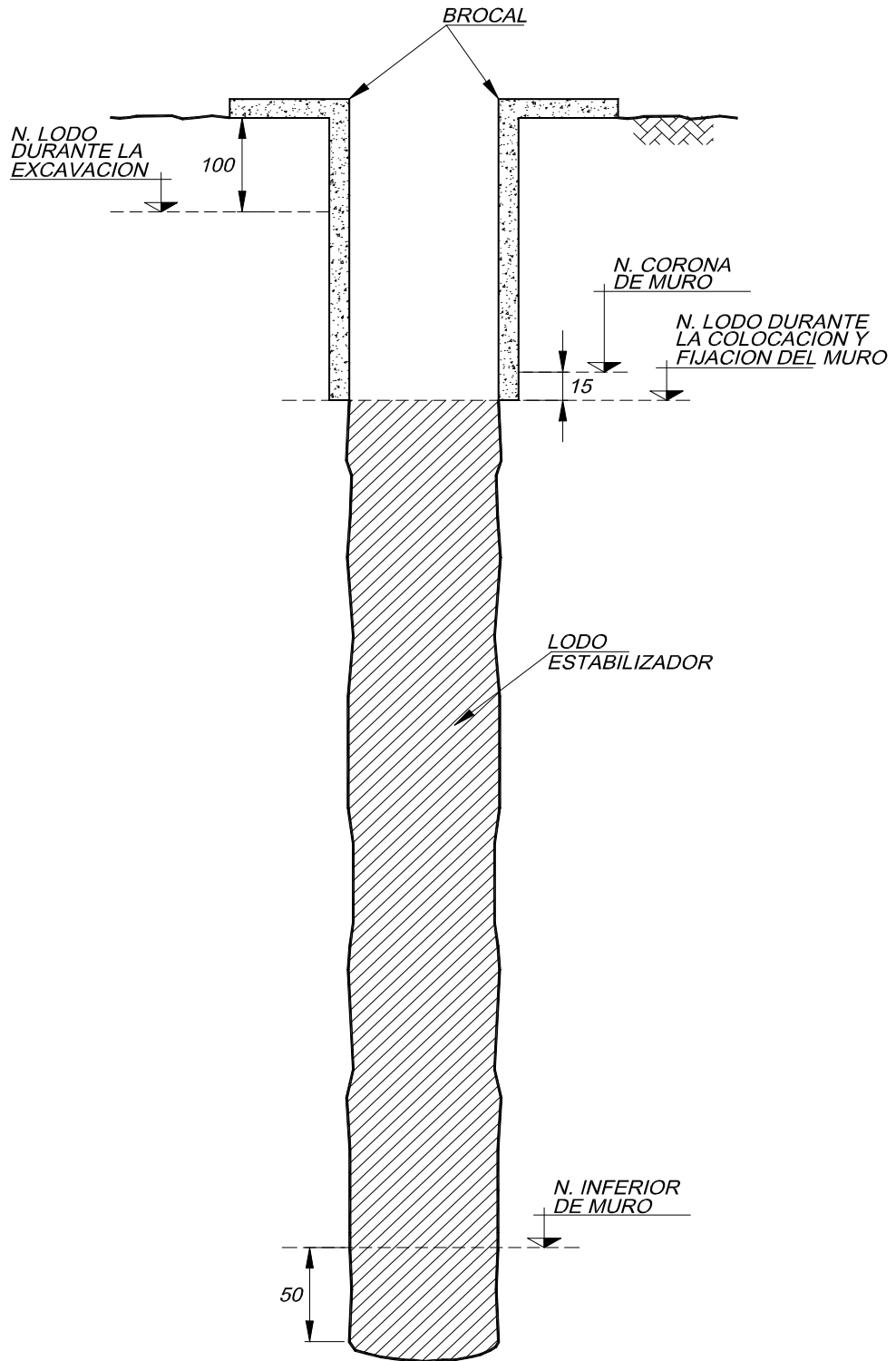




Figura 27. Izq. Draga con equipo guiado. Der Excavación de trinchera con almeja guiada

El nivel del lodo dentro de la trinchera durante la excavación varía alrededor de los ochenta centímetros por debajo del terreno natural. Durante la colocación, nivelación, alineamiento y colado de los huecos del muro, el nivel de los lodos se mantiene 15cm bajo la corona del mismo, con la finalidad de que el lodo no obstaculice la colocación del concreto.

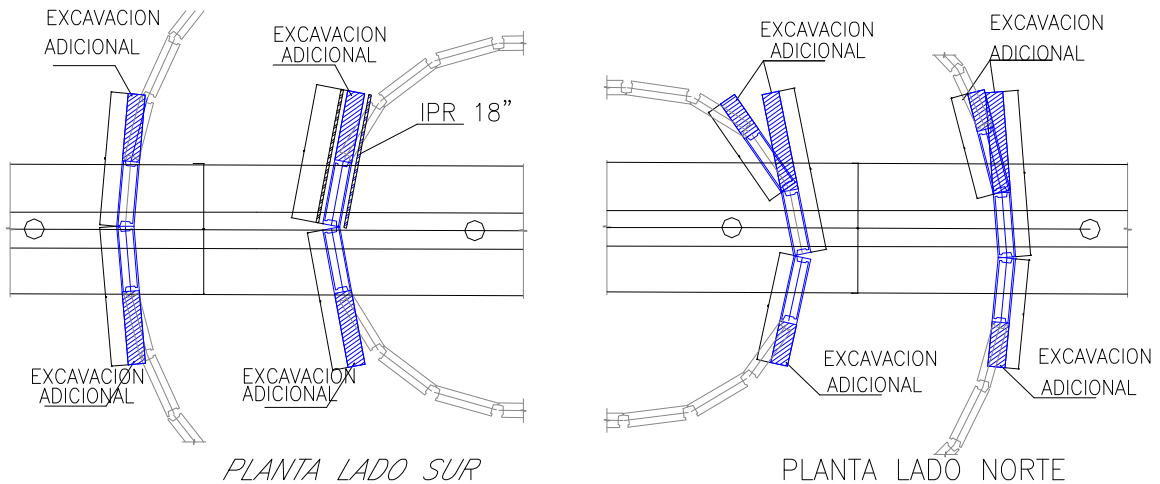
La excavación de la trinchera se realiza en forma alternada, el avance está regido por la colocación del muro prefabricado y el fraguado del lodo estabilizador, ya que la longitud máxima excavada de forma continua, sin colocación de tablestaca, es de 18m, permitiéndose atacar varios frentes al mismo tiempo.

Bajo ninguna circunstancia se permite que las trincheras estén abiertas por un plazo mayor a 20 hrs.

Únicamente en aquellos casos en que se garantice que el nivel de lodo se mantendrá a 1 m bajo el nivel del terreno natural, se permite que se coloquen sólo el nivel superior de puntales.

III.2.3 Excavación de trinchera bajo línea B

El cruce del deprimido vehicular por debajo de la línea B elevada del metro, se realiza en las cabeceras norte y sur, y de acuerdo al despiece de muros caen debajo 4 piezas en la cabecera sur y 6 en la cabecera norte.



Para la excavación debajo de la línea del metro, se utilizó una retroexcavadora CAT 245, a la cual se le colocó una extensión con placa de acero en el cucharón con el fin de llegar al desplante de la excavación de proyecto.

La excavación fue similar al del tramo recto; inicialmente se excavó la zanja para la construcción de los brocales, estos se apuntalan una vez que se haya quitado la cimbra, a continuación se inicia la excavación con la retroexcavadora prolongando sobre una secante el doble de la longitud hasta quedar fuera del área en planta que ocupa la línea B.

La prolongación de la zanja sirve para poder alojar el muro hasta casi la profundidad de proyecto, sin que interfiera con la estructura del metro (figura 28).

Para la nivelación de los muros prefabricados se colocaron paralelamente a la zanja, en ambos lados y en toda su longitud separadas una distancia de 1.5 m del hombro de la misma, elementos de soporte y nivelación como son vigas IPR de 18", estas apoyadas a su vez en polines de madera y calzas.

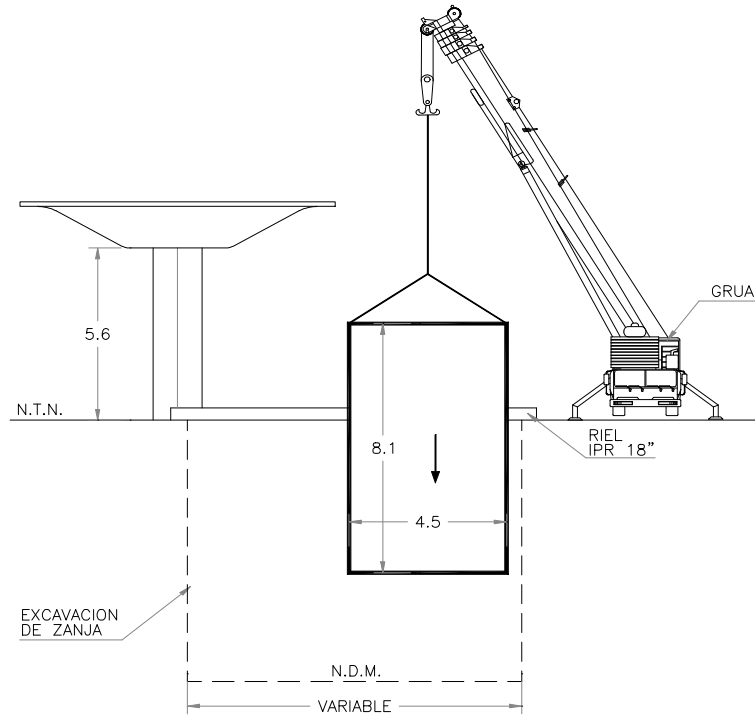


Figura 28. Sección de zanja, muro y viguetas.

Una vez que llega el muro sobre una plataforma es sujetado y posicionado verticalmente por dos grúas, una de orugas con pluma telescópica de 70 toneladas y una grúa sobre neumáticos con una capacidad de 120 toneladas.

Enseguida, con una grúa se coloca el muro dentro de la zanja sobre excavada y se posiciona de forma transversal a las previamente colocadas, viguetas IPR de 18" que descansan sobre las IPR longitudinales, estas son ubicadas al centro del muro y lo soportan por medio de estrobos o cables de acero, figura 29.

Una vez soportado el muro, la grúa de orugas se coloca en otro punto, el muro se sujeta a esta, enseguida se eleva el muro y se recorre hasta su posición definitiva.



Figura 29. Procedimiento de hincado de muros debajo de la línea del metro

III.2.4 Colocación de lodo bentonítico, lodo fraguante y tablestaca

El lodo estabilizador es una suspensión uniforme de bentonita sódica en agua; tiene las características de ser más denso que el agua y por lo mismo el empuje hidrostático que ejerce sobre las paredes de la excavación es mayor que el del agua contenida en el suelo saturado. El lodo bentonítico al vaciarlo en el interior de la zanja genera una variación de presiones entre el agua freática y el lodo sobre las paredes de la excavación ayudando a mantenerlas estables. La variación además produce filtraciones de lodo hacia el interior de las paredes, por lo que es necesario controlar la proporción agua-coloides, con el objeto de que dicha filtración sea mínima. Al producirse la penetración se va formando en la frontera lodo-suelo, una película de pequeño espesor de moléculas de lodo que constituye una membrana impermeable y resistente, esta resistencia se suma a la presión hidrostática del lodo para estabilizar las paredes de la excavación. A continuación se mencionan sus características:

- Estable; es una mezcla, la cual no se decanta o asienta la arcilla en tiempos prolongados de reposo.
- Impermeabilizante; la bentonita tiene la capacidad de formar una película muy delgada e impermeable al entrar en contacto con una superficie porosa.

- Trixotrópica; característica que permite al lodo tener las cualidades de una gelatina en estado de reposo y de un líquido si a este se le agita, esto se debe a que las partículas de la arcilla tienden a orientarse y formar una cierta estructura que permite comportarse como gelatina y líquido.

Cuando la trinchera haya sido excavada hasta la profundidad especificada, en una longitud de al menos 5m, se puede seguir cualquiera de los procedimientos siguientes:

1. Colocar y fijar el muro prefabricado dentro de la trinchera con lodo estabilizador, con las características de horizontalidad y verticalidad especificadas. Posteriormente se coloca el lodo fraguante a través del tubo Tremie, mangueras o cualquier dispositivo que garantice la colocación del mismo a partir del fondo y hasta el mismo nivel del lodo bentonítico, es decir 15cm bajo la corona del muro (fig 30).
2. Quince minutos antes de la colocación del muro prefabricado, se coloca lodo fraguante a través del tubo Tremie, mangueras o cualquier dispositivo que garantice la colocación del mismo a partir del fondo y hasta el nivel de desplante de la losa de fondo; posteriormente y en un plazo tal que el lodo fraguante lo permita, se coloca y fija el muro prefabricado dentro de la trinchera, atendiendo a las características de horizontalidad y verticalidad especificadas.

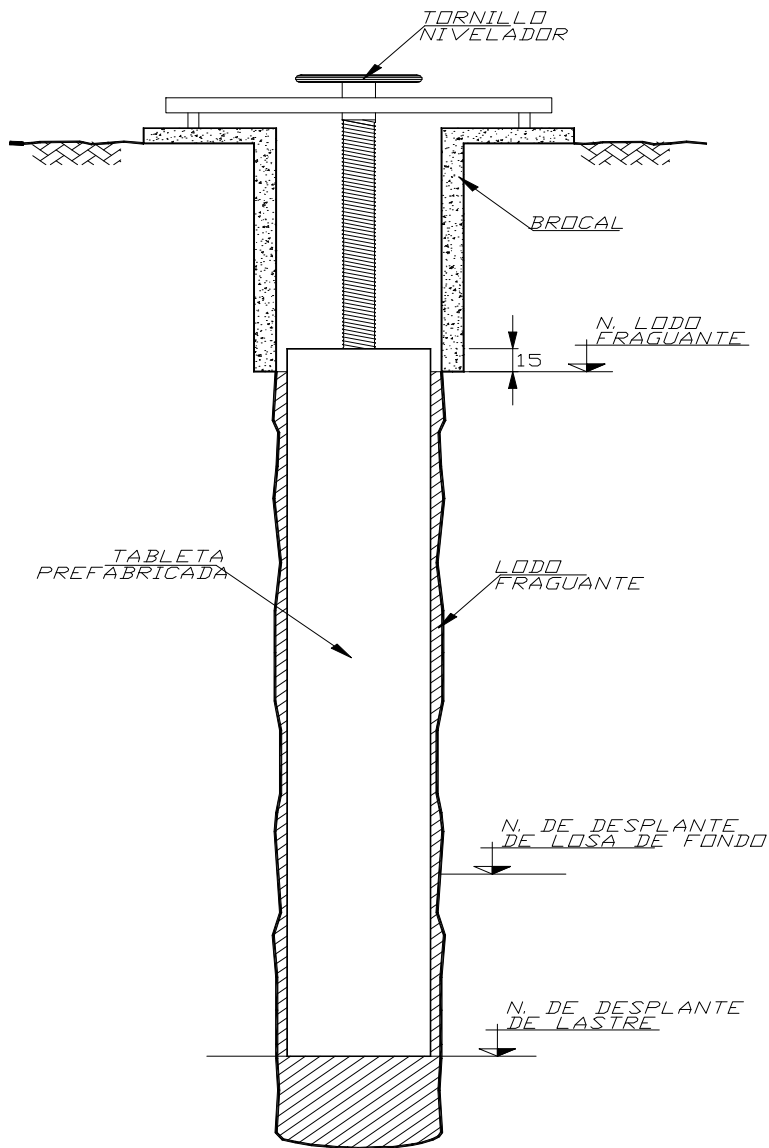


Figura 30. Colocación de muro prefabricado.

Cualquiera que sea el método utilizado, se retira el apuntalamiento de los brocales únicamente en el tramo de colocación de muro prefabricado, e inmediatamente después de colocado éste, son nuevamente instalados con la misma disposición original.



Figura 31. Izq. Hincado de muro prefabricado. Der. Nivelación del muro prefabricado.

En este proyecto se optó por el método número 1; el izaje de los muros se realizaron con dos grúas debido a las dimensiones de los muros, una vez posicionado verticalmente el muro prefabricado la maniobra se realiza con una grúa, a medida que se hinca el muro se van cortando las orejas de izaje colocadas en la cara rugosa del muro con equipo de oxicorte. La orientación del muro y fijación se realiza con ayuda de polines y tablones. Una vez que el muro llega a su nivel se colocan las cuatro espigas y se posicionan los perfiles IPR como se muestran en la figura anterior, por último se coloca la placa de $\frac{1}{2}$ " y la tuerca para nivelar el muro. La nivelación se realizó con equipo topográfico supervisado por el personal de la Dirección General de Obras Públicas.

Durante el proceso del hincado de muros prefabricados es importante mantener el nivel de los lodos bentoníticos, para evitar que el lodo entre en los huecos de los muros y por lo tanto obstaculice el colado de estos. Sólo hasta que el concreto haya sido colocado en los huecos del muro, se tiene la opción de elevar el nivel del lodo dentro de la zanja, entre tanto debe permanecer apuntalada.

Una vez que se hayan nivelados los muros de todo un tablero (tramo de excavación) se coloca el lodo fraguante. Más adelante se describe el proceso.

En las trincheras adicionales excavadas para la colocación de los muros bajo zona de metro, una vez cumplida su función, se rellenan en su totalidad con lodo fraguante para ser selladas.

A continuación se presentan las características y procedimiento de elaboración de lodo estabilizador y lodo fraguante.

III.2.4.1 Materiales

Agua

El agua que se utiliza debe ser limpia, exenta de sustancias que puedan inhibir el fraguado de la mezcla, que produzcan floculación o causar algún efecto deletéreo con el tiempo

Cemento

Se utiliza cemento tipo I o puzolanico que cumpla la Norma NOM C-1 o DGN C-2.

Bentonita

La bentonita es de tipo cálcica o sódica, cuya molienda es superior a la malla 300, de tal forma que garantice su hidratación y límite líquido superior a 350%.

Fluidificante

Debe garantizar una consistencia fluida, alta trabajabilidad y no debe generar sangrado de la mezcla, debe contener como agente activo Lingosulfonato de Cromo, Polifosfato de Sodio u otro Polímero de cadena larga que cumpla con esta función.

III.2.4.2 Mezcla

Proporcionamiento

El proporcionamiento en peso de los materiales durante la elaboración de la mezcla es el siguiente:

MATERIAL	DOSIFICACION	TOLERANCIA
AGUA	75%	5%
CEMENTO	7%	2%
BENTONITA	7%	1%
FLUIDIFICANTE	0.25%	0.05%

Propiedades

Los lodos deben observar las siguientes propiedades:

En el gel Bentonita – Agua:

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR	TOLERANCIA
<i>DENSIDAD</i>	<i>ton/m³</i>	<i>1.07</i>	<i>+0.02</i>
<i>VISCOSIDAD MARSH</i>	<i>Seg</i>	<i>35</i>	<i>5</i>
<i>CONTENIDO DE ARENA</i>	<i>%</i>	<i>SE ADMITE HASTA UN 10%</i>	
<i>RESISTENCIA A LOS 10 MIN</i>	<i>N/m²</i>	<i>1.4 A 10.0</i>	
<i>PH</i>	<i>-----</i>	<i>5 A 10</i>	

En el lodo fraguante:

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR	TOLERANCIA
<i>RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS</i>	<i>Kg/cm²</i>	<i>1</i>	<i>MÍNIMO</i>

III.2.4.3 Elaboración

El lodo bentonítico se prepara con un mezclador de chiflón y es bombeado al recipiente de almacenamiento donde permanece en reposo durante un periodo de 24 horas para que la bentonita se hidrate; el contenedor debe de tener la capacidad para satisfacer las necesidades diarias de la obra; antes de usar el lodo bentonítico se agita con aire a presión dentro del tanque y se traslada a las zanjas impulsado con una bomba centrífuga para lodos.



Figura 32. Tanque de lodos bentoníticos.

El lodo bentonítico se puede seguir utilizando siempre y cuando este cumpla con sus características, en dado caso que no cumpla se puede reciclar con el proceso de regenerado, desarenado y recirculación. El límite de veces en el cual se reutilice el lodo bentonítico, está en función del cumplimiento de los procesos ya mencionados y es conveniente que, si pierde cualquiera de sus propiedades con las que fue diseñado, sea desechado y sustituido por uno nuevo que si las cumpla.

Para el lodo fraguante la mezcla se considera aceptable cuando la resistencia a 10 min. es superior a 0.5 N/m^2 , medida con viscosímetro FANN. Lo anterior es posible obtener mediante bombeo del gel en tanque de fondo cónico en cuyo vértice se ubique la succión de una bomba que sea capaz de recircular el 60% de la mezcla en un plazo no mayor a 3 min.

Se recomienda una hidratación de la mezcla de 24 hrs, y una vez lograda la misma, se le adiciona el cemento, en la proporción y con las características previamente especificadas. A partir de este momento el lodo se mantiene en constante agitación para lograr una mezcla homogénea y evitar el fraguado antes de la colocación de la tablestaca.

El volumen de la mezcla esta regido por el avance de la excavación.



Figura 33. Mezclador para lodo fraguante

COLOCACION

Durante la excavación de la trinchera el lodo bentonítico se conduce a la excavación mediante tuberías de acero galvanizado y tubos de PVC conectados a la bomba de lodos, manteniendo el nivel de los lodos a 80 cm debajo del nivel del suelo, cuando se inicia el hincado de los muros es importante mantener el nivel de los lodos por debajo de la parte superior de los muros, para evitar el llenado de los huecos que dificultaría el colado de estos. El volumen del lodo desplazado por el muro prefabricado es conducido al siguiente panel para evitar desperdicios, siempre y cuando cumpla con sus propiedades.

En el caso del lodo fraguante, una vez colocados todos los muros del panel excavado se coloca la tubería de PVC hasta el fondo de la excavación. Una vez preparado el lodo fraguante se coloca de inmediato con ayuda de una bomba para lodos, esta bomba debe de tener la suficiente capacidad para asegurar de que el lodo inyectado llegue debajo del muro prefabricado.

Por diferencia de densidades el lodo bentonítico es desplazado por el lodo fraguante. El nivel del lodo fraguante dentro de la trinchera fue el de la parte superior del muro prefabricado.

PRUEBAS DE CAMPO

Durante la excavación es conveniente llevar a cabo un control de las propiedades del lodo de perforación; este control consiste en efectuar las pruebas necesarias para confirmar que dichas propiedades cumplan con los límites especificados.

En el control de las propiedades de la mezcla debe considerarse una verificación diaria de la viscosidad Marsh, densidad y Contenido de arena, además de los niveles de pH. Adicionalmente se toma muestras del lodo fraguante para determinar la resistencia a 7, 14 y 28 días.

III.2.5 Abatimiento del NAF

El control del nivel de aguas freáticas es una parte importante en el procedimiento de excavación del núcleo. Para esto se implementó un sistema de bombeo que a continuación se describe.

Primero se perforan los pozos sobre el eje del deprimido, es decir, a la mitad del núcleo, y separados entre ellos una distancia de 9 m, como se muestra en la figura 35.



Figura 34. Perforación de pozos de bombeo.



Figura 35. Pozos de bombeo.

Entre las perforaciones de los pozos se instalan piezómetros, las celdas se alojan en horizontes arenosos (prof. = 9.2 a 9.8 m y 12 a 13 m, aprox.), con la finalidad de poder registrar los abatimientos debidos al bombeo y evaluar su eficiencia. De no aparecer horizontes permeables, los pozos podrán cumplir con estas funciones.

La profundidad de los pozos de bombeo se llevan hasta encontrar y penetrar el estrato permeable (12 y 13 m aprox.), siempre que este se encuentre a una profundidad máxima de 2.5 m por debajo del nivel de excavación. En caso de que el estrato se ubique a una profundidad mayor a la indicada, se perfora hasta 1.5 m bajo el nivel de excavación. Lo anterior implica que el primer pozo marca la profundidad de los subsecuentes pozos.

La perforación del pozo se realiza con broca de aletas, sin uso de lodos de perforación, el diámetro de la perforación es de 30 cm. aproximadamente, una vez finalizada la perforación se lava con agua limpia. Enseguida se coloca la tubería de ademe ranurado de PVC, de 10 cm de diámetro, cubierto con malla mosquetera en toda su longitud.

Posteriormente se coloca el material de filtro entre la tubería y las paredes del pozo; éste es grava limpia bien graduada, con tamaño máximo de $\frac{1}{2}$ ". El material de filtro se coloca a lo largo del pozo.

Dentro del ademe se coloca el equipo de extracción (eyectores), quedando estos a 50 cm. sobre el fondo del pozo. La capacidad mínima del sistema propuesta es de 0.1 lt/seg./pozo.

Instalados los eyectores se procede a colocar todas las tuberías, tanto de inyección como de retorno. Realizado lo anterior, se instala la bomba y el vertedor del sistema de bombeo. Durante el tiempo de bombeo se verificó por lo menos 3 veces al día la presión de trabajo, el gasto del sistema y el funcionamiento de cada pozo.

Antes de iniciar el bombeo se verificó que el sistema no presentara fugas. Para iniciar la excavación del núcleo, el sistema de bombeo se puso en operación 48 hrs. antes de la excavación, para esto, los muros prefabricados deben de estar colocados en los dos ejes confinantes, cuando menos 50m en ambos sentidos del avance, a partir del pozo de bombeo.

III.2.6 Excavación del núcleo

La excavación del núcleo consiste en retirar el material confinado entre los muros prefabricados, con ayuda de una retroexcavadora y una draga con almeja, esta última se utilizó también para la colocación de troqueles. En este proceso es importante llevar un control de la excavación, colado y bombeo del agua freática, con el fin de alterar lo menos posible las condiciones del suelo en la excavación y en las zonas aledañas a la construcción.

La excavación del núcleo se inicia una vez que el lodo fraguante alcanza una resistencia mínima de 0.5 kg/cm^2 . Asimismo los puentes que soportan los muros prefabricados se retiran cuando la resistencia del lodo alcanza 0.3 kg/cm^2 (mínima).

La excavación se realiza por etapas a todo lo ancho del área confinada por los muros, en tramos de 6 m de longitud, con el fin de evitar bufamiento del desplante.

La primera etapa se lleva hasta 1.5m por debajo de la corona del muro prefabricado; la segunda hasta 30 cm antes del nivel de la superficie de rodamiento y la tercera etapa hasta el nivel máximo de excavación donde se coloca el espesor de lastre con las características de calidad indicadas más adelante. En cada una de las etapas puede o no existir una berma entre la primera y segunda etapa.



Figura 36. Excavación del núcleo del deprimido.

Los últimos 30 cm. de excavación en terreno natural, se ejecutan con herramienta manual para afinar el fondo y evitar remoldeo excesivo del material.

Una vez llegado al nivel de desplante se coloca en todo el desarrollo del deprimido el lastre que equilibra la sobre-compensación debida a la excavación, el lastre es a base de concreto pobre de ($f'c=150 \text{ kg/cm}^2$), formado necesariamente con agregado de origen basáltico, lo cual garantiza un peso volumétrico de 2.3 t/m^3 . El espesor de esta capa es variable debido a la pendiente longitudinal de la losa de fondo.

Durante la excavación aledaña a los muros prefabricados, se debe tener especial cuidado en no descubrir o retirar el material por debajo del desplante de este, para esto la excavación en el paño del muro se realizó con herramienta manual.

El sistema de bombeo empezó a operar 48 hrs. antes de iniciar la excavación, esta avanza cuando las mediciones piezométricas indican que el nivel acuse un abatimiento de al menos 1.5 m bajo el nivel de excavación.

Durante la excavación del núcleo se retira el lodo fraguante de modo manual que queda alojado en la zona de colado secundario (junta entre muros), para posteriormente realizar el colado e impermeabilizado de la junta.

Retirado el lodo fraguante y limpiado perfectamente las paredes y el acero entre los muros, se inicia el habilitado del acero y la colocación de la banda Bentomat. El acero empleado tiene una resistencia de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Terminado el habilitado del acero al 100% y colocada la banda bentomat se procede a colocar la cimbra apuntalada con polines de 6". A continuación se inicia el colado, este se realizó con ayuda de una bomba para concreto.

El concreto fue suministrado por camiones revolvedoras con una resistencia de $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y un revenimiento de 14 cm. La colocación del concreto se realizó de tal manera que no se presentara la segregación del concreto producido por el vaciado del concreto a altura mayores a 1.5 m. En la fig 37 se muestran los detalles del armado de la junta constructiva entre muros del deprimido.

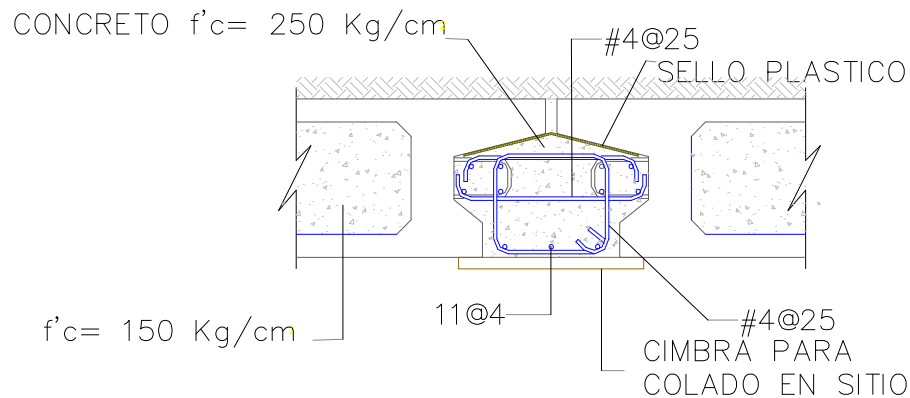


Figura 37. Detalle de unión entre muros.

Durante la excavación del núcleo es necesario contar con un sistema de bombeo de achique con capacidad suficiente para resolver eventualidades.

III.2.7 Colocación de troqueles

Para dar estabilidad a la excavación y colindancia se implementa un sistema de troquelamiento, estos troqueles son de acero y sus extremos están diseñados para recibir un gato con el cual se aplica una precarga, esto ayuda a mantener estables los muros prefabricados en el transcurso de la excavación del núcleo.

Los troqueles se colocan una vez que el concreto de los huecos del muro alcance una resistencia del 50% de la especificada, este concreto se coloca durante el tiempo que

el muro permanece sujeto a los perfiles IPR y una vez que se haya ver colocado el lodo fraguante.

En el proceso de excavación se colocan 2 niveles de troqueles en los elementos prefabricados, cada uno correspondiente a las 2 primeras etapas de excavación. Conforme avanza la excavación se colocan los troqueles con ayuda de una draga, la cual levanta y posiciona el troquel de acuerdo a especificaciones.

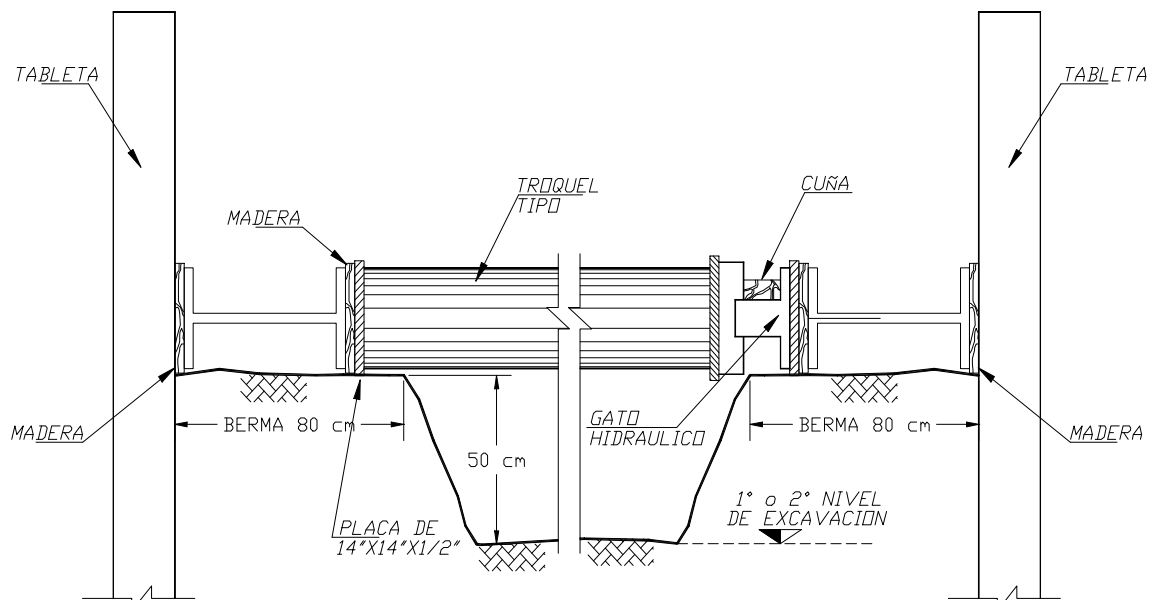


Figura 38. Detalle de colocación de troqueles.

Los troqueles son a base de tubo de acero de 12" CED. 40 y placa metálica. La longitud de los troqueles varía (tramo recto y zona de curva), considerando las vigas madrina, placas, caja de gato, etc.

Una vez alcanzado el primer nivel de excavación, se coloca el troquel dejando una berma de 80 cm donde se apoya la viga madrina (IPR) de 2.5 m de largo. Entre la viga madrina y el muro se coloca un tablón de madera de 2" de espesor, del mismo largo que la viga. Enseguida se coloca el gato que suministra la precarga, una vez que llegue a la precarga de proyecto se colocan unas cuñas para fijar el troquel, fijándolas con puntos de soldadura, posteriormente se deja de aplicar la precarga y se retira el gato. En la fig.39 se muestra detalle del posicionamiento del gato para la precarga.

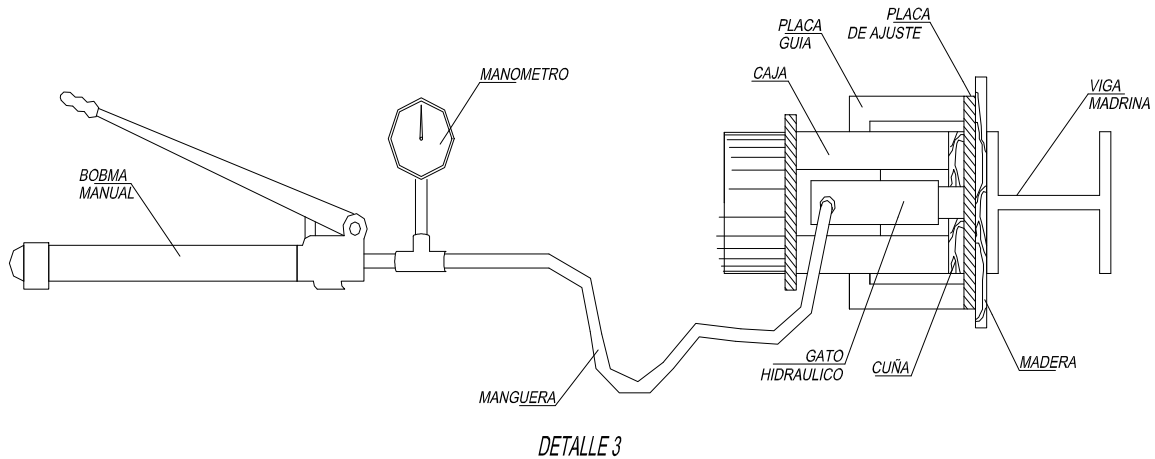


Figura 39. Posicionamiento de gato de precarga.

La viga madrina tiene la función de repartir la carga sobre el muro prefabricado, los troqueles se colocan en cada unión entre muros. A este primer nivel de troqueles se le suministra una precarga de 65 ton.

Una vez colocado el troquel superior se continúa con la excavación de la segunda etapa, llegando al segundo nivel se coloca el segundo nivel de troqueles similar al procedimiento descrito anteriormente, aplicándole a los troqueles una precarga de 80 toneladas.



Figura Sistema de troquelamiento para excavación de núcleo.

En el caso de las zonas de curva, en el apoyo de la viga madrina con los muros se colocaron “quesos” de madera y cuñas, con el fin de garantizar una buena repartición de la carga aplicada. (fig. 40)

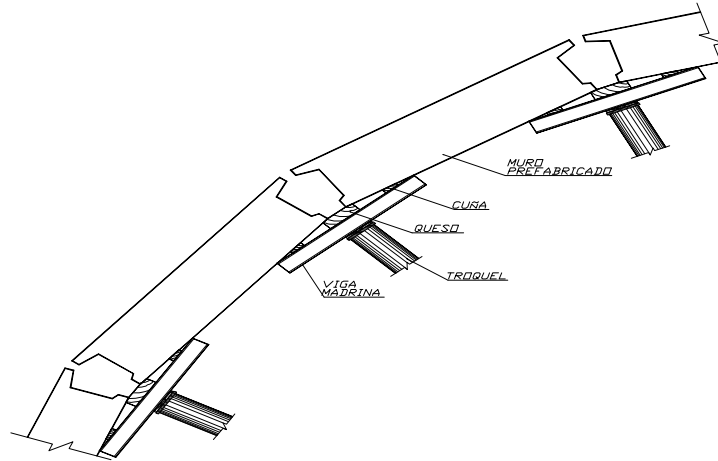


Figura 40. Detalle de troquelamiento en zona de curva.

El sistema de troqueles es asegurado a los muros mediante cables de acero de 1/2". Para la reacción contra las vigas madrina se requiere que éstas estén debidamente fijadas a las tablestacas prefabricadas, de modo tal que resistan el esfuerzo cortante aplicado.



Figura 41. Troquelamiento en zona de curva.

III.2.8 Construcción de losas

La construcción del lastre, la losa de fondo y la losa tapa cumplen con diferentes funciones. El lastre permite compensar el peso del material excavado, además de servir como plantilla para la construcción de la losa de fondo. La losa de fondo permite la unión del muro con la losa, esta forma parte de la superficie de rodamiento mientras que la losa tapa permite el tránsito de los vehículos sobre el deprimido.

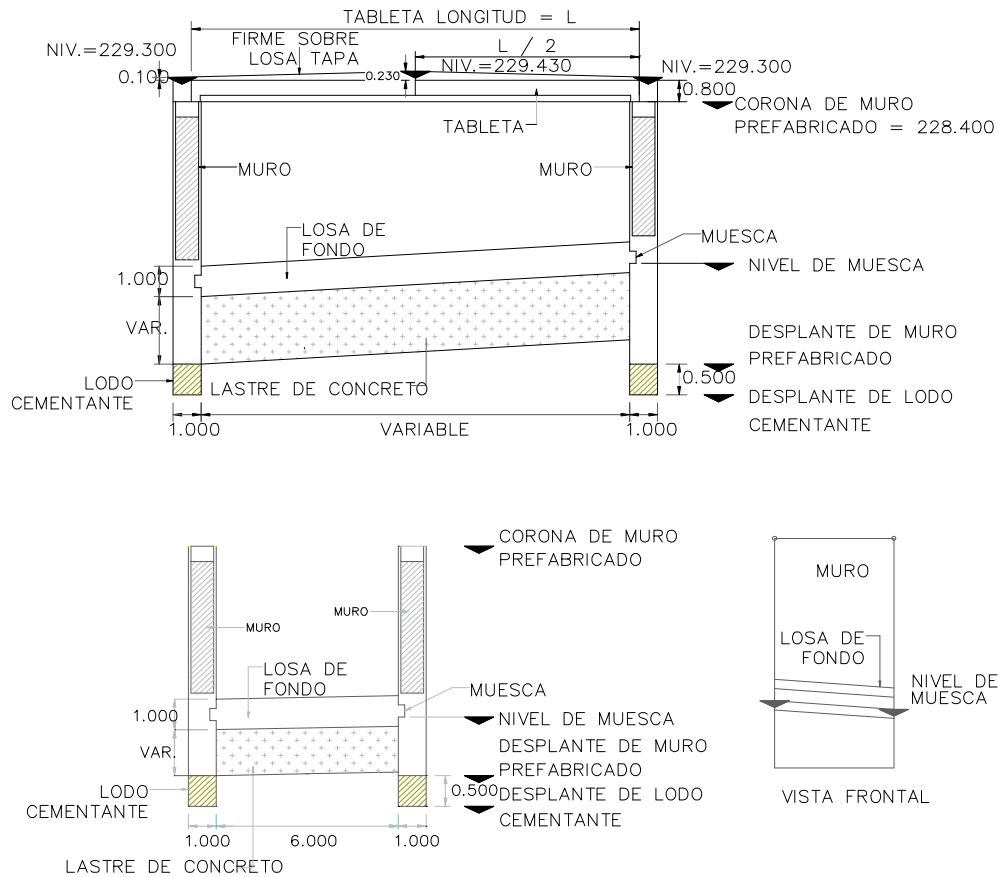


Figura 42. Corte del deprimido

Una vez que se llega al nivel de desplante se afina el fondo de la excavación con herramienta menor, enseguida se trazan los niveles con equipo topográfico, a continuación se inicia el cimbrado para el lastre con triplay y polines.

Terminado lo anterior se procede a colar el lastre de concreto pobre ($f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$) formado con agregado de origen basáltico, para aumentar su peso volumétrico, su espesor es variable a lo largo del deprimido. Antes de iniciar su colado se deben verificar por parte de supervisión los niveles de desplante y de lastre.

La colocación del concreto se realizó con ayuda de un camión bomba con pluma telescópica, al concreto se le realizaron las pruebas de revenimiento y se tomaron muestras para verificar que la resistencia fuera la de proyecto, el vibrado se realizó con vibradores de inmersión y el acabado fue rugoso.

Una vez que el lastre alcanza el fraguado inicial, se realizan los trabajos necesarios para el armado de la losa de fondo incluyendo la liga de esta con los muros. El tiempo máximo admisible entre la terminación del colado del lastre y la excavación es de 8 hrs.

En el capítulo de concretos se detalla el armado de la losa de fondo.

Una vez colada la losa de fondo se suspende el bombeo del tramo y se sellan los pozos mediante la colocación de concreto con un aditivo expansor.

La construcción de la losa tapa se inicia con la colocación de las vigas "T", estas se colocan con ayuda de una grúa de orugas, una vez posicionadas las vigas se inicia el habilitado del acero en la liga de este con el muro y el habilitado de las trabes intermedias con varilla de 3/8" como se muestra en la fig 43.



Figura 43. Colocación de tabletas para la losa tapa.

Habilitado el acero al 100% se inicia el colado con un concreto de resistencia de $F'c=250 \text{ kg/cm}^2$. El colado se realizó con ayuda de una bomba para concreto con pluma telescópica y vibradores de inmersión.



Figura 44. Armado del acero de losa tapa.

El concreto se suministró con camión revolvedora, al concreto se le realizó la prueba de revenimiento y se tomaron muestras en cilindros para verificar la resistencia del concreto. Antes de iniciar el colado se verificó por parte de supervisión el correcto armado del acero y las dimensiones de este de acuerdo a planos de proyecto.

El colado llega hasta la parte superior de la viga, de tal forma que la parte superior del acero de las traveses intermedias quede descubierto, para posteriormente armar la losa de compresión.

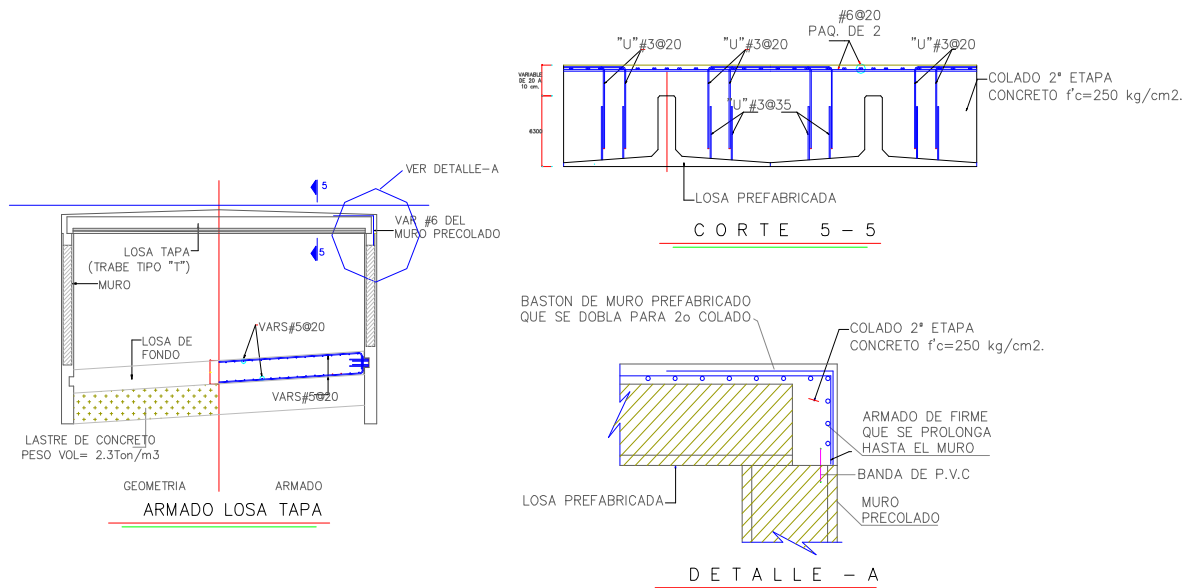


Figura 45. Detalles de armado de losa tapa.

El objetivo principal de la losa de compresión es el de transmitir y distribuir las cargas a las vigas T, además de absorber los esfuerzos de compresión que actúan sobre la estructura. En el nivel de la losa de compresión se considera el espesor de la capa de tepetate y la carpeta asfáltica.

Fraguado el concreto mencionado anteriormente, se inicia el habilitado del acero de refuerzo en sentido longitudinal y transversal. Armado el acero de refuerzo se procede a limpiar el área a colar, se verifica el armado del acero y se humedece la superficie a colar. Es importante que el tiempo entre el armado y colado sea el mínimo, para lograr la unión entre concretos viejos y nuevos es recomendable aplicar en la superficie vieja un aditivo que logre la unión de estos.

El concreto utilizado en la elaboración de la losa de compresión tiene una resistencia de 250 kg/cm^2 con un agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", el espesor de la losa es de 20 cm en toda el área. Se tomaron pruebas de concreto y se realizó la prueba de revenimiento.

La colocación del concreto se realizó con el apoyo de una bomba para concreto con pluma telescópica, el acomodo del concreto se realizó con vibradores de inmersión.



Figura 46. Armado y colado de la losa de compresión.

Cuando el concreto de la losa de fondo alcanza el 50% de su resistencia, en el tramo recto se inicia el retiro de los troqueles inferiores con ayuda del camión plataforma habilitado con una pluma. Los troqueles superiores se retiran una vez que se han colado las juntas de construcción y que el concreto adquiera resistencia.

Para el caso de la zona de curva; una vez colocadas las tabletas para conformar la losa tapa, se procede al retiro de los troqueles superiores.

III.2.9 Construcción de la guarnición y parapeto

La guarnición y el parapeto tienen la función de actuar como un muro de contención ante un probable accidente automovilístico, para evitar que los vehículos se precipiten dentro del deprimido. La construcción de la guarnición comienza antes de que se cuelen los huecos de los muros, en el cual quedan ahogado el acero, una vez terminado el armado del acero se colocan unas placas metálicas en la parte superior de la guarnición, en donde posteriormente se soldan las pilastras que sirven de soporte al parapeto.

El acero utilizado en la unión del muro y la guarnición tiene una resistencia de $f_y = 4200$ kg/cm². Con un diámetro de 3/8"; se formaron anillos que se colocaron dentro de los cajones, estos se ligaron al acero vertical que formaba parte de la guarnición. Una vez habilitado el acero en los huecos del muro se procedió a colar los huecos con ayuda de un tubo para evitar la segregación del concreto.

Habilitado el acero de la guarnición al 100%, colocadas las placas metálicas y los ductos para las instalaciones eléctricas, se procedió a colocar la cimbra compuesta por moldes metálicos. El concreto se suministró con camión revolvedora con capacidad de 7m³, la colocación del concreto se realizó con canalón y la compactación con vibradores de inmersión.

Una vez fraguado el concreto se retiran los moldes, enseguida se coloca el parapeto previamente armado y se solda con arco eléctrico, a continuación se limpia perfectamente el parapeto y se pinta. Por último se colocan los postes de alumbrado y se realizan las conexiones necesarias para el buen funcionamiento de las luminarias.

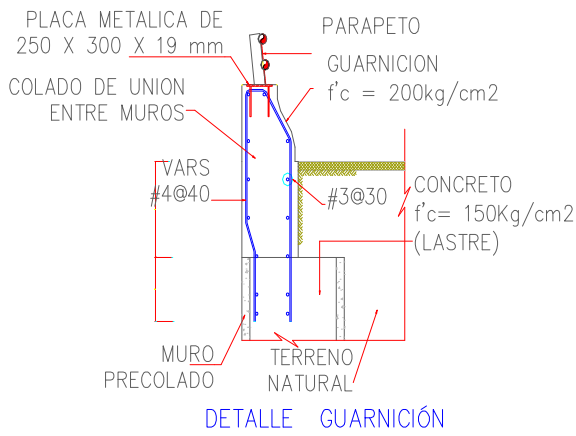


Figura 47. Izq. Colocación del parapeto Der. Detalles de armado de guarnición.

III.2.10 Rellenos locales

Colocadas las tabletas que conforman la losa tapa y una vez que el concreto del firme de compresión alcance el 50% de sus resistencia, se inicia la colocación del tepetate en capas de 20 cm. hasta llegar al nivel del asfalto, la compactación se realizó con vibradores y rodillos autopropulsados hasta llegar a una compactación del 95% AASHTO estándar (T-99).

Todos los rellenos que se colocan en la zona de obra y no tengan una función estructural u ornamental, es decir rellenos de sobre excavación, caídos, etc., deben colocarse y compactarse con las mismas características indicadas anteriormente.

III.3 Concretos

En la construcción de dicho Deprimido, se consideran dos tipos de pavimento, uno rígido (concreto hidráulico) y que va a lo largo del eje de trazo del mismo y que forma parte de la superficie de rodamiento de los vehículos y el otro es de tipo flexible (concreto asfáltico) que cruza una parte sobre el techo del deprimido.

Se han utilizado concretos con diferente resistencia, estos deben de cumplir con los requisitos mínimos de materiales, proceso, procedimiento de elaboración y ejecución para los distintos elementos del deprimido. Para esto deben de cumplir con las siguientes normas:

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus respectivas Normas Técnicas Complementarias.
- 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)

III.3.1 Materiales

Los materiales que se emplean en la elaboración del concreto hidráulico son:

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

El control de calidad de los materiales empleados, se efectúa en un laboratorio capacitado para efectuar las pruebas de control. La calidad del concreto endurecido se verifica en un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)

El 100% de los concretos hidráulicos utilizados en la construcción de la obra fue concreto premezclado, incluyendo los empleados en la construcción de los elementos prefabricados.

El concreto premezclado es un concreto hidráulico dosificado por el fabricante y que se entrega al comprador para su utilización en estado plástico no endurecido.

Los pedidos del concreto premezclado deben 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 de 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.

III.3.2 Elaboración del concreto

El proporcionamiento de las mezclas para elaborar el concreto es determinado por el laboratorio, para lo cual se efectúan pruebas a los materiales con el fin de conocer sus características en especial el contenido de agua que debe considerarse al dosificar el concreto.

La resistencia ($f'c$) de los concretos varia en cada elemento de acuerdo a planos del proyecto, la resistencia especificada se refiere a la obtenida a los 28 días de elaborado el concreto. Los concretos utilizados tienen las siguientes resistencias.

Elemento	Resistencia $f'c$ (kg/cm²)
Plantillas	100
Muros y losas de cajas	250
Juntas de construcción	250
Lastre	150
Losa de fondo	250
Huecos de muros	150
Muros prefabricados	300
Tabletas prefabricadas	400
Losa de compresión	250
Trabes del cárcamo	250
Brocal	150
Muro de contención	250

Estos concretos quedan clasificados en;

- Concreto clase 1. Cuando la resistencia especificada sea igual o mayor a 250 kg/cm².
- Concreto clase 2. Cuando la resistencia especificada sea menor a 250 kg/cm².

Para la dosificación, las cantidades de cemento, agregados y agua, son determinados por peso. Para el diseño de la mezcla de concreto, se determinan 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.
- Clase y tipo de aditivo y los efectos que con su empleo se pretende obtener.
- Relación agua – cemento máxima permisible según las normas base. En caso de aplicación el aditivo superfluidificante considerarlo en la relación.

El equipo de transporte utilizado en obra para el concreto fue el siguiente:

- Olla móvil revolovedora con capacidad de 7m³. Este equipo se posicionaba cerca del elemento acolar, evitando de afectar la estabilización de la excavación.
- Canales y tubos. Estos se disponen de tal manera que se evite la segregación y/o clasificación de los materiales. Los tubos se colocan en un determinado ángulo con el fin de evitar velocidades excesivas que propicien la clasificación de los materiales. Los canales pueden ser de metal, madera o cualquier otra material previamente autorizado por la Supervisión.
- Bombas de concreto. Este equipo de bombeo se instala fuera de la zona de 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 debe ser continuo, en caso de suspensión la mezcla que permanece en la tubería es removida y desechada, además de lavar todo el equipo antes de continuar.



Figura 48. Colado de lastre con bomba para concreto.

III.3.3 Colocación

Antes de efectuar el colado de cualquier elemento el contratista da aviso a supervisión. Personal de supervisión verifica las dimensiones, desplantes, solidez y demás requisitos de los moldes y obra falsa, la correcta colocación de anclas y otros soportes, los ductos para las instalaciones que se establecen en el proyecto, etc. Posteriormente se da por escrito la aprobación para efectuar el colado al contratista. El aviso debe ser dado por el contratista con una anticipación de 24 hrs. como máximo.

El tiempo permitido entre el inicio de mezclado y la terminación de la colocación, compactación y acomodo del concreto es de 90 min. El tiempo transcurrido entre la salida de la planta dosificadora y el destino final no debe exceder de los 60 min.

Una vez que llega el concreto a la planta se procede de inmediato al vaciado, siempre y cuando el sitio a colar este libre de agua o de cualquier otro material extraño.

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

La mezcla se vacía colocándola en capas horizontales continuas de 25 a 30cm. de espesor, cada capa se acomoda y compacta en toda su profundidad para obtener un concreto que llene completamente los moldes y cubra en forma satisfactoria el acero de refuerzo. A fin de evitar que se marquen juntas así como evitar discontinuidad entre las capas, el colado debe ser continuo una vez que haya sido colocada y compactada; y antes de que inicie su fraguado. El tiempo máximo permitido entre la colocación de una capa y la precedente es de 30 minutos.

Cuando la mezcla se coloca desde una altura mayor a los 3 m, se usan deflectores y/o tuberías adecuadas.

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

La mezcla se vacía por frentes continuos, cubriendo toda la sección del elemento, evitando colar la mezcla de alturas mayores a 1.50 m; el colado es continuo hasta la terminación del elemento o hasta la junta de construcción que fija el proyecto y/o ordene el representante de la supervisión; el tiempo máximo entre un vaciado y el siguiente es de 30 minutos.



Figura 49. Colado de huecos de muros con canalón.

III.3.4 Curado del concreto

El concreto colado es protegido contra condiciones climáticas adversas, previniendo la rápida evaporación debida a las altas temperaturas, viento o lluvias. En el caso de los brocales se utilizo una membrana de curado, la cual al secarse se produce una capa delgada de resina la cual evita la pérdida del agua por evaporación. El curado de los prefabricados, se realizó con vapor, una vez colados los elementos se procedía a colocar la tubería que distribuía el vapor en todo el elemento, enseguida se cubría con un nylon para retener el vapor. El vapor es suministrado por una caldera en forma gradual. Es importante tener un control del vapor para que este método de curado sea efectivo, el exceso de vapor puede quemar el concreto.

El curado con vapor propicia un fraguado de edad temprana; aplicando vapor en un lapso entre 6 a 10 horas se puede alcanzar una resistencia del 80% aproximadamente.

III.3.5 Control de calidad

Durante una obra es importante llevar un control de calidad de los materiales utilizados, en los deprimidos se realizaron pruebas periódicas a los concretos, lodo bentonítico, lodo fraguante y rellenos.

A los concretos suministrados en obra se les realizó la prueba de revenimiento y de resistencia a compresión.

La prueba de revenimiento es una prueba de trabajabilidad del concreto sencilla que se aplica en la obra, con la cual se puede decidir si la mezcla es aceptada o rechazada. La prueba de revenimiento se realiza de la siguiente manera.

Se toma una muestra representativa de la mezcla y se verifica que el cono y la herramienta estén limpios.

A continuación se coloca el cono sujetado con los pies en los apoyos especiales, utilizando un cucharón se llena hasta una tercera parte de su altura y se varilla esta capa 25 veces.

Se añade otra capa y se repite el mismo procedimiento hasta llegar a la parte superior del cono. Posteriormente se retira el exceso de la mezcla y se retira el cono con sumo cuidado, con un movimiento hacia arriba y conservando su posición vertical.

Enseguida se coloca la varilla de compactación en la parte superior del cono y se mide la diferencia de alturas entre el cono y la muestra.

La resistencia a la compresión es el esfuerzo de ruptura del concreto endurecido, que se obtienen en especímenes cilíndricos estándar, ensayados a compresión axial, expresada en kg/cm^2 . El curado de las pruebas se realizó con el procedimiento de inmersión total en agua. Salvo a las pruebas de los elementos prefabricados, todos los ensayos se efectuaron a los 28 días de edad del concreto para concreto normal.

El informe de la prueba de cada espécimen debe incluir los siguientes datos (mínimo):

- Número de identificación.
- Obra de procedencia y lugar de colado.
- Planta mezcladora y número de 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 la compresión en kg/cm^2 .
- Tipo de falla cuando no se presenta el cono usual.
- Defectos observados en el espécimen o en las cabezas. Edad del espécimen en días.

- Revenimiento de la muestra en centímetros.
- Clase de concreto.

En los anexos se presentan resultados de las pruebas de resistencia en varios elementos de los deprimidos.

III.3.6 Pavimento Rígido

El pavimento rígido esta formado por la misma losa de fondo, de concreto estructural que se construye durante la construcción del deprimido. Esta losa tiene espesores comprendidos entre 0.3 y 1 m y a su vez está apoyada en un lastre de concreto pobre con agregado basáltico de espesor variable, como se ilustra en la figura 50.

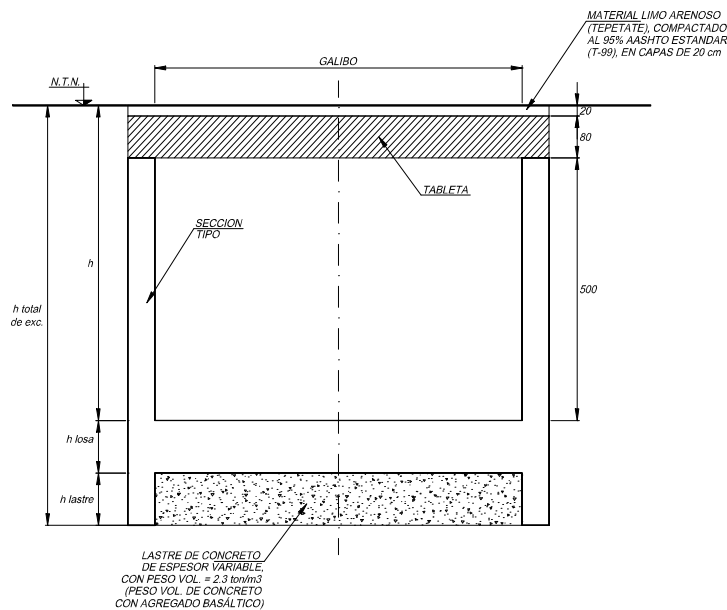


Figura 50. Corte de deprimido, dimensiones de elementos.

La construcción de la losa de fondo inicia una vez que el concreto del lastre fragua; se inicia con el armado del acero en la parte inferior calzándolo con cubos de concreto, enseguida se habilita el acero de la unión entre el muro y la losa como se muestra en la figura 51, posteriormente se coloca la tubería fluvial con sus respectivo registro y la rejilla, por último se coloca el acero superior posicionándolo con silletas de acero de 3/8" como se muestra en la figura 53. El acero empleado tiene una resistencia de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ de diámetros de 3/8" y 1/2".

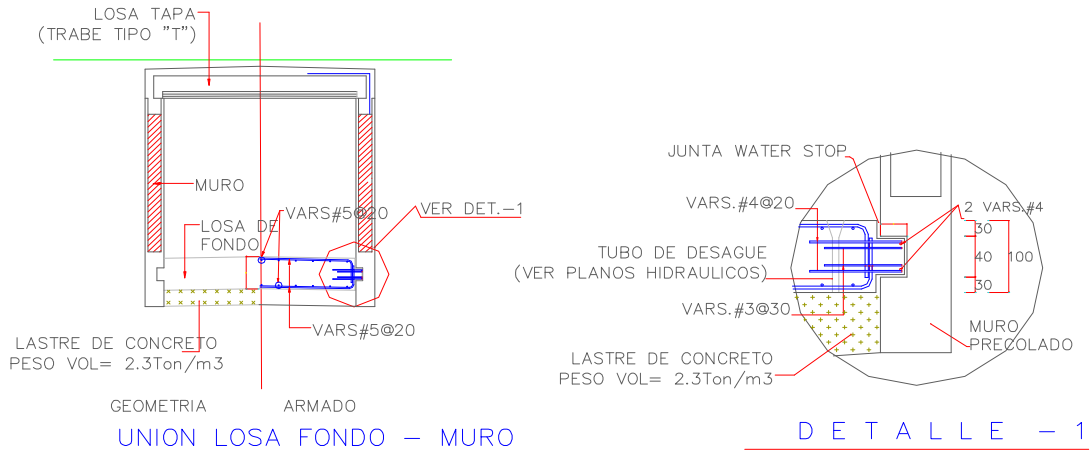


Figura 51. Detalles de unión entre losa de fondo y muro.

Dado que la mayor parte de las losas de fondo del deprimido son losas de concreto hidráulico armadas, es necesario colocar juntas transversales de construcción.

III.3.6.1 Juntas de construcción en pavimento rígido

Las juntas transversales de construcción se colocan cada vez que el colado se interrumpe, por situaciones de emergencia, o porque finaliza una jornada de trabajo, procurando colar losas completas.

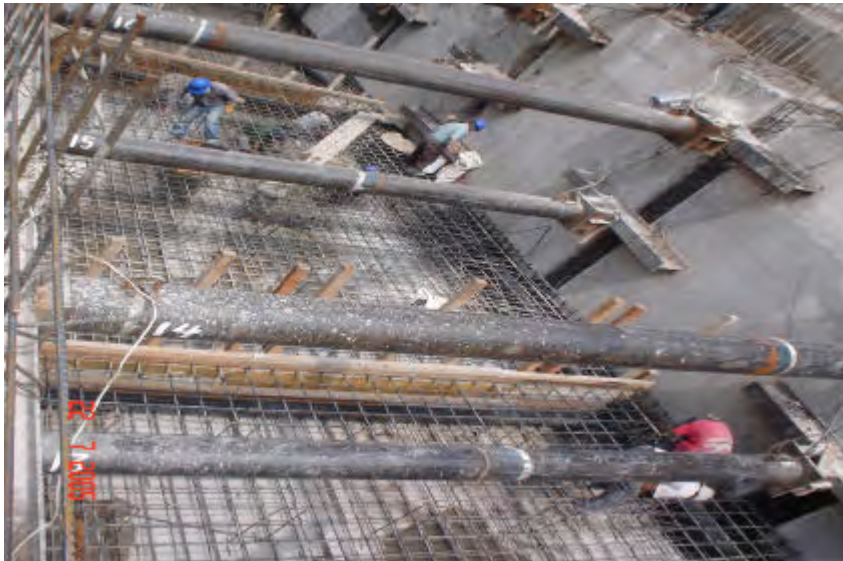


Figura 52. Juntas de construcción en losa de fondo.

Las juntas transversales son bandas de PVC (material impermeable y flexible) que se colocan entre la cimbra, estas quedan ahogadas en el concreto una vez que se cuela.

Además de estas juntas se utilizaron sellos Water stop en la unión entre el muro y la losa de fondo. Las juntas tienen como función evitar el paso del agua del subsuelo hacia el interior del deprimido.

Los tramos de losa colados eran alrededor de los 4 metros. La cimbra es colocada una vez que se habilitaba el acero, la banda de PVC es aprisionada con la cimbra a la mitad del espesor de la losa, asegurándose de no presentarse movimientos de esta al vibrar el concreto.



Figura 53. Armado de la losa de fondo, al fondo cimbra con banda de PVC.

Una vez habilitado el acero al 100% y cimbrado el tramo a colar se procede a limpiar y humedecer el área a colar. Supervisión verifica antes del colado los niveles de losa, las dimensiones y el correcto habilitado del acero de refuerzo, las instalaciones hidráulicas, la colocación de la junta de PVC y el sello Water stop, así como la limpieza del área a colar. Dada la aprobación anterior se está listo y se inicia el colado de la losa de fondo.

Para el colado de la losa de fondo el concreto es dosificado en planta y suministrado por un camión revolvente, el concreto tiene una resistencia de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ con un revenimiento de 12 cm. La colocación del concreto se realiza con ayuda de una bomba para concreto con pluma telescópica, la compactación se realiza con 2 vibradores de inmersión cuidando de no vibrar por más de 15 segundos en el mismo lugar, para evitar la segregación de los materiales (Figura 54).



Figura 54. Colado de losa de fondo, con concreto bombeable y compactación con vibrador de inmersión.

Una vez rebajado y vibrado el concreto, este se empareja con una regla de borde recto, de aproximadamente 3 m, que tiene una manija que permite manejarlo desde la orilla de la losa. Los excesos de agua o residuos se remueven con pala.

La regla de emparejar se maneja paralela a la línea central de pavimento y se mueve hacia delante una distancia igual a la mitad de su longitud después de cada pasada. Las irregularidades se corrigen agregando o removiendo concreto.

Antes de terminar con el acabado final y antes de que el concreto llegue al fraguado inicial, se da cuidadosamente, a los bordes de la losa y guarnición el acabado de borde. Para el acabado final se da una recorrida con una escoba de cerdas duras del centro del pavimento a la orilla, con trazos adyacentes que se traslapan para producir corrugaciones sobre la superficie, de apariencia uniforme y de una profundidad de aproximadamente 1.50 mm.

III.3.7 Pavimento flexible sobre techo del deprimido

De acuerdo a proyecto sobre la losa tapa se presentará circulación de vehículos (carriles centrales), para los cuales se tendrá que habilitar el paso con pavimento flexible (concreto asfáltico). Para esto se contempla una capa base formada por tepetate y otra capa de carpeta asfáltica. Para que exista adherencia entre estas dos

capas es necesario aplicar un riego de impregnación y un riego de liga sobre la base, sobre ésta se coloca la carpeta asfáltica y finalmente se adiciona un sello de acabado. El pavimento flexible se colocó en la zona de excavación para la tubería de agua potable y drenaje, además del deprimido y la losa tapa. Debido al tránsito de maquinaria y grieta que estaban presentes antes de iniciar la obra se optó por retirar la carpeta asfáltica en la zona severamente dañada y en la zona en estado regular se fresó el pavimento, para después colocar en toda la zona de la obra una carpeta asfáltica.

III.3.7.1 Capa de base

La capa base está formada por material limo-arenoso (tepetate) producto de banco, el materia se extendió con ayuda de una motoconformadora, una vez extendido el material se procede a compactarlo con equipo vibratorio.



Figura 55. Izq Motoconformadora tendiendo material para base. Der Compactación de base.

En lo que respecta a las características de la base, ésta debe cumplir con lo siguiente:

Espesor	15 cm
Compactación AASHTO modificada (T-180)	100% (mínimo)
Granulometría preferente	Zona 1 (fig.4)
Tamaño máximo del agregado	1 1/2"
Contenido de finos	10% (máximo)
Valor relativo de soporte	100% (mínimo)

Equivalente de arena	40% (mínimo)
Valor cementante	3 Kg/cm ²

El material que pase la malla No.40 debe cumplir con:

Límite líquido	30% (máximo)
Índice plástico	6% (máximo)
Contracción lineal	3.5% (máximo)

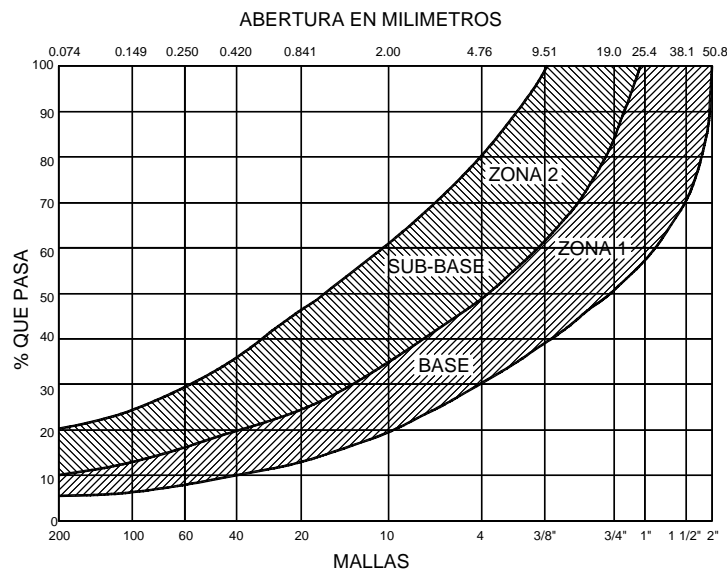


Figura 56. Granulometría para materiales de base.

Para dar por terminada la construcción de la capa Base se verifica el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo a lo fijado en proyecto y con las tolerancias siguientes:

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 cm

Espesor	6%
---------	----

Es aceptada 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.



Figura 57. Base compactada.

A continuación se menciona las características que deben cumplir los riegos de impregnación y de liga, así como los de la carpeta asfáltica.

III.3.7.2 Riego de impregnación

Al riego de impregnación se le conoce también como riego de penetración, su objetivo es el de proteger la base hidráulica contra la lluvia y el tránsito normal de vehículos ligeros durante la construcción. Además sirve como una zona de transición entre la base hidráulica y la capa asfáltica siguiente. De esta manera, el riego de liga tiene una superficie afín para asegurar el anclaje de la capa siguiente.

Una vez que la capa de base haya cumplido con las especificaciones, sobre la base seca, libre de polvo y partículas sueltas, se aplica un riego de impregnación en base de emulsión catiónica de rompimiento medio RM-2K, en proporción de 0.70 l/m², y penetración de 2 mm (mínimo). La emulsión debe cumplir con las características que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3 Características de emulsiones asfálticas

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: -Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo -Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo		80 60
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



Figura 58. Riego de impregnación

El riego de impregnación se realiza con ayuda de un equipo aspersor como se muestra en la figura 58, realizado lo anterior la base impregnada se cierra a cualquier actividad durante 48 horas.

En caso de existir posibilidades de lluvia, el riego de impregnación se pospone, y la base se protege mediante el sellado con rodillo neumático o bien con membranas de polietileno.

III.3.7.3 Riego de liga.

Transcurridas 48 horas (mínimo) de aplicado el riego de impregnación y 30 min. antes de la colocación de la mezcla asfáltica, se aplica el riego de liga una vez que el material halla penetrado y desfluxado, el exceso de material se retira con cepillos.

Para obtener una buena carpeta asfáltica es importante que durante el riego de liga y la colocación de la carpeta asfáltica, la superficie esté seca y limpia, por lo que deberá suspenderse este proceso si hay posibilidad de lluvia.

El riego de liga se realiza con una emulsión catiónica de rompimiento rápido RR-2K, con las características que se expresan en la tabla 3, con una proporción de 0.70 l/m^2 .

III.4 Carpeta Asfáltica

Una vez que el riego de liga se coloca, se procede al tendido del concreto asfáltico, este se realiza con ayuda de rastrillos y una terminadora, en la cual se coloca la mezcla directo del camión de volteo. El tendido se realiza a una temperatura mínima de 110 °C, y con un espesor de 8 cm de espesor. Después del tendido, inmediatamente se compacta uniformemente por medio de una aplanadora de rodillo liso tipo Tandem, posteriormente se compacta con un compactador de neumáticos "Duo Pactor". La temperatura con la que se debe finalizar la compactación está entre los 60 y 70 °C

La carpeta tiene las características siguientes:

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



Figura 59. Tendido de carpeta asfáltica.

La carpeta se forma con el número de capas necesarias para garantizar la compactación. Las características del material pétreo, mezcla asfáltica y cemento asfáltico deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Material pétreo

CARACTERISTICA	
Granulometría necesaria	Zona I de figura 60
Tamaño máximo	3/4"
Contracción lineal	2 % (máximo)
Desgaste	40 % (máximo)
Absorción	7 % (máximo)
Partículas de forma alargada y/o laja	35 %
Contenido de finos	4%
Equivalente de arena	55 % (mínimo)

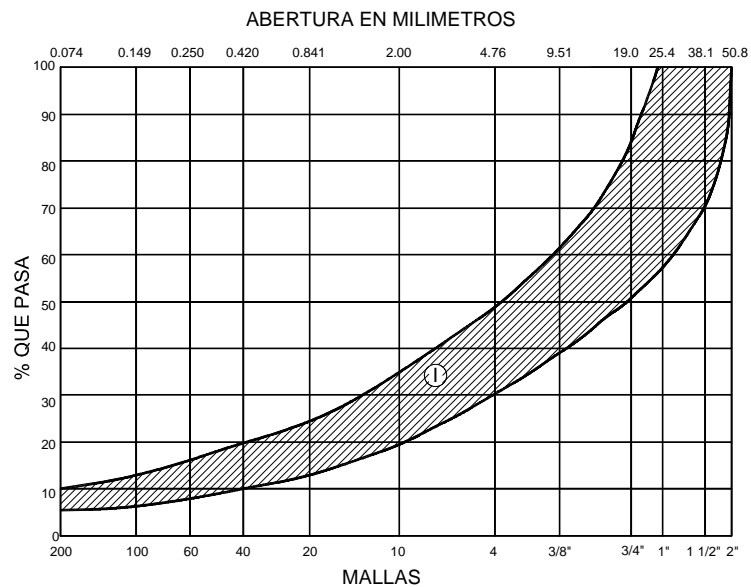


Figura 60. Granulometría para material pétreo de la carpeta asfáltica.

Características de la mezcla asfáltica, de acuerdo al procedimiento Marshal.

CARACTERISTICA	
Número de golpes por cara.	75
Estabilidad	1000 kg (mínimo)
Flujo	2 - 4 mm (máximo)
Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) respecto al volumen del espécimen de mezcla.	14 % (mínimo)
Porcentaje de vacíos en la mezcla respecto al volumen del espécimen.	3 - 5 %

Cemento asfáltico.

CARACTERISTICA	
Tipo	No 6 o similar
Penetración	100 g, 5s, 25 °C, 90 - 100 °C
Viscosidad Saybolt-furol (135_C)	85 (mínimo)
Inflamación (Cleveland)	230 °C (mínimo)
Reblandecimiento	50 °C
Solubilidad en tetracloruro de carbono	99.50 % (mínimo)
Ductibilidad	25 - 100 cm

La granulometría y forma del material pétreo debe cumplir cuando menos con dos de los siguientes requisitos.

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

En el proceso de compactación se pueden presentar interrupciones por falta de asfalto u otro acontecimiento, en el cual es necesario realizar juntas de construcción.

En las juntas de construcción transversales se recortan aproximadamente a 45°, antes de iniciar el siguiente tendido y también debe ligarse con cemento asfáltico o con un material de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente franja.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verifica el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, de acuerdo a proyecto.



Figura 61. Compactación de carpeta asfáltica.

Una vez verificadas y cumplidas las características de la carpeta es recomendable aplicar un riego de sello sobre ésta para impermeabilizarla. El riego se realiza con lechada de cemento agua en proporción de cemento/área de 0.8 lt/m².

Por último se procede a pintar las líneas sobre la carpeta asfáltica con pintura termoplástica y microesferas reflejantes.

III.5 Cárcamo de bombeo

El cárcamo de bombeo tiene como función; captar los escurrimientos fluviales atrapados en el deprimido, para posteriormente ser bombeado hasta el drenaje municipal. Este cárcamo está construido por muros prefabricados de concreto presforzado, con una altura de 11.65 m, ancho de 4.05m y un espesor de 0.55m. El procedimiento de construcción es similar al del deprimido, el cual se describe más adelante.

El cárcamo está localizado a un costado de la vialidad del deprimido Marruecos. El cárcamo es cuadrado de 4 x 4 m interiores. La esquina más cercana de las paredes del cárcamo se encuentra aproximadamente a 9.8 m del deprimido, como se ilustra en la figura 62.

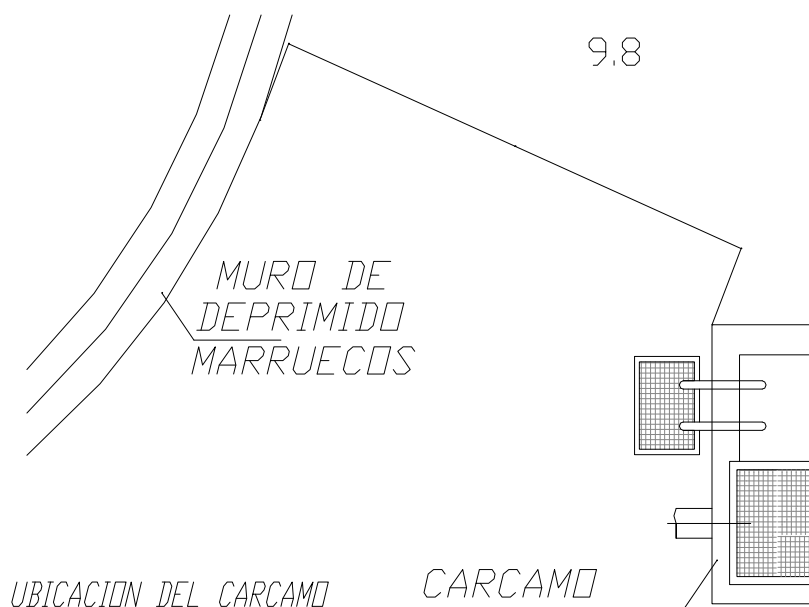


Figura 62. Ubicación del cárcamo de bombeo.

III.5.1 Excavación de zanja y construcción de brocales

Las actividades se inician con la excavación de la zanja de 80 cm de ancho sobre cada eje de muro. La excavación se realiza en dos etapas. La primera etapa se realiza hasta una profundidad de 2.5 m, en todo el perímetro del cárcamo y con taludes verticales. Esta excavación se realiza en seco con ayuda de una retroexcavadora y herramienta menor para el afine de las paredes y del desplante.

Una vez excavada y afinada la zanja se construyen los brocales en ambos lados de ella y en toda su profundidad. Los brocales son construidos con acero de diámetro de 3/8" y concreto con una resistencia de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$. Terminado el armado del acero se procede a cimbrar las paredes del brocal con triplay y polines.

Enseguida se limpia el área a colar, se calza el acero con cubos de concreto y se humedece el área a colar. El concreto es vaciado con canalón y distribuido con palas, la compactación se realiza con vibradores de inmersión. Una vez que adquiere su resistencia inicial el concreto, se descimbra el brocal y se apuntala con polines de 6" como en el caso del deprimido.

III.5.2 Excavación de trinchera

Una vez que los brocales alcanzan una resistencia del 75% de proyecto, se inicia la excavación de la trinchera de 60 cm de ancho y hasta una profundidad de 0.50 m por debajo del nivel del muro prefabricado, esta excavación se realizó con ayuda del equipo guiado, suministrando a la vez lodo estabilizador. La excavación se realiza a todo lo largo del lado del cárcamo que es el área que ocupa un muro prefabricado. Una vez excavado se vuelve a apuntalar los brocales tal y como se realizó en la primera etapa.

El nivel del lodo dentro de la trinchera varía alrededor de 1 m por debajo del terreno natural. Durante la colocación, nivelación y alineamiento del muro se trata de mantener este nivel, no siendo en este caso un obstáculo para el colado de los muros, debido a que los cajones de aligeramiento para los muros del cárcamo estaban rellenos de poliuretano, debido a las reducidas dimensiones.

De acuerdo a especificaciones, las trincheras pueden permanecer abiertas, sin hincar el muro prefabricado hasta veinte horas, aun con los apuntalamientos en la zona de brocales.



Figura 63. Excavación de trinchera para cárcamo de bombeo.

III.5.3 Colocación de lodo fraguante y tablestaca

Una vez excavada la trinchera hasta una profundidad especificada, en una longitud que abarque el lado del cárcamo de 4 m, se coloca y se fija el muro con ayuda de dos grúas, una grúa con capacidad de 120 ton. y una grúa telescópica sobre orugas con capacidad de 70 Ton, verificando sus características de verticalidad y horizontalidad.

El muro se nivela con 4 tornillos niveladores sujetos a perfiles IPR posicionados en las esquinas de la excavación. Los niveles de los muros se verifican con equipo topográfico por personal de supervisión. Una vez que son hincados y nivelados los 4 muros se procede a inyectar el lodo fraguante con equipo de bombeo a través de un tubo Tremie, hasta llegar al nivel de 15 cm por debajo de nivel de la corona de los muros.

Para el hincado del muro se retira el apuntalamiento únicamente el en tramo de colocación del muro prefabricado, inmediatamente después de colocado éste es nuevamente instalado el apuntalamiento.

Una vez hincado el muro se inicia la excavación de otro tramo de zanja de uno de los muros perimetrales del cárcamo, este procedimiento es igual al descrito anteriormente.



Figura 64. Izaje de muro para cárcamo de bombeo.



Figura 65. Hincado de muro para cárcamo de bombeo.



Figura 66. Hincado de muro y nivel de lodo bentonítico.

III.5.4 Bombeo

Para el procedimiento de excavación del núcleo es importante abatir el nivel de agua freática, para esto se implementó un sistema de bombeo similar al que se utilizó para la excavación del núcleo del deprimido.

Se perforaron dos pozos al centro de dos caras opuestas de la caja del cárcamo, el diámetro de la perforación fue de 30 cm aproximadamente, esta perforación se realizó con broca de aletas, una vez terminada la perforación se lavó con agua y se colocó un tubo de PVC de 10 cm de diámetro ranurado cubierto con malla mosquetera, posteriormente se colocó el material de filtro entre la pared de la perforación y el tubo de PVC.

Dentro del ademe se colocó el equipo de extracción (eyectores), estos se colocaron 50 cm. sobre el fondo del pozo. La capacidad del sistema utilizado fue de 0.1 lt/seg./pozo.

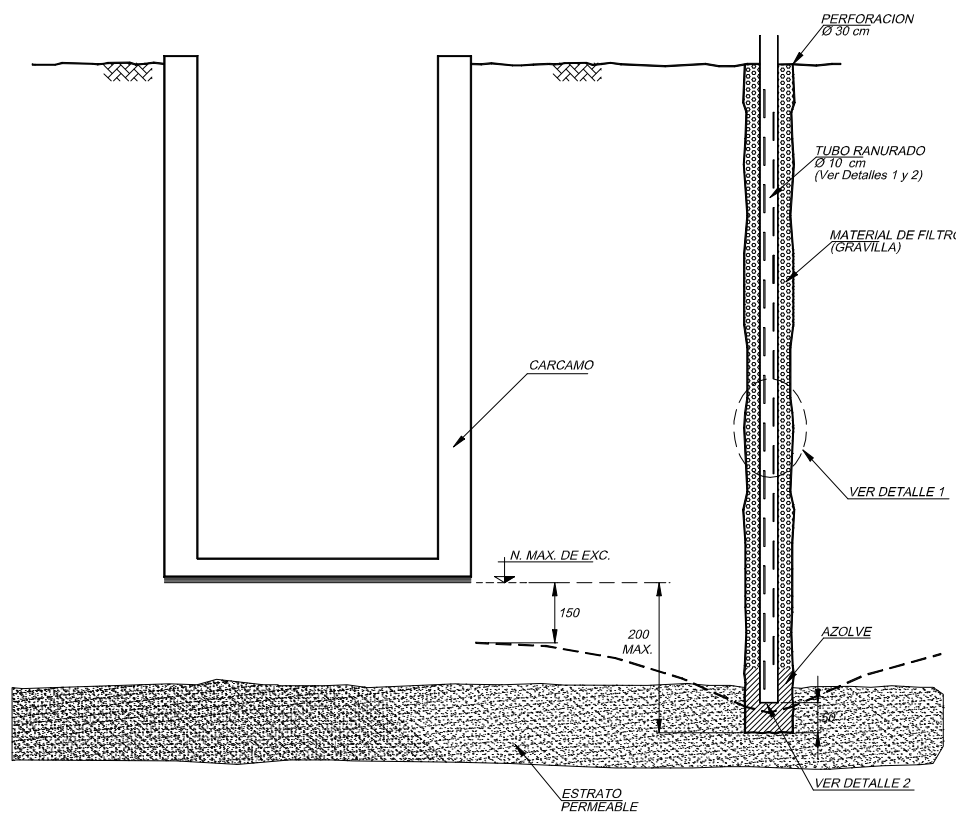


Figura 67. Sistema de bombeo para cárcamo de bombeo.

Instalados los eyectores se colocaron todas las tuberías, tanto de inyección como de retorno. Realizado lo anterior, se instala la bomba y el vertedor del sistema de bombeo.

La presión de trabajo, el gasto del sistema y el funcionamiento de cada pozo se verificó continuamente, por lo menos 3 veces al día. Al igual que en la excavación del deprimido el equipo de bombeo se puso en operación 48 hrs y se verificó que no presentara fugas el sistema de bombeo.

III.5.5 Excavación del núcleo

La excavación del núcleo se inicia una vez que el lodo fraguante alcanza una resistencia de 0.5 kg/cm^2 (mínima) y que el equipo de bombeo este en operación 48 hrs antes. Los puentes que soportan la pieza se retiran cuando alcanza una resistencia mínima de 0.3 kg/cm^2 .

La excavación se realiza en 4 etapas a todo lo ancho del área confinada por los muros prefabricados, con ayuda de una retroexcavadora y herramienta menor para el afine del desplante, en las cercanías de los muros y entre las juntas de los muros.

La primera etapa se lleva hasta -1.50 m por debajo de la corona del muro prefabricado; la segunda etapa hasta el nivel de -4.50 m, la tercera etapa se lleva hasta -7.50 m y finalmente la cuarta etapa se lleva hasta el nivel de desplante de la losa de fondo del cárcamo. Los últimos 30 cm. de la excavación en el terreno natural se ejecuta con herramienta manual para evitar remoldeo excesivo del material y afinar el fondo.

Durante la excavación del núcleo se retira el lodo fraguante que queda alojado en la zona de colado secundario (junta entre muros), para posteriormente realizar el armado, colado e impermeabilizado de la junta. El impermeabilizado se realiza con bandas de Bentomat una vez que se haya limpiado perfectamente el muro.

Conforme se excava se colocan los troqueles correspondientes a cada nivel. Para la colocación de los troqueles es necesario que los huecos de los muros estén colados y que el concreto haya alcanzado el 50% de su resistencia. Debido a la reducida geometría de los cajones de aligeramiento fue imposible el acceso para el retiro de poliestileno; por lo que se optó utilizar un solvente para eliminar el poliestileno, para posteriormente colar los huecos.



Figura 68. Excavación del núcleo del cárcamo y sujeción de muros.

El concreto utilizado en los huecos fue premezclado, este se colocó con ayuda de un tubo colocado de tal forma que evitara velocidades elevadas que produjeran la segregación del concreto. Como en los demás concretos se tomaron muestras y se realizaron pruebas de revenimiento.

III.5.6 Colocación de troqueles

Para dar estabilidad a la excavación y colindancias, se colocó un sistema de contención a base de troqueles de acero de 10" de diámetro y CED. 40 y placa metálica, colocados en tres niveles como se muestra en la ilustración.

Se colocaron tres niveles de troqueles en los elementos prefabricados, cada uno correspondiente a cada etapa de excavación, los cuales se fijan con ayuda de la retroexcavadora.

Cada nivel de troquelamiento cuenta con cuatro troqueles; dos pares que estabilizan dos muros opuestos. La precarga aplicada se incrementa conforme avanza la excavación, similar al troquelamiento del deprimido.

Una vez que se llega al primer nivel de excavación se coloca una viga madrina, entre la viga y el muro se coloca un tablón del mismo largo de la viga madrina, posteriormente

se posiciona el troquel con ayuda de la retroexcavadora y se coloca el gato hidráulico, el cual suministra una precarga al troquel. Una vez que se llega a la precarga de proyecto se colocan unas cuñas las cuales se fijan con puntos de soldadura de arco eléctrico, enseguida se quita el gato y se continúa con el siguiente troquel hasta colocar los cuatro troqueles por nivel.

Una vez troquelado el primer nivel, se continúa con la segunda etapa de excavación, esta se va excavando hasta alcanzar el segundo nivel de troquelamiento a una profundidad de -4.5 m, el troquelamiento se realiza como en el caso anterior. A continuación se sigue excavando hasta alcanzar el tercer nivel de troquelamiento a -7.5 m de profundidad. La colocación de este troquel debe coincidir en la misma línea vertical de colocación de los dos primeros niveles. Este tercer nivel de troquelamiento, se quita una vez que la losa de fondo tenga el 80% de su resistencia de proyecto.

El sistema de troquelamiento es asegurado a los muros mediante cables de acero de $\frac{1}{2}$ ", los detalles de fijación ilustran en la siguiente figura.



Figura 69. Troquelamiento de muros de carcomo de bombeo.

III.5.7 Construcción de losas

Antes del colado de la losa de fondo se coloca una plantilla de concreto pobre ($f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$) de 10 cm de espesor, sobre la cual se realizan todas las actividades inherentes

al colado de la misma, así como la preparación para las instalaciones hidro-sanitarias correspondientes. Una vez que la plantilla alcanza el fraguado inicial se realizan los trabajos necesarios para el armado de la losa de fondo incluyendo la liga de esta con los muros. El tiempo máximo admisible entre la terminación del colado de la losa y la excavación es de 8 hrs. Una vez colada la losa de fondo se suspende el bombeo.

Enseguida se construyen los muros y columnas hasta alcanzar la losa intermedia donde se coloca un lastre de acuerdo a planos estructurales.

El lastre es de material grueso tipo grava controlada con un peso volumétrico mínimo de 2.1 t/m^3 ya compactado. Este material se compacta al 95% AASHTO estándar (T-99) en capas de 20 cm. En el último tercio del relleno se debe tener un valor relativo de soporte (VRS) de 20% mínimo.

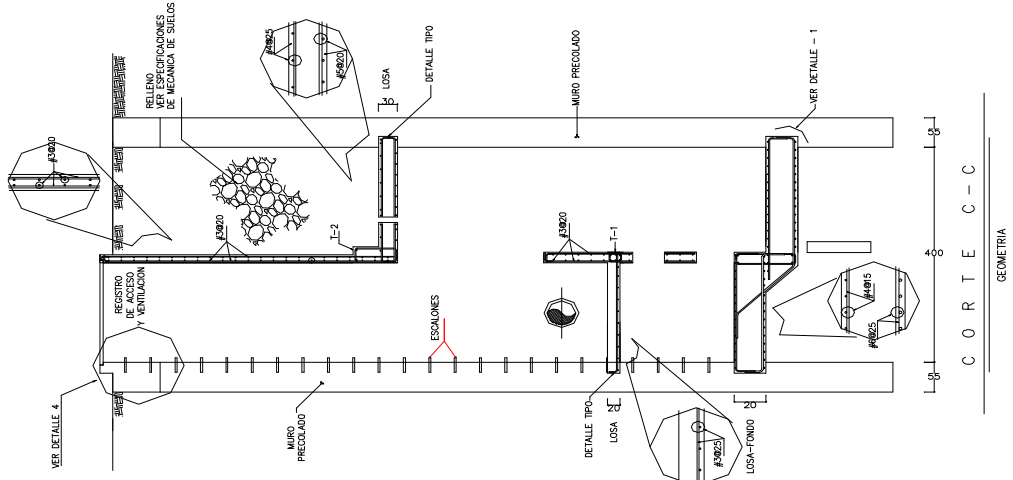
Sobre el relleno se dio el acabado que corresponde, como son pavimentos, camellón jardinerías, etc.

Una vez construido las losas del cárcamo se procede a instalar la tubería y equipo de bombeo, simultáneamente se inicia la construcción de la caseta del cárcamo, comenzando con la excavación para los cimientos, construcción de las contra trabes, armado de columnas y construcción de muros con tabique rojo junteado con mortero y por último la construcción de la losa y acabado pulido para muros.

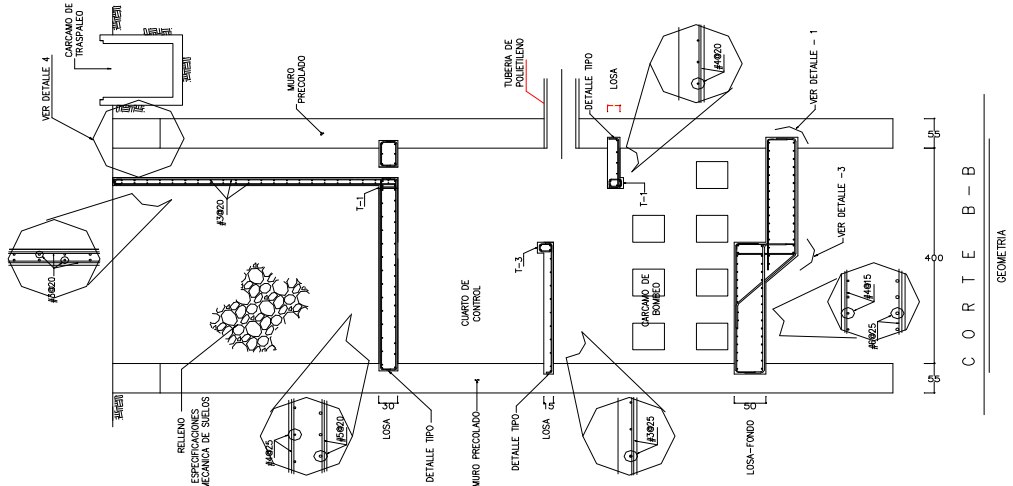
El equipo electrónico de bombeo e instalaciones eléctricas, así como la grúa viajera se instalan una vez terminada la caseta del cárcamo.



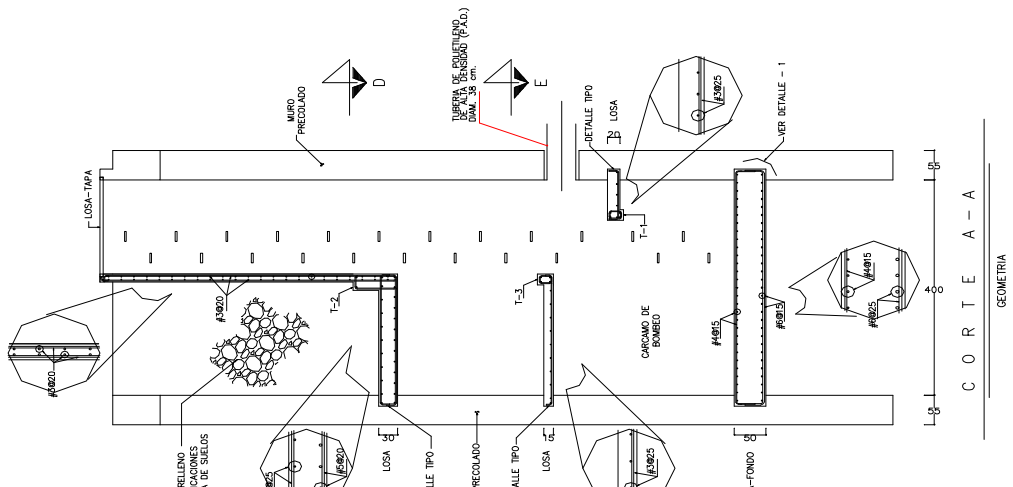
Figura 70. Izq. Colocación de tubería para bombeo Der. Grúa viajera.



CORTE C-C
GEOMETRIA



CORTE B-B
GEOMETRIA



CORTE A-A
GEOMETRIA

CARCAMO DE BOMBEO

III.5.8 Hincado de tubería

Como parte de las obras hidráulicas que se realizan en el deprimido antes citado esta el hincado de las tuberías de descarga que llevarán las aguas pluviales a los cárcamos de bombeo. Estas actividades se llevaron a cabo a una profundidad aproximada de 8.5 m. La longitud de las tuberías son del orden de 13 m, estas se hincaron de una de las paredes del deprimido hacia el cárcamo.

Para realizar estas actividades las excavaciones del deprimido y del cárcamo de bombeo deben de estar concluidas de acuerdo con sus respectivos procedimientos de construcción.

Procedimiento de hincado

Durante el proceso de excavación y colado de la losa de fondo se deja un tramo de lastre y losa sin colar, para permitir el hincado de la tubería de drenaje fluvial, así como permitir la colocación del sistema de reacción para el hincado del tubo.

La tubería hincada es de acero, de espesor $\frac{1}{2}$ " , con un diámetro de 30" (76.2 cm), y en tramos de una longitud de 6m. El tubo frontal cuenta con un bisel de 30° en su extremo de contacto con la perforación. La tubería tiene la función de encamisado de los tubos de polietileno de alta densidad de 24" de diámetro (60 cm) que son colocados posteriormente al hincado.

Para el sistema de reacción se hincan perfiles IPR los cuales sirven de apoyo al gato que empuja al tubo de acero. Una vez hincados los perfiles se posiciona el tramo tubo calzándolo de acuerdo a niveles topográficos, a continuación se posiciona el gato de tal forma que se garantice un empuje uniforme que permita el hincado con un desnivel del 3% de acuerdo a proyecto hidráulico.

La carga aplicada se da por medio de un gato hidráulico de carrera larga, colocado al centro de una placa metálica de $\frac{3}{4}$ " de espesor. El sistema de empuje tiene una capacidad de 30 ton.

En la zona de hincado y en el ancho de la sección de trabajo, se construye el registro de captación, para ello se coloca, en ese ancho, la tubería definitiva con la pendiente de proyecto, ésta queda ahogada en el lastre de concreto y losa de fondo (ver figura 71).

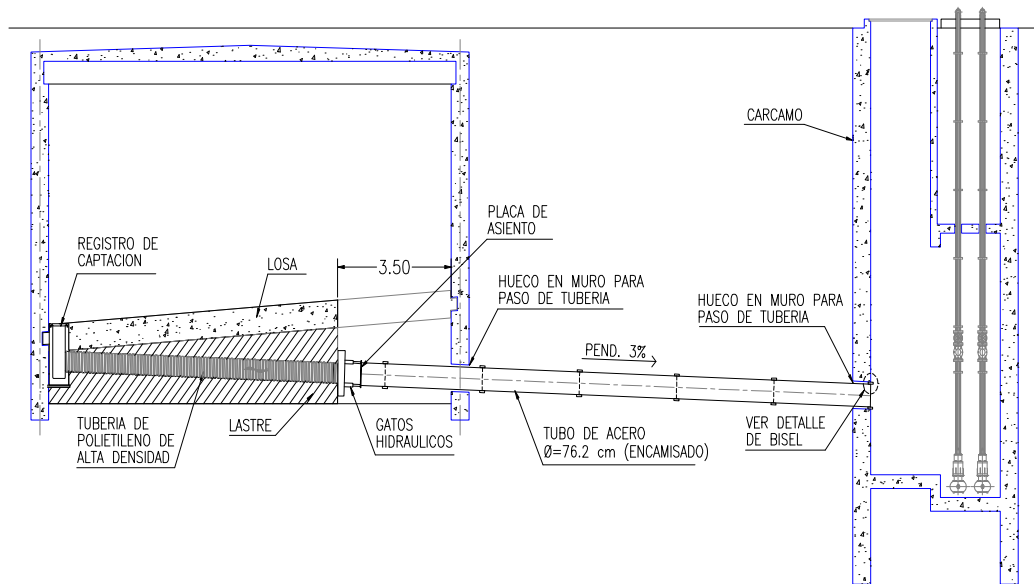


Figura 71. Croquis de hincado de tubería.

Una vez hincado el primer tubo se retira la carga para proceder a colocar el segundo tramo, este se nivela y posteriormente se une con soldadura de arco. Posteriormente se posiciona el gato hidráulico y se inicia la aplicación de la carga hasta que el tubo salga por el orificio del cárcamo.

Terminada la carrera de los gatos se ajusta el sistema de reacción mediante calzas de madera o perfiles IPR hasta el hincado total del tubo.



Figura 72. Izq. Arreglo de perfiles para el hincado de tubería, Der. Unión del segundo tramo de tubería con soldadura de arco eléctrico.

Iniciado el hincado, por ningún motivo se debe suspender esta actividad por más de 3 horas, en las cuales se retira el material del interior de la tubería. La velocidad de hincado debe ser de al menos 20 cm/h.

El hincado esta regido por la resistencia del suelo , es decir; hasta que el sistema de empuje no puede hincar más el tubo, se introduce una persona y con herramienta manual se retira el material atrapado en la tubería, posteriormente se vuelve a colocar el sistema de empuje y se inicia el hincado. En el cárcamo sur no se presentaron problemas en el hincado, en este se utilizó el sistema descrito anteriormente. Mientras que en el cárcamo norte se presentaron problemas al hincar el tubo ya que la capacidad del gato hidráulico no fue suficiente; por lo que se presentó la necesidad de utilizar un gato neumático, con el cual se hincó la tubería. Hincados la totalidad de los tubos, se procede a colocar la tubería de polietileno de alta densidad dentro de la camisa conforme al proyecto hidráulico.

Cabe mencionar que tanto el muro del deprimido como el muro del cárcamo de bombeo cuentan con un paso con la dimensión de proyecto, a través de este se realiza la conexión de la tubería, la cual se cierra una vez que la tubería se encuentre debidamente colocada. Una vez colocado el tubo de polietileno se tapan las aberturas que quedan entre el hueco de los muros y el tubo de acero, con tabique rojo junteado con mortero en proporción 1:3.

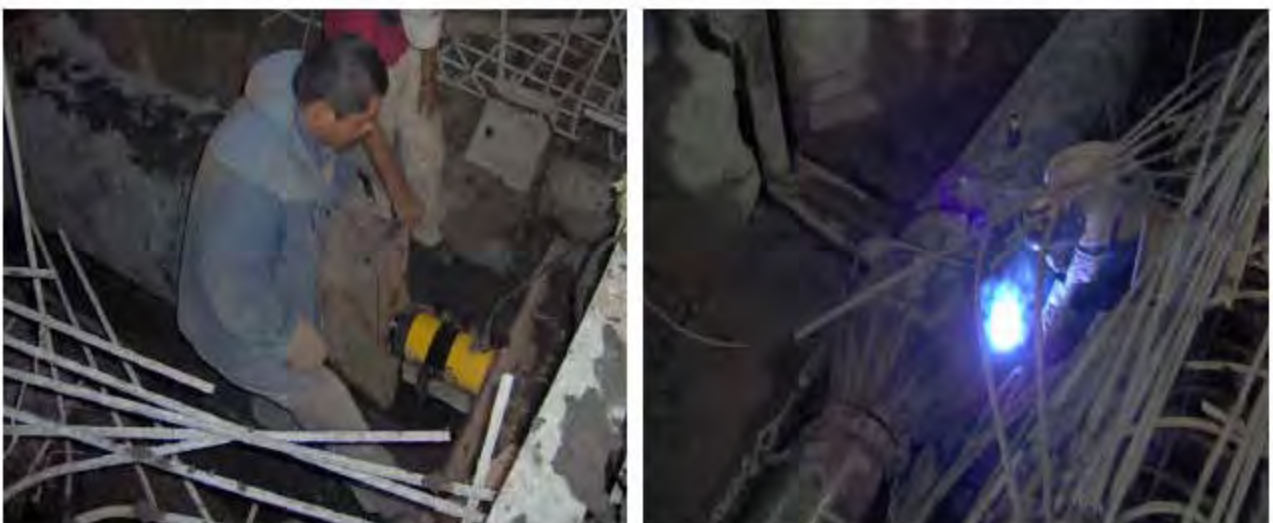


Figura 73. Izq. Hincado de tubería con gato Hidráulico. Der. Hincado de tubería con gato neumático

CONCLUSIONES

El muro Milán colado in situ ha sido un elemento de extraordinaria utilidad en la construcción del Sistema de Transporte Colectivo (metro) en la Ciudad de México. Desde finales de la década de los 60' se aplicó la tecnología del muro Milán al subsuelo blando arcilloso de la Ciudad de México, empleándolo como muro tabla-estaca temporal o últimamente como parte estructural del cajón definitivo para facilitar la excavación del cajón.

Como es sabido, el subsuelo de la Ciudad de México en la zona del Lago de Texcoco (zona lacustre) conserva características de inestabilidad debido a la presencia de agua. Es de gran importancia dentro del proceso constructivo del muro milán, la ejecución de la excavación de un modo cuidadoso para evitar derrumbes, para esto se debe contar con la maquinaria adecuada como es el equipo de excavación guiado y la utilización de lodo estabilizador. El presentarse caídos, representa una mayor inversión de tiempo y un gasto extra en equipo de construcción y materiales, es por eso la importancia de la excavación.

Actualmente los elementos prefabricados se están introduciendo en las construcciones de escuelas, viviendas, edificios y construcciones públicas. En esta obra se utilizaron muros prefabricados sustituyendo los muros milán colados in situ, además se utilizaron tabletas "T" para la losa tapa. El empleo de estas piezas tiene beneficios como son;

- ✓ La duración de la obra se acorta, ya que la construcción de la obra se limita a los trabajos de excavación de la zanja y al montaje de los elementos prefabricados.
- ✓ Son necesarios menos operarios, porque las piezas prefabricadas son producidas en el taller de los prefabricados. Los operarios especialistas son sustituidos por personal no especializado.
- ✓ Se logra una mejor calidad gracias a la producción en fábrica o taller, bajo un constante control y con el auxilio de máquinas adecuadas, lo que mejora las condiciones en que se desarrolla el trabajo al realizarse en tal forma.

- ✓ La construcción en este caso se hace prácticamente independiente de las inclemencias del tiempo. La producción de los elementos se realizan en naves cubiertas y el montaje puede ser ejecutado aún en pleno invierno.

El proceso constructivo del muro milán colado *in situ* y del empleo de los muros prefabricados es similar. Entre estos dos métodos de construcción existen algunas diferencias que pueden afectar en la decisión del método a emplear; en el proceso constructivo del muro colado *in situ* el acero que forma parte del muro entra en contacto con el lodo bentonítico, debido a esto se puede formar una película en el acero que puede reducir la adherencia entre este y el concreto, la excavación debe ser lo más exacta posible, ya que si se sobre excava los costos se incrementan al utilizar mayor volumen de concreto, además de que en este proceso el concreto entra en contacto con los lodos bentoníticos al colar los muros.

En la construcción con elementos prefabricados la excavación es similar y los acabados son de mejor calidad en los muros; en este proceso se emplea lodo fraguante para estabilizar los muros. En este método se tiene un mejor control de calidad, ya que los concretos no son contaminados al entrar en contacto con los lodos bentoníticos.

Para decidir que proceso emplear es importante tomar en cuenta los costos que acarrear el construir con elementos prefabricados como son el transporte y colocación de los elementos prefabricados, además del costo de estos.

Al construir con elementos prefabricados se requiere de una buena planeación para que se ejecute con rapidez la construcción. Es importante llevar un control entre la excavación de la trinchera y la construcción de los muros, ya que el atraso de la construcción o transportación de los muros produce un retraso en la construcción y pérdidas financieras, así como el incumplimiento de las normas de construcción.

El material empleado en las obras inducidas fue de polietileno de alta densidad, el cual presenta características superiores al asbesto-cemento y al tubo de acero. El




empleo de este material facilitó la construcción; para el caso del drenaje los tramos del tubo son relativamente grandes los cuales cuentan con un sistema espiga-campana el cual facilita la unión de estos y reduce el personal empleado para la colocación de la tubería. En el caso del agua potable, se utilizó el método de termofusión para la unión de la tubería con lo cual se agilizó la construcción de las obras inducidas.


La construcción de los pasos vehiculares inferiores una vez puestos en funcionamiento, se observó que cumplió con su objetivo principal, que fue el dar continuidad al tránsito sobre avenida Oceanía, evitando congestionamientos viales en este cruce, reduciendo las emisiones contaminantes y los tiempos de traslado. En la actualidad se observa un buen funcionamiento de los deprimidos, siendo el deprimido norte el que presenta una mayor demanda, presentándose un flujo continuo.

Por último, concluyo que el haber realizado mi servicio social en la DGOP (Dirección General de Obras Públicas) apoyando en el área de supervisión en la construcción de los Pasos Vehiculares Inferiores fue de gran importancia, ya que tuve la oportunidad de adquirir conocimientos sobre procesos constructivos y aprendí actividades que se realizan en el área de supervisión, además de aplicar los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería.

ANEXO 1

Resultado de pruebas de resistencia muestras de concreto.

 <p>Proyectos: Supervisión, Asesoría y Control de Calidad LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Av. Colinas No. 77, Fracc. Las Alamedas C.P. 52970, Alizapán de Zaragoza, Estado de México Tel. 58 - 22 - 81 - 07</p>		CONSORCIO DE INGENIEROS CONSTRUCTORES Y CONSULTORES, S. A. DE C. V. PARA: ING. ARTURO REYES OBRA: DEPRIMIDO MARRUECOS COL. ROMERO RUBIO, D. F.					
PROCEDENCIA		LOSA DE FONDO		ENSAYE No.		52993	
DESCRIPCION: ENSAYES A COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO HIDRAULICO				FECHA: 28 DE JULIO DEL 2005			
DATOS DE LA MUESTRA	ENSAYE No.		52993				
	MUESTRA No.		166				
	TOMADA DEL		LOSA DE FONDO				
DATOS DEL PROYECTO	PROPORCIONAMIENTO		F' C (kg/cm ²)		250		
	No.		REV. PROYECTO cm.		12 ± 3.5		
	DE FECHA		CEMENTO MARCA Y TIPO		TIPO I, RESISTENCIA NORMAL		
			CONSUMO CEMENTO				
DATOS DE LA TIPIA	ADICIONANTE MARCA Y TIPO		CANTIDAD PROJ.				
			FINALIDAD				
	CEMENTO		MARCA Y TIPO		PROVEEDORA DE CONCRETO GEMEX, S. A. DE C. V.		
			CONSUMO				
DATOS DE LA PRUEBA	ADICIONANTE MARCA Y TIPO		CANTIDAD USADA				
			FINALIDAD				
	EQUIPO DE MEZCLADO Y DE SU CAPACIDAD		OLLA MOVIL DE 7 M ³				
	TIPO DE VIBRADOR UTILIZADO		VIBRADOR DE INMERSION				
DATOS DEL ESPECIMEN	AGUA CONSUMO POR SACO						
	REVENIMIENTO cm		17.0				
	DIAMETRO cm.		15.0				
	SECCION cm ²		176.7				
	FECHA DE COLADO		14 - 07 - 05				
	FECHA DE RUPTURA		28 - 07 - 05				
EDAD DIAS		14					
TIPO DE PRUEBA		COMPRESION AXIAL SIMPLE					
PROCEDIMIENTO DE CURADO		INMERSION TOTAL EN AGUA					
CARGA DE RUPTURA kg		41,400					
RESISTENCIA kg/cm ²		234.3					
% DE LA RESISTENCIA DEL PROYECTO		93.7					
RESISTENCIA PROMEDIO 234.3 KG/CM ² 93.7 % del f'c)							
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:							
LA MUESTRA ENSAYADA EVOLUCIONA SATISFACTORIAMENTE A LA EDAD DE PRUEBA DE 14 DIAS							
EL LABORATORISTA		EL JEFE DEL LABORATORIO			Vc. Bc.		
 OSCAR LUIS RAMIREZ ABARCA		 ING. J. LUIS RAMIREZ CASTRO					

 <p>Proyectos, Supervisión, Asesoría y Control de Calidad LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Av. Coingas No. 77, Fracc. Las Alamedas C.P. 52370, Atizapán de Zaragoza, Estado de México, Tel. 56-22-81-07</p>	CONSORCIO DE INGENIEROS CONSTRUCTORES Y CONSULTORES, S. A. DE C. V.	
	PARA: ING. ARTURO REYES.	OBRA: DEPRIMIDO MARRUECOS CDL ROMERO RUBIO, D. F.
PROCEDENCIA: PARAPETO EXTERIOR LADO SUR ORIENTE Y PARAPETO EXTERIOR LADO SUR PONIENTE.	ENSAYE No. 53844	FECHA: 30 DE AGOSTO DEL 2005.
DESCRIPCION: ENSAYES A COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO HIDRAULICO		

IDENTIFICACION	ENSAYE No.	53844			
	MUESTRA No.	401			
	TOMADA DEL	PARAPETOS			
DATOS DEL PROYECTO	PROPORCIONAMIENTO F'c (Kg/cm ²)	250			
	No. REV. PROYECTO cm	12 ± 3.5			
	CEMENTO MARCA Y TIPO	TIPO I, RESISTENCIA NORMAL			
	DE FECHA	CONSUMO CEMENTO			
	ADICIONANTE MARCA Y TIPO	CANTIDAD PRODY.			
DATOS DE LA OBRA		FINALIDAD			
		MARCA Y TIPO	PROVEEDORA DE CONCRETO: CEMEX, S. A. DE C. V.		
	CEMENTO	CONSUMO			
	ADICIONANTE MARCA Y TIPO	CANTIDAD USADA			
		FINALIDAD			
DATOS DEL ESPECIMEN	EQUIPO DE MEZCLADO Y DE SU CAPACIDAD	OLLA MOVIL DE 7 M3			
	TIPO DE VIBRADOR UTILIZADO	VIBRADOR DE INMERSION			
	AGUA CONSUMO POR SAJO				
	REVENIMIENTO cm	16.5			
	DIAMETRO cm	15.0			
DATOS DEL FINANCE	SECCION cm ²	176.7			
	FECHA DE COLADO	23-08-05			
	FECHA DE RUPTURA	30-08-05			
	EDAD DIAS	7			
DATOS DEL FINANCE	TIPO DE PRUEBA	COMPRESION AXIAL SIMPLE			
	PROCEDIMIENTO DE CURADO	INMERSION TOTAL EN AGUA			
	CARGA DE RUPTURA kg	36,600			
	RESISTENCIA kg/cm ²	207.1			
	% DE LA RESISTENCIA DEL PROYECTO	82.8			

RESISTENCIA PROMEDIO 207.1 kg/CM² 82.8 % de f'c)

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

LA MUESTRA ENSAYADA EVOLUCIONA SATISFACTORIAMENTE A LA EDA.D DE PRUEBA DE 7 DIAS.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
 OSCAR LUIS RAMIREZ ABARCA	 ING. J. LUIS RAMIREZ CASTRO	



Proyectos, Supervisión, Asesoría y Control de Calidad
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Av. Colinas No. 77, Frasco Las Alamedas
 C.P. 82970, Atlixpán de Zaragoza, Estado de México
 Tel. 58-22-81-107

CONSORCIO DE INGENIEROS CONSTRUCTORES Y CONSULTORES, S. A. DE C. V.

PARA: ING. ARTURO REYES

OBRA: DEPRIMIDO MARRUECOS
 COL. RÓMERO RUBIO, D. F.

PROCEDENCIA: BROCALES, LADO NORTE ORIENTE	ENSAYE No 53100
	FECHA: 02 DE AGOSTO DEL 2005
DESCRIPCION: ENSAYES A COMPRESION SIMPLE DE CONCRETO HIDRAULICO	

MATERIAL AUTOMA	ENSAYE No	53100			
	MUESTRA No	001			
	TOMADA DEL	BROCALES			
ESTADO DEBENTE	PROPORCIONAMIENTO	F' C (kg/cm ²)	150		
	No	REL. PROYECTO cm	14 BOMBEABLE		
	DE FECHA	CEMENTO MARCA Y TIPO	TIPO I, RESISTENCIA NORMAL		
	ADICIONANTE MARCA Y TIPO	CONSUMO CEMENTO			
CONDICIONES LABORAL	ADICIONANTE MARCA Y TIPO	CANTIDAD PROY.			
		FINALIDAD			
	CEMENTO	MARCA Y TIPO	PROVEEDORA DE CONCRETO: CEMEX S. A. DE C. V.		
		CONSUMO			
	ADICIONANTE MARCA Y TIPO	CANTIDAD USADA			
		FINALIDAD			
ESPECIFIC	TIPO DE PRUEBA	COMPRESION AXIAL SIMPLE			
	PROCEDIMIENTO DE CURADO	INMERSION TOTAL EN AGUA			
	CARGA DE RUPTURA kg	20,200			
	RESISTENCIA kg/cm ²	114.3			
EQUIPO DE LABORAL	% DE LA RESISTENCIA DEL PROYECTO	76.2			



RESISTENCIA PROMEDIO	114.3	KG/CM ²	76.2	% del 's)
----------------------	-------	--------------------	------	-----------

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

LA MUESTRA ENSAYADA EVOLUCIONA SATISFACTORIAMENTE A LA EDAD DE PRUEBA DE 7 DIAS

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
OSCAR LUIS RAMIREZ ABARCA	ING. J. LUIS RAMIREZ CASTRO	

Registro de tensado y curado con vapor

GRUPO TICONSA

UPSA

AD-CC-18

01/01/2018

GRAFICA DE TENSADO

ES	13500
L	3446
A	0.987
E	2118700

DEFORMACION REAL AJUSTADA	22.27
---------------------------	-------

DEFORMACION REAL AJUSTADA

DEFORMACION TEORICA

FUERZA POR CABLE EN Kg.

LONGITUD EN CM.

AREA EN CM²

MODULO ELASTICO EN Kg/CM²

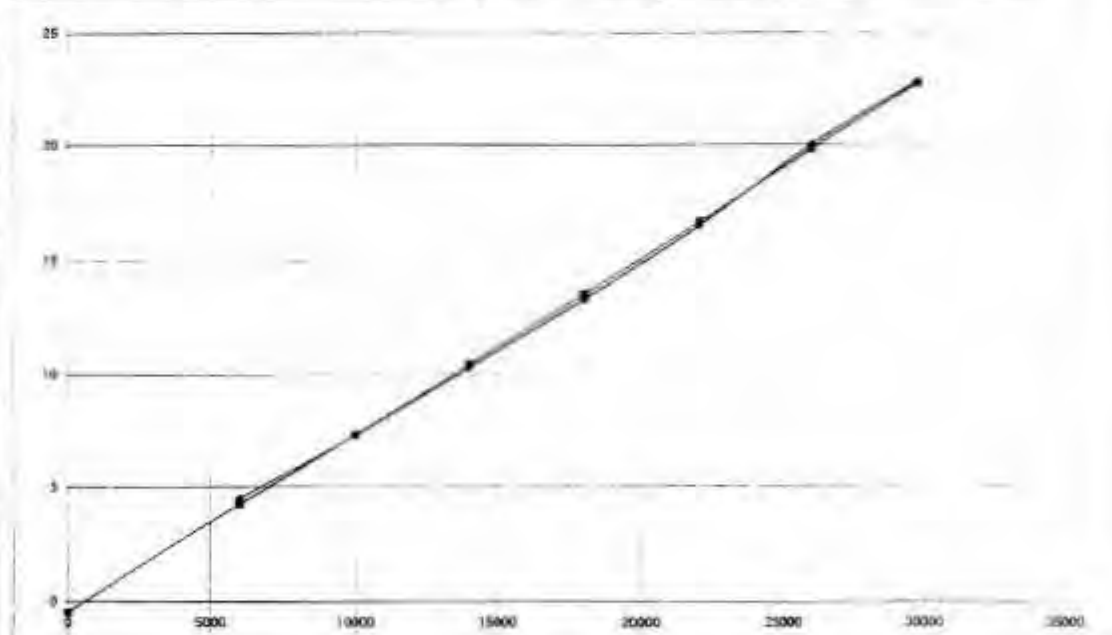
PRUEBA	FUERZA	DEFORMACION		
(#)	(Kg)	(cm)	(%)	(%)
0	0.00	0.00		
1	5000.00	4.90	27000.00	20.25
2	10000.00	7.30	73000.00	32.29
3	14000.00	10.30	144000.00	58.09
4	18000.00	13.30	218400.00	78.89
5	22000.00	18.30	385000.00	172.25
6	25000.00	23.00	625000.00	450.00
7	25762.17	23.80	676577.67	518.84
				2.00


SUMATORIA	125762.17	84.70	309177.67	148.61
-----------	-----------	-------	-----------	--------

n	x
8	-2.54304812
29732.40343	22.27

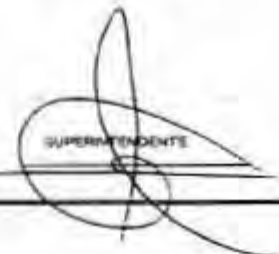
SI EL VALOR ABS. (n-dn) ES CUALQUIERA CORRECTO

ABS.(n-dn) = 0.89 POR LO TANTO ES CORRECTO






CONTROLADOR DE TENSADO



SUPERINTENDENTE



CONTROLADOR DE CALIDAD



DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

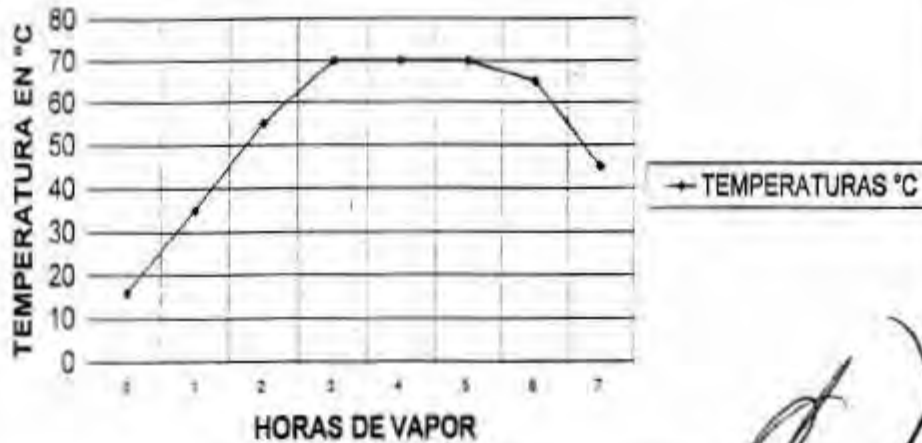
AO-CC-03

REGISTRO DE APLICACIÓN DE VAPOR

ELEMENTO: T. I. T. Q. Y. T. S. Fecha de aplicación: 09-May-05
 OBRA: DEPRIMIDO MARRUECOS Fecha de reporte: 11-May-05
 VOLUMEN: 2.24, 2.43, 2.39 m³ Aplica: Manuel Vazquez Martinez
 INICIA COLADO: 14:15 TERMINA COLADO: 16:20 Revisal: Rafael Meza Gutierrez

CONCEPTO	DE LAS HRS.	A LAS HRS.	TIEMPO ACUMULADO	TEMPERATURA °C			OBSERVACIONES
				INICIO COLADO	CENTRO	FINAL COLADO	
FRAGUADO INICIAL							
0	01:30	02:30	1.00	18	18	18	
1	02:30	03:30	2.00	25	26	34	
2	03:30	04:30	3.00	55	58	58	
3	04:30	05:30	4.00	70	68	67	
4	05:30	06:30	5.00	70	71	70	
5	06:30	07:30	6.00	70	69	70	
6	07:30	08:30	7.00	65	66	68	
7	08:30	09:30	8.00	45	50	45	

GRAFICA DE TEMPERATURAS DE VAPOR



REALIZÓ: P.A.
 OPERADOR DE CALDERA

REVISÓ: [Signature]
 JEFE DE FRENTE

Anexo 2

Maquinaria utilizada



Camión revolvedora de 7m³



Cargador frontal sobre neumáticos 544.



retroexcavadora CAT 245.



Izq. Equipo guiado Link Belt Der. Draga con almeja.



Grúa telescópica sobre orugas cap. 70 ton.



Grúas con cap. De 120 ton. y 150 ton.



Izq. Retroexcavadora CASE 580 L Der. Compactador autopropulsado.



Drada con equipo guiado Der. Grúa telescópica cap. 150 ton.



Fresadora PR-450.

Galería de Deprimidos







BIBLIOGRAFÍA

Allen, A.H.
Introducción al concreto presforzado
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.
Ed. Limusa

Chavarri Maldonado, Carlos M.
Apuntes de construcción
UNAM, Facultad de Ingeniería
México 1990

Schneebeli, G.
Muros pantalla
Editorial ETA
Barcelona España 1974

Rico Rodríguez, Alfonso
Mecánica de suelos Tomo II y III
Ed. Limusa S.A.
México 1981

A. H. Allen
Introducción al concreto presforzado
Ed. Limusa S.A.

Konez, Tihamer
Manual de construcción prefabricada Tomo 1
ED H. blume
Madrid 1975

Nichols, Herbert
Movimientos de tierra: Manual de excavaciones
Ed. Continental
México 1969

Instituto Mexicano del Cemento y del concreto AC

Especificaciones para el procedimiento constructivo para el Deprimido Marruecos,
en la Delegación Venustiano Carranza de la Ciudad de México.
Gobierno del DF