

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

"CONSTRUCCIÓN DE 1,140.32 M. DE TÚNEL DEL TRAMO DE LA LUMBRERA 4 A LA LUMBRERA 4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL - CANAL DE CHALCO, CON DIÁMETRO TERMINADO DE 2.44 M. MEDIANTE EL PROCESO DE TUBO HINCADO".

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

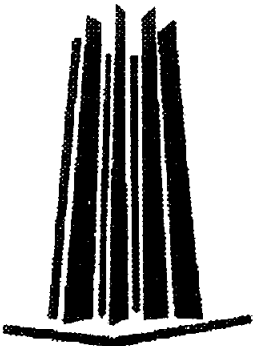
**I N G E N I E R O C I V I L**

**P R E S E N T A :**

**ROBERTO NOLASCO HERNÁNDEZ**

**ASESOR: ING. JOSÉ MARIO ÁVALOS HERNÁNDEZ**

**SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO 2005**



m.340184



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## DEDICATORIAS

PARA MIS PADRES; TERESA HERNÁNDEZ † Y IGNACIO NOLASCO

Por la dedicación y confianza que me brindaron en todo momento. Y muy en especial a mi madre donde se encuentre reciba este presente. Gracias a sus consejos he llegado a estos momentos tan importantes de mi vida.

MIS HERMANOS; CLARA, ELISEO, TOMAS, SALVADOR, TERESA, HERLINDA, LOURDES Y LAURA.

Espero que sirva como un estímulo para la superación laboral y personal en cada uno de ustedes.

A MIS AMIGAS Y AMIGOS; JUDITH, SUSANA, VIRGINIA, AMANCIO, MIGUEL, Y ARTURO.

Gracias a sus enseñanzas y apoyos morales, he llegado hasta la culminación de mi tesis. Y deseándoles a Miguel y Arturo pronto terminen sus estudios profesionales.

## AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, por darme la formación ética y profesional que el país requiere, y para ser una persona mejor preparada, comprometido con la sociedad y la familia

Agradezco muy en especial a mi asesor el ING. JOSÉ MARIO ÁVALOS HERNÁNDEZ, por haberme orientado desde el inicio en la elaboración de mi tesis hasta concluirla.

A MIS COMPAÑEROS; ING. MANUEL ANTONIO LÓPEZ  
ING. ULISES ALEJO  
ING. RODOLFO VALERIO  
ING. TOPÓGRAFO RICARDO CISNEROS  
ING. GERMAN HERNÁNDEZ  
ING. HIGINIO ROSAS  
ING. GUILLERMO NICOLAS  
TEC. VALENTIN ZAVALA

Por la ayuda prestada en la recopilación de información, que se requieren para obtener buena presentación de la tesis.

Quiero agradecer a los SINODALES por la amable atención que recibí en todo momento.

Y finalmente doy gracias a mi primo JESÚS MORALES por el apoyo económico recibido, en los momentos más difíciles que he tenido para solventar mis gastos.



CONSTRUCCIÓN DE 1,140.32 M DE TÚNEL DEL TRAMO DE LA LUMBRERA 4 A LA LUMBRERA 4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL – CANAL DE CHALCO, CON DIÁMETRO TERMINADO DE 2.44 M. MEDIANTE EL PROCESO DE TUBO HINCADO.

ÍNDICE

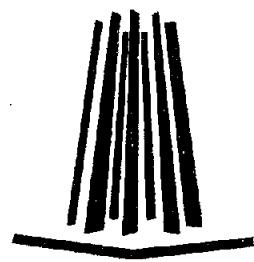
ÍNDICE-----	4
INTRODUCCIÓN-----	6
 CAPÍTULO I ANTECEDENTES-----	 8
1.1 Antecedentes.-----	9
1.2 Croquis de localización de la lumbrera 4 a la lumbrera 4A.-----	12
 CAPÍTULO II ESTUDIOS PREVIOS-----	 13
2.1 Condiciones geotécnicas del sitio.-----	14
2.2 Trabajo de campo.-----	15
2.3 Trabajo de laboratorio.-----	16
2.4 Estratigrafía y propiedades geotécnicas.-----	17
2.5 Condiciones piezométricas.-----	18
2.6 Recomendaciones para el hincado.-----	18
2.7 Datos técnicos.-----	20
 CAPÍTULO III PROYECTO EJECUTIVO-----	 21
3.1 Memoria de cálculo para el diseño del muro de reacción.-----	22
3.2 Diseño de lumbrera circular de 10.30 m. de diámetro.-----	28
3.3 Diseño de caja de conexión, profundidad 11.36 m.-----	35
3.4 Memoria de cálculo para la revisión de tubo de 2.44 m.-----	42
3.5 Memoria de cálculo hidráulico.-----	43
3.6 Diseño de lumbrera adosada a la lumbrera L -4.-----	49
3.7 Diseño de caja de deflexión, profundidad 13.05 m.-----	56
 CAPÍTULO IV PROCESO CONSTRUCTIVO-----	 63
4.1 Definición de Tablestacas.-----	64
4.2 Etapas en la excavación para la lumbrera.-----	69
4.3 Procedimiento constructivo para la lumbrera circular a base de tablestaca.-----	78

4.4	Procedimiento constructivo del túnel.	85
4.5	Elementos necesarios para el proceso constructivo del túnel.	93
4.6	Rendimiento de tablestaca.	94
4.7	Dictamen geotécnico para el túnel interceptor Canal Nacional – Canal de Chalco.	96
4.8	Dictamen sobre la desviación del escudo.	96
4.9	Propuesta de inyección de bentonita para la lubricación exterior del túnel.	101
4.10	Especificación general para la instalación de la tubería mediante hincado hidromecánico para el interceptor C. Nacional – C.Chalco.	102
4.11	Especificación del proceso de colocación e hincado de tablestaca metálica tipo AZ que se utilizará para la construcción de lumbreras para la instalación de tubería en el Interceptor Canal Nacional - Canal de Chalco.	106
4.12	Inspección visual del perfil estratigráfico de la lumbrera L – 1, L – 1', L -1'', L2, L4'.	109
4.13	Dimensiones físicas del escudo electro- hidráulico de 2.90 m. de diámetro	114
4.13	Niveles en lumbreras.	115
4.15	Croquis del Sistema de Drenaje de la Ciudad de México.	119
4.15	Plano de terminación de obra.	120

CAPÍTULO V CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y PROGRAMA DE OBRA-----121

5.1	Catálogo de conceptos.	122
5.2	Programa de obra.	129
5.3	Programa de terminación del túnel.	131
	Conclusión.	132
	Anexos.	135
	Ejemplos de reportes mensuales de personal, maquinaria y equipo.	136
	Álbum fotográfico del proceso constructivo.	149
	Bibliografía.	166

# INTRODUCCIÓN

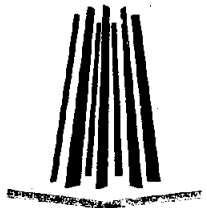


ENEP ARAGÓN

## INTRODUCCIÓN

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (S.A.C.M) tiene como objetivo prioritario: construir, operar y mantener los sistemas de drenaje, abastecimiento de agua potable, presas, ríos y lagunas de regulación en óptimas condiciones de operación.

En el presente trabajo en el capítulo I se hace referencia a los antecedentes que origina la obra, en el capítulo II se indican los estudios previos que se realizarón para poder hacer un buen proyecto ejecutivo, en el capítulo III se plasma el proyecto ejecutivo con todos sus alcances, en el capítulo IV se muestra el proceso constructivo del mismo, en el capítulo V se presenta el catálogo de conceptos y el programa de obra y por último se hacen unas breves comentarios al sistema constructivo de tubo hincado.



ENEP ARAGÓN

## I. ANTECEDENTES

## 1.1 Antecedentes

En la actualidad las 16 Delegaciones políticas que componen el Distrito Federal, se han visto afectadas por el crecimiento desmedido de la población a consecuencia de este acelerado crecimiento del área urbana se ha generado déficit en la mayoría de los servicios que brindan estas dependencias, esta situación se ve reflejada en épocas de lluvias cuando debido a las precipitaciones pluviales, se ven afectados los sistemas de drenaje, los cuales por diversas circunstancias no pueden desalojar los volúmenes de agua concentrados en las vialidades.

De acuerdo a lo anterior dentro de las obras hidráulicas proyecta la construcción de este tramo, el cual forma parte del drenaje profundo de la Ciudad de México y lo tiene contemplado como parte del plan maestro del drenaje profundo, ubicado en el sur - oriente de la Ciudad y corresponde a una etapa mas del Interceptor Canal Nacional - Canal de Chalco, el cual consiste en un túnel de 15,207.00 m de longitud, cuyo trazo sigue en su mayor parte a los canales que le dan su nombre. Este tramo será tributario al túnel principal, su longitud total proyectada es de 1,140.32 m se excavara en general dentro de dos zonas geotécnicas, cuyo limite no define con precisión. La primera es la zona de transición que rodea al Cerro de la Estrella, la segunda zona de Lago Virgen, corresponde a los exlagos de Chalco y Xochimilco, en su límite noreste, aproximadamente de 1,500.00 m. al sur del contacto abrupto con los derrames lavicos, provenientes del Cerro de la Estrella.

Esta obra se adjudico bajo la modalidad de excepción a la licitación publica con fundamento en los artículos 24 B fracción II y por último párrafo de la ley obras publicas del Distrito Federal y artículo 75, del reglamento de la ley en cita. en forma directa, permite a este organismo llevar a cabo los trabajos de construcción de 1,140.32 m del tramo de la lumbrera 4 a la lumbrera 4A del Interceptor Canal Nacional - Canal de Chalco, con diámetro terminado de 2.44 m., por el método de tubo hincado, utilizando un escudo electrohidráulico mecánico de frente cerrado de 2.90 m de diámetro , ubicado a lo largo del eje 3 oriente, iniciando en Calzada de la Virgen y finalizando en Calzada de las Bombas, en la Delegación Coyoacán, sin costos de convocatoria, evaluación y dictamen, se evitan los ajustes de costos al iniciar la obra de inmediato, teniendo economías significativas mediante el procedimiento de tubo hincado hasta en un 47% , tanto en costo de la obra como en tiempo, ya que no se requiere realizar la obra en las dos etapas tradicionales conocidas como excavación y revestimiento, teniendo la obra concluida en un periodo de 150 días calendario y en condiciones de entrar en operación, así mismo de entregar las obras en forma oportuna, se minimiza el riesgo de inundación, así como el pago oportuna, se minimiza el riesgo de inundación, así como el pago de gastos extraordinarios por indemnizaciones de las partes afectadas por los encharcamientos de las zonas.

TABLA COMPARATIVA

CONCEPTO	META	MONTO	PERIODO
Construcción de tramo con escudo excavador incluye dovelas y revestimiento	1,140.32 m.	\$ 66, 065,820.00 inc. IVA	285 días calendario
Construcción de tramo mediante tubo hincado	1,140.32 m.	\$ 40, 552,326.73 inc. IVA	150 días calendario

Al asignar directamente el contrato, se acatan los preceptos de eficiencia, eficacia, imparcialidad y honradez de las obras, asegurando las mejores condiciones para esta dependencia, en cuanto al costo, calidad y financiamiento de la obra, previniendo el correcto cumplimiento en tiempo y forma de la ejecución de los trabajos.

La propuesta económica y de ejecución de los trabajos presentada por la empresa, MICROTUNEL S.A DE C.V., cumple con las condiciones legales, técnicas, económicas, financieras y administrativas, requeridas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, dictaminándose asignarle el contrato, se selecciono a esta constructora, ya que en trabajos ejecutados para la extinta Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, ha demostrado capacidad técnica y económica ofreciendo iniciar los trabajos en forma inmediata, contando con el personal técnico - administrativo capacitado en este tipo de trabajo y el equipo necesario.

Al proponer como empresa ejecutora a una de las firmas mas capacitadas en este ramo reconocida ampliamente en el ámbito nacional y de gran prestigio en materia de gerencia de construcción, se asegura el cumplimiento y ejecución de la obra con plena honradez.

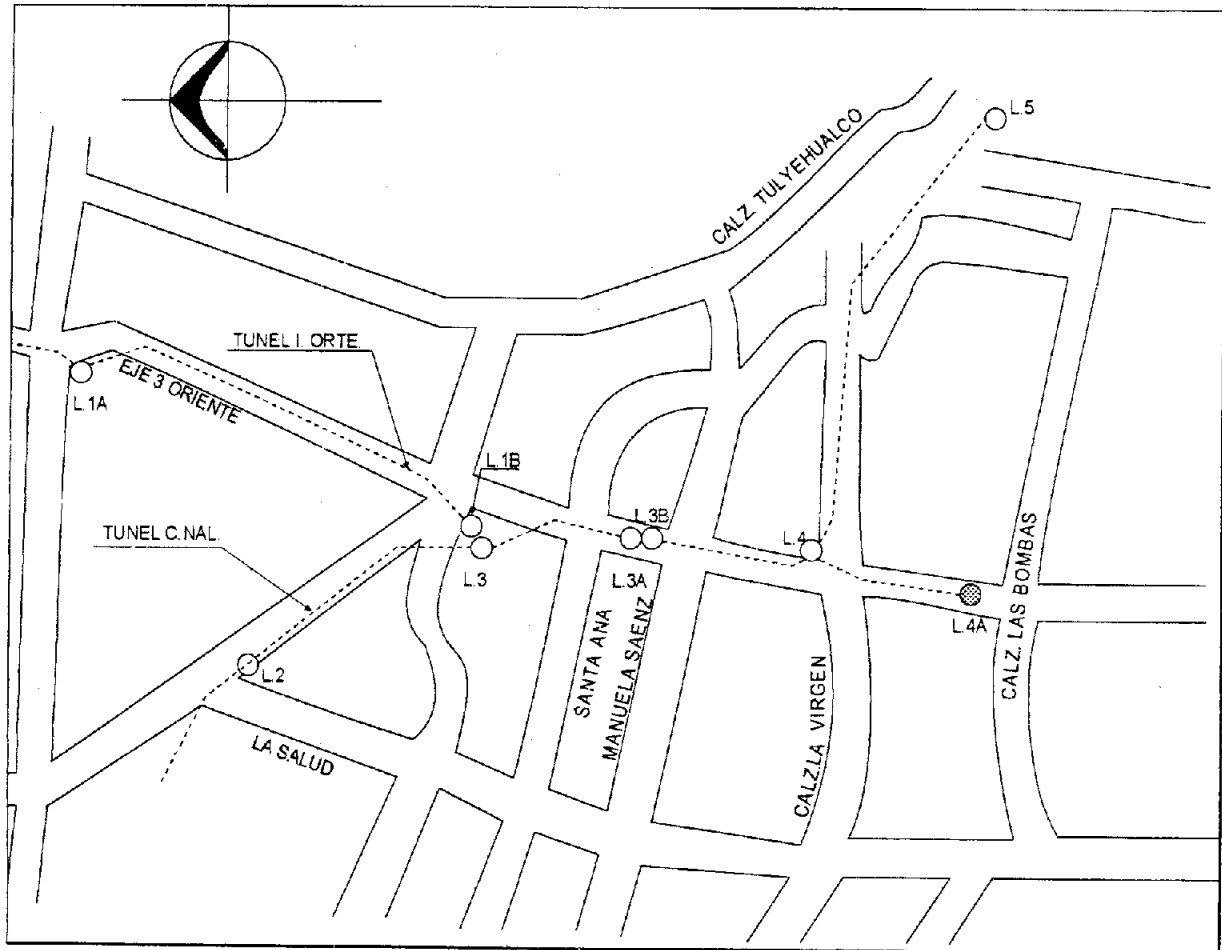
En consecuencia el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, adjudica en forma directa por caso de excepción a la empresa MICROTUNEL S.A. DE C.V. La ejecución de la obra consistente en la construcción de 1,140.32 m del tramo de la lumbrera 4 a la lumbrera 4A del Interceptor Canal Nacional - Canal de Chalco, con diámetro terminado de 2.44 m., por el metodo de tubo hincado, utilizando un escudo electrohidráulico mecanico de frente cerrado de 2.90 m. de diámetro con ubicación en la Delegacion de Coyoacán, con un monto de

\$35'628,920.81, mas la cantidad de \$5'89,433.92 que corresponde al impuesto al valor agregado, dando un importe total de \$40'552,326.73 y un plazo de ejecución de 01 junio al 28 de octubre de 2003, otorgando un anticipo del 10% para inicio de los trabajos por la cantidad de \$4'055,232.67 incluye IVA y el 20% para la compra de materiales y equipo de instalación permanente por un monto de \$8'110,465.65 incluye IVA, haciendo un total de \$12'165,698.02 incluyendo IVA, con cargo a la partida presupuestal Num. 3-06-PD-62-00-SA-6100-60-04-01-SUB-02, recurso del programa normal y tipo de pago de crédito, ya que ha demostrado ser eficiente y eficaz, además se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones.

- a) Tiene equipo propio y personal necesario para la ejecución de estos trabajos.
- b) Propone condiciones de inicio inmediato.
- c) Cuenta con capacidad financiera suficiente para dar una respuesta inmediata e iniciar los trabajos, no obstante, y debido a que el material que se colocará en la obra representa una fuerte inversión, se otorgará un anticipo del 10% para el inicio de los trabajos y el 20% para la compra de materiales y de equipo de instalación permanente.
- d) La experiencia técnica la ha acreditado en los trabajos realizados para la extinta D.G.C.O.H., de la que subrogo sus derechos y obligaciones el Sistema de Aguas de la Ciudad de México.
- e) El objeto social de la empresa cumple con el perfil de los trabajos que se pretenden realizar.



1.2 Croquis de localización de la lumbrera 4 a la lumbrera 4A.



Croquis de localización de la lumbrera L4 a la lumbrera L4A, inicia en Calzada la Virgen y finaliza en Calzada de las Bombas de la Col. Unidad Habitacional Culhuacan, Delegación Coyoacán.

## II. ESTUDIOS PREVIOS

En el presente capítulo se mencionan los trabajos de campo y de laboratorio, estratigrafía y propiedades geotécnicas, así como algunas recomendaciones para el hincado de tubería, previos a la construcción del túnel. Por parte de una empresa subcontratada.



ENEP ARAGÓN

Microtúnel solicitó a TGC Geotecnia la realización de varios sondeos geotécnicos para la construcción del túnel interceptor Canal de Chalco - Canal Nacional. El túnel interceptor se desarrollará sobre el Eje 3 Ote., entre Calz. de la Virgen y Calz. de las Bombas de la lumbrera 4 a la lumbrera 4A.

El túnel interceptor se construirá por el medio de una tubería de 2.44 m de diámetro empujada con gatos hidráulicos a través de lumbreras auxiliares; la excavación se irá realizando por medio de un escudo electro hidráulico mecánico de frente cerrado. La longitud de construcción será de 1,140.32 m. Se construirán cuatro lumbreras auxiliares con tablestacas metálicas de acero, para tener longitudes de hincado entre lumbreras de 250.0 m.

Se presentarán los resultados de los sondeos y pruebas de laboratorio realizados para el hincado de tubería de 2.44 m.

## **2.1 Condiciones geotécnicas del sitio.**

En el año de 1992 CONISA realizó el diseño geotécnico del túnel Interceptor Canal Nacional - Canal de Chalco de la lumbrera 4 a la lumbrera 4A. Realizaron varios sondeos de cono eléctrico de muestreo continuo y la inhalación de una estación piezométrica.

El diseño del túnel se realizó para un escudo de frente de lodos. Microtúnel pretende el hincado de la tubería con un escudo electro hidráulico mecánico de frente cerrado, que es un escudo sin presión en el frente.

Información geotécnica disponible.

El sitio en estudio se ubica en la frontera de la Zona de Lago Centro I y la zona de influencia del cerro de la estrella (zona de transición).

La Zona de Lago se caracteriza por los grandes espesores de arcillas blandas de alta compresibilidad, que subyacen a una costra endurecida de espesor variable.

El Cerro de la Estrella forma una zona de transición que divide los lagos de Texcoco y de la ciudad de México de los de Chalco y Xochimilco. Se caracteriza porque los derrames de basalto se depositaron sobre las arcillas lacustres, presentando la superficie de los basaltos una topografía abrupta hacia el norte y suave hacia el sur.

## 2.2 Trabajo de campo

Para definir la estratigrafía del sitio de hincado se realizaron 7 sondeos en total; 3 de cono eléctrico; 2 de muestreo selectivo y 2 de piezocono.

Los sondeos de cono eléctrico registraron en forma continua la variación de la resistencia de suelo a la penetración de una punta cónica instrumentada con strain - gases hasta una profundidad aproximada de 26.0 m; en la Fig. 3 se representa el corte estratigráfico a través de la interpretación de los sondeos de cono y en el Anexo 2 los perfiles individuales de cada uno de los sondeos.

Con los sondeos de muestreo selectivo se recuperaron muestras inalteradas utilizando: a) el tubo muestreador TGC hincado a presión en las arcillas muy blandas, o b) el tubo de pared delgada si la dureza de los materiales lo requería. En los mismos sondeos se recuperaron muestras alteradas con ayuda del penetrómetro estándar en los suelos granulares, en los cuales es imposible recuperar muestras con el tubo de pared delgada o TGC. En el anexo 2 se presentan los perfiles individuales de cada uno de los sondeos de muestreo selectivo.

Para determinar las condiciones de presión del agua a lo largo del trazo del túnel interceptor, se realizaron dos sondeos con piezocono; los perfiles individuales de cada uno se presentan en las Fig. 4 y 5.

En la tabla 1 se presenta la localización de cada uno de los sondeos realizado. La elevación y cadenamiento de los sondeos fue proporcionada por Microtunnel.

Tabla 1. Localización de los sondeos geotécnicos

Lumbrera	cadenamiento	Elevación (Cota)	Separación respecto al eje	Sondeo
L4	0+000.000	36.128		
1	0+293.490	34.531	2.83 m L.D	SCE-1
2	0+382.169	34.241	19.95 L.I	SMS-1, SPC-1
3	0+592.949	33.547	3.0 m L.D	SCE-2
4	0+921.349	32.259	3.0 m L.D	SCE-3, SMS-2, SPC-2
L4A	1+135.349	32.223		

SCE = Sondeo de Cono Eléctrico

SMS = Sondeo de Muestreo Selectivo

SPC = Sondeo de piezocono

L = Lado D: derecho, I: Izquierdo

### 2.3 Trabajo de laboratorio

Las muestras recuperadas en los sondeos de muestreo selectivo fueron trasladadas a nuestro laboratorio donde se les determinaron las siguientes propiedades índices:

- Clasificación visual y al tacto según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
- Contenido natural de agua.
- Límites de Atterberg (líquido y plástico).
- Porcentaje de finos (material que pasa la malla No. 200).
- Determinación del peso volumétrico natural.
- Determinación de la densidad de sólidos.

Propiedades mecánicas. Para determinar los parámetros de resistencia y deformabilidad se efectuaron pruebas de compresión triaxial no consolidadas – no drenadas y pruebas de consolidación unidimensional.

Tabla 2. Propiedades índices y mecánicas de los suelos

Sondeo	Prof. m	W %	LL %	LP %	$\gamma$ kg/m <sup>3</sup>	c kg/m <sup>2</sup>	$\phi$ (°)	E <sub>50</sub> kg/m <sup>2</sup>	P <sub>c</sub> kg/m <sup>2</sup>	m <sub>v</sub> cm <sup>2</sup> /kg
SMS - 1	7.30	467	454	130	1122	0.24	0	30	0.57	0.141
SMS - 1	13.25	257	274	106	1158	0.46	0	53	1.30	0.051
SMS - 1	17.30	267	259	77	1165	0.77	0	113	1.90	0.052
SMS - 2	7.50	434	436	141	1127	0.37	0	23	0.58	0.189
SMS - 2	13.70	261	318	103	1170	0.48	0	58	1.10	0.102
SMS - 2	17.50	317	259	182	1139	0.70	0	81	1.70	0.060

Prof. = Profundidad de muestra.

W = Contenido natural de agua.

LL = Límite líquido.

LP = Límite plástico

$\gamma$  = Peso volumétrico.

c = Parámetro de cohesión en prueba triaxial.

$\phi$  = Ángulo de fricción interna del suelo en prueba triaxial no consolidada no drenada.

E<sub>50</sub> = Módulo de Young al 50% de deformación.

P<sub>c</sub> = Carga de preconsolidación del suelo.

m<sub>v</sub> = Módulo de deformabilidad del suelo.

## 2.4 Estratigrafía y propiedades geotécnicas

La estratigrafía definida a través de los sondeos de cono y de muestreo es la siguiente:

Costra superficial. Del terreno natural y hasta una profundidad promedio de 5.0 m, se tiene un limo arcilloso café claro con intercalaciones de arena fina oscura volcánica con raíces. La resistencia de cono eléctrico en esta capa varía de 4 kg/cm<sup>2</sup> con picos que alcanzan los 25 Kg/cm<sup>2</sup>.

Serie de arcillas superiores. De 5.0 m y hasta 18.1, se tiene una arcilla limosa café olivo y gris olivo, con raíces en la parte superior y vetas de arcilla rojiza a diferentes profundidades. Se distinguen tres intercalaciones de arcillas separadas por un primer lente de arena basáltica oscura a 10.0 m de profundidad y un segundo lente de arena limosa a 14 m. La resistencia del cono eléctrico es creciente con la profundidad desde un valor de 3.5 kg/cm<sup>2</sup> en su parte superior, hasta valores 10 kg/cm<sup>2</sup> en el contacto con la capa dura.

Capa dura. De 18.1 m y hasta 21.0 m se tiene intercalaciones de limo arenoso color claro con arena fina y media de origen aluvial y con un espesor de hasta 3.0 m. La resistencia de punta de cono eléctrico tiene valores mínimos de 30 kg/cm<sup>2</sup> y alcanza picos de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Serie de arcillas inferiores. De 21.0 m y hasta 26.3 m de profundidad se presentan una serie de arcillas limosas preconsolidadas por bombeo, con intercalaciones de arena fina limosa.

Depósitos profundos. A partir de 26.3 m de profundidad se tienen otras secuencias de arenas y limos de mayor resistencia y menor deformabilidad.

De acuerdo a la información de TGC Geotecnia (Agosto 1990), a lo largo del recorrido del túnel interceptor desde Calzada Taxqueña y hasta Calzada de la Virgen, se encontraron en la serie arcillas inferiores y en los depósitos profundos depósitos de roca basáltica.

El nivel de aguas freáticas en la época que se realizaron los sondeos se encontró a 1.3 m de profundidad.

## 2.5 Condiciones piezometricas

Para hacer las condiciones de presión de agua del subsuelo, se realizaron dos sondeos de piezocono, en las ubicaciones en la tabla 1. Los resultados de las mediciones se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Mediciones de presión de agua

Sondeo	Prof. m	Presión actual t/m <sup>2</sup>	Presión hidrostática t/m <sup>2</sup>	Perdida de presión t/m <sup>2</sup>
SMS - 1	1.3	0	0	0
SMS - 1	10.6	6.5	9.3	2.8
SMS - 1	18.9	0	17.6	17.6
SMS - 1	25.6	0	24.3	24.3
SMS - 2	1.3	0	0	0
SMS - 2	10.0	7.3	8.7	1.4
SMS - 2	18.8	0.8	17.5	16.7
SMS - 2	26.0	1.3	24.7	23.4

Como se observa en la tabla 3 en la Capa Dura de 18.0 m de profundidad las presiones de agua se encuentran práctica o completamente abatidas con perdidas totales de presión superiores a los 2.0 kg/cm<sup>2</sup>.

## 2.6 Recomendaciones para el hincado

El túnel interceptor correrá de norte a sur por el Eje 3 Oriente. En su arranque en la lumbrera 4, en la clave del tubo, aproximadamente a 10.0 m de profundidad se tiene el lente de arena oscura que ejercerá presión de agua sobre el frente del escudo electro hidráulico mecánico de frente cerrado. Por lo que será necesario, por lo menos en las lumbreras establecer sistemas de abatimiento del nivel freático, conformados por bombas de tipo eyector. El bombeo deberá iniciar por lo menos una semana antes del inicio de los trabajos de excavación en el interior de la lumbrera. Conforme el tubo corra hacia el sur, el lente de arena ira aumentando de profundidad, hasta encontrar la lumbrera 4-A donde el lente se localiza en la plantilla del tubo.

En caso de que se observe inestabilidad en el frente del escudo por flujo de agua, se deberá implementar sistemas de bombeo a largo del trazo, para evitar una falla del frente.

Las lumbreras temporales intermedias que se van a construir para el hincado de la tubería, se proyectan realizar hincado con tablestaca de acero del tipo AZ fabricada por Arded. Se deberá de poner especial atención en la profundidad de los troqueles, para evitar deformaciones de la periferia exterior a la tablestaca. Del mismo modo, en las salidas y llegadas del escudo a las lumbreras se deberá realizar inyecciones de consolidación, para incrementar la resistencia de las arcillas y evitar una falla por extracción del material hacia la lumbrera.

Durante el hincado de la tubería, el sobrecorte generado por el diámetro del escudo deberá mantenerse lleno de bentonita, hasta que se pueda realizar la sustitución con un lodo fraguante, de este modo se evitaran asentamientos por la contracción de la arcilla sobre el tubo de concreto.



## 2.7 DATOS TÉCNICOS

Objetivo	Eficientar el desalojo de las aguas pluviales y minimizar los riesgos de inundación de las colonias: Carmen Serdan, Sector marina, C.T.M. Culhuacán, los cedros, Residenciales Cafetales y Santa Cecilia de la Delegación Coyoacan.	
Longitud total del túnel.	1,140.32 m	
Diámetro exterior de la excavación.	2.90 m	
Diámetro interior del túnel terminado.	2.44 m	
Número de lumbreras de 9.00 m de diámetro interior.	2	
Número de lumbreras de 10.30 m de diámetro interior.	2	
Número de lumbreras de 8.50 m de diámetro interior.	2	
Profundidad promedio al eje del túnel.	9.7 m	
Rendimiento promedio del hincado de tubería.	20 m (8 tubos)/día	
Sitio de vertido:	Interceptor Canal Nacional – Canal de Chalco – Interceptor Oriente y/o Planta de bombeo Miramontes II.	
Población Beneficiada:	300,000 habitantes.	
Inversión:	40.5 millones de pesos	

### III. PROYECTO EJECUTIVO

Para el proyecto se diseñaron las lumbreras circulares con cada uno de sus elementos estructurales que las conforman como son la losa de fondo, el muro de reacción, los anillos de troquelamiento, trabe de fondo (precolada), caja de conexión, revisión de tubos de 2.44 m de Ø, cálculo hidráulico, lumbrera adosada y caja de deflexión.



ENEP ARAGÓN

### 3.1 Memoria de cálculo para el diseño del muro de reacción.

Como carga permisible se considerará la del empuje que ejerce la tierra sobre la tablestaca, que es aproximadamente igual a la del empuje de tierras en reposo con  $K_0 = 0.5$

$$\sigma = 9.6 \frac{t}{m^2}$$

La tablestaca es eficiente hasta

$$MR = 68.50 t \cdot m$$

$$M = \frac{wL^2}{2}$$

$$L = \sqrt{\frac{68.5 \times 2}{9.6}} = 3.78 m$$

$$A_{\text{TRIBUTARIA}} = [4 + (3.78)(2)] 6.7 = 77.45 m^2$$

$$W_{\text{ADMISIBLE}} = A_{\text{TRIBUTARIA}} \sigma = 77.45 \times 9.6 = 743 t$$

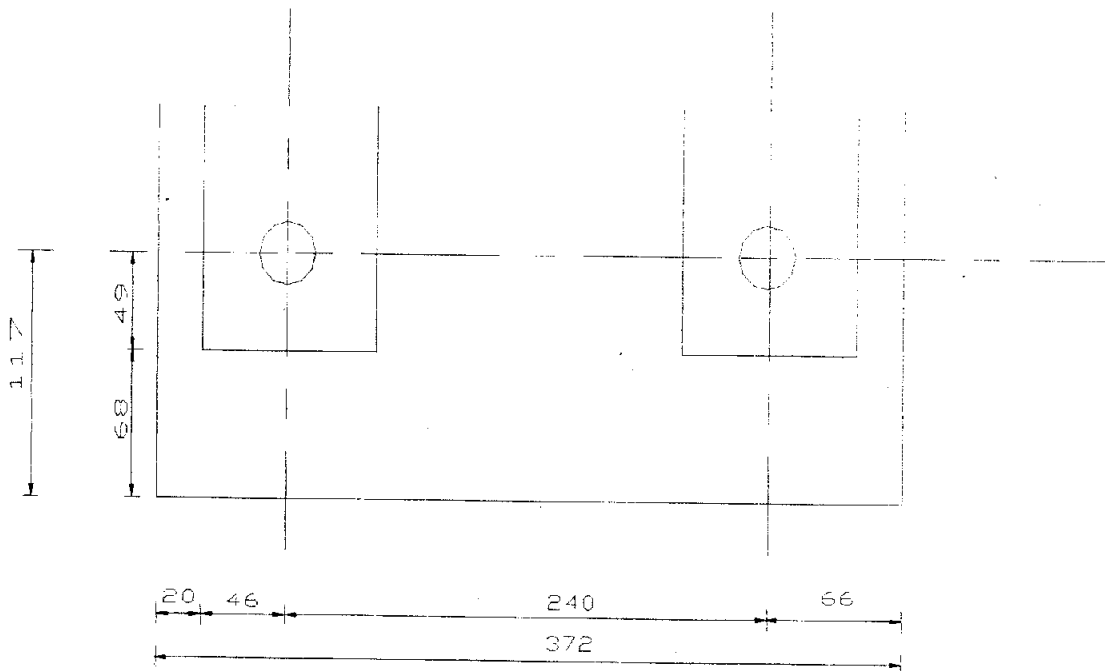
Diseño de muro de reacción para una carga de 743 toneladas

$$\sigma = \frac{743}{6.7 \times 4.0} = 27.72 \frac{t}{m^2}$$

Revisión de la eficiencia de la placa de apoyo

$$\sigma = \frac{743}{3.68 \times 3.72} = 54.27 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma = 5.42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



$$M_Y = \frac{5.42 \times 68^2}{2} = 12531$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 12531}{0.75 \times 2530}} = 6.29 \text{ cm} > 3.81 \text{ cm}$$

$$M_y = \frac{5.42 \times 20^2}{2} = 1084$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 1084}{0.75 \times 2530}} = 1.85 \text{ cm} < 3.81 \text{ cm}$$

Se considerará un valor de 30 cm en el sentido Y en lugar de ocupar de 68 cm.

$$\sigma = \frac{743}{3.68 \times 2.96} = 68.21 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = 6.82 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = \frac{6.82 \times 30^2}{2} = 3069$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 3069}{0.75 \times 2530}} = 3.11 \text{ cm} > 3.81 \text{ cm} \therefore \text{ok}$$

Longitud de soldadura entre placas, para tomar el cortante rasante

$$T = A_s f_y = 91.5 \times 3.81 \times 2513 = 882 \text{ t}$$

Soldadura  $t = 3 \text{ cm}$

$$L = \frac{882 \times 10^3}{0.7071 \times 95 \times 3} = 437 \text{ cm}$$

$$L_{EXISTENTE} = \frac{2.34 + 0.915}{2} = 2.08 \text{ m} < 4.37$$

Las placas se considerarán actuando en forma independiente

Momento en el centro del claro

$$M = \frac{6.82 \times 240^2}{10} = 39283$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 39283}{0.75 \times 2530}} = 11 \text{ cm} > 3.81 \text{ cm} \quad \therefore \text{ok}$$

Por lo tanto el muro resistirá las cargas puntuales son considerar las placas

Se considerará la carga puntual actuando en una área de 55 x 55 cm

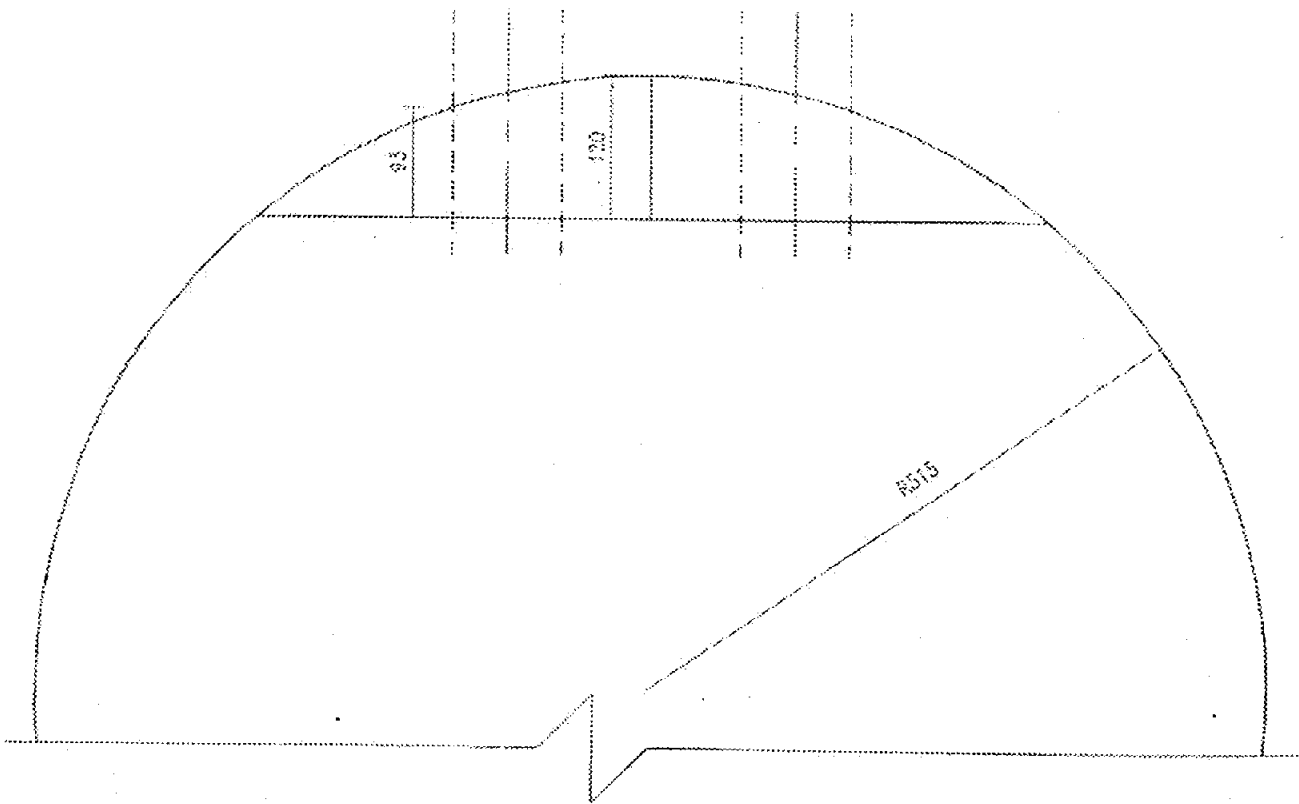
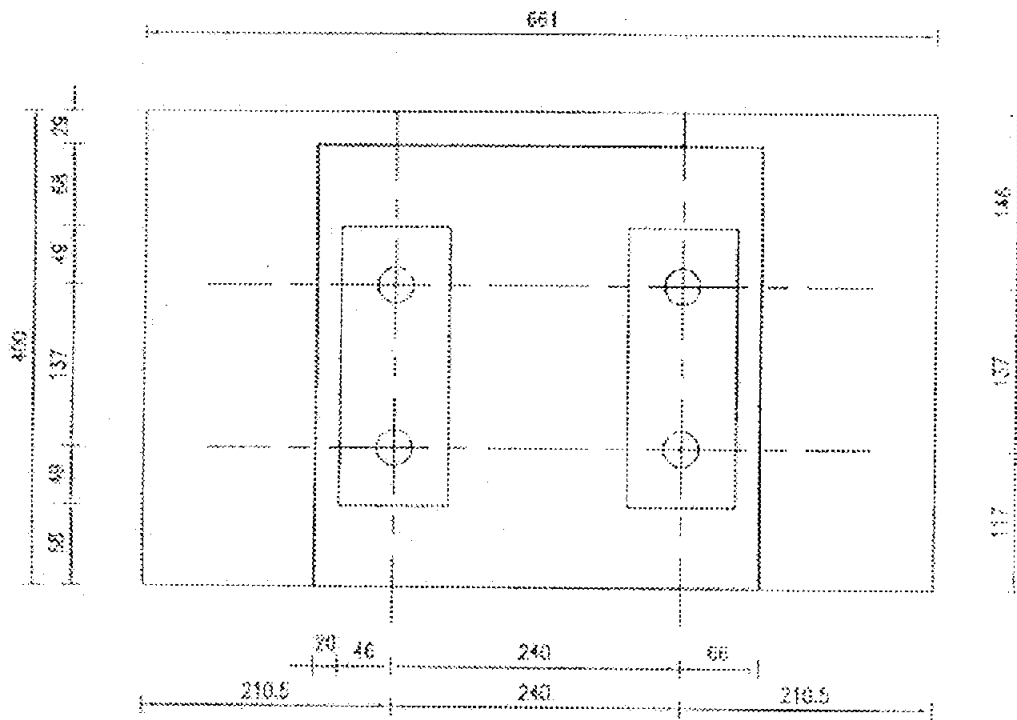
$$\sigma = \frac{186 \times 10^3}{55 \times 55} = 61.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$M = \frac{61.5 \times 12.5^2}{10} = 4804$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \times 4804}{0.75 \times 2530}} = 3.89 \text{ cm} \cong \text{ok}$$

Revisión por cortante

$$V_R = 4 \times 55 \times 3.81 \times 0.4 \times 2.530 = 848 \text{ t} > 186 \text{ t} \quad \therefore \text{ok}$$



$$\sigma = \frac{743}{4.0 \times 6.61} = 28.10 \frac{t}{m^2}$$

Revisión, sentido X

$$L = 2.105 - \frac{0.55}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$M = \frac{28.10 \times 1.83^2}{2} = 47.05 \text{ t} \cdot \text{m}^2$$

$$V = 28.10 \times 1.83 = 51.42 \text{ t}$$

Con varillas #6@15, H= 95

Doblemente armada MR= 48.73 t-m (diseño plástico)

Revisión por cortante como viga

Cortante a un peralte efectivo

$$L' = 1.83 - 0.9 = 0.93$$

$$V = 0.93 \times 28.10 = 26.13 \text{ t}$$

$$d = 60$$

$$V_R = 0.5 \times 0.8 \sqrt{200} \times \frac{60 \times 100}{1.4 \times 10^3} = 24.24 \text{ t}$$

$$v = \frac{26.13 \times 10^3}{60 \times 100} = 4.36 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 4.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\therefore \text{CONCRETO } F'c > 250 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



Revisión por penetración

$$\text{PERÍMETRO} = (55+60) \cdot \pi = 345 \text{ cm}$$

$$\text{ÁREA} = 345 \times \frac{60 + 120}{2} = 31050 \text{ cm}^2$$

$$V_R = \frac{31050 \times 0.8 \sqrt{200}}{1.4 \times 10^3} = 250 \text{ t} > 186 \text{ t}$$

Sentido Y

$$L = 1.46 - \frac{0.55}{2} = 1.185 \text{ m}$$

$$M = 28.10 \times 1.185^2 = 19.73 \text{ t.m}$$

Con varillas #5@20,  $M_R = 25.4 \text{ t-m}$

### 3.2 Diseño de lumbrera circular de $\Phi = 10.30 \text{ m}$ .

Cálculo del empuje de tierra sobre los muros de la lumbrera.

Características del suelo:

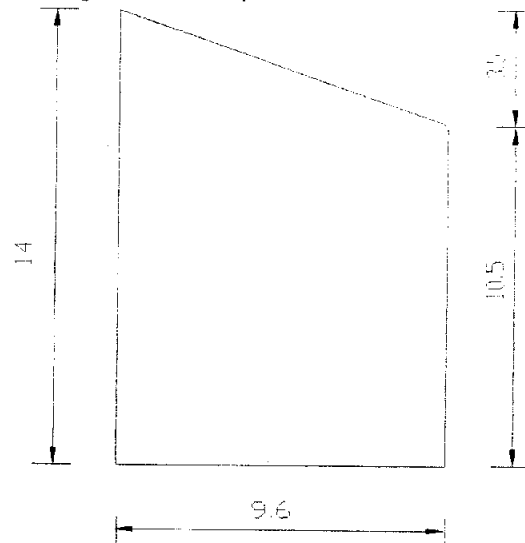
Estratos de arcillas con lentes de arena, que para efectos de cálculo de empujes, se considerará un solo estrato de arcilla con el promedio de sus propiedades características:

$$\gamma = 1.4 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} ; c = 2.5 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} ; q_u = 5.0 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} ; H = 14 \text{ m}$$

$$K_A = 1 - \frac{4S_u}{\gamma H} = 1 - \frac{4 \times 2.5}{1.4 \times 14} = 0.49$$

$$P_H = \gamma H K_A = 9.6 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \quad \circ \quad P_H = \gamma H - 4c = 9.6 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

Diagrama de presión de tierra

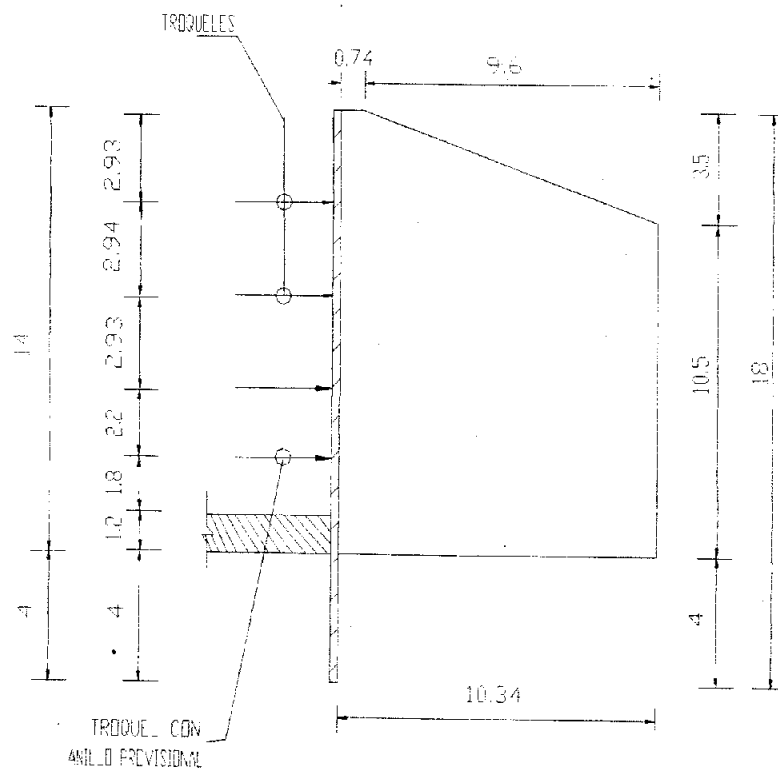


Empuje por carga viva

$$W = 1.5 \frac{t}{m^2}$$

$$P = WK_A = 0.74 \frac{t}{m^2}$$

Diagrama de presión total



Momento en tablestaca

$$M_{MAX} = \frac{10.34 \times 3^2}{2} = 46.53 \text{ t-m}$$

**Momento Resistente con tablestaca AZ-26**

$$MR = \sigma S = 3515 \times 0.75 \times 2600 = 68.5 \text{ t-m}$$

$$68.5 > 46.53 \text{ t-m}$$

Revisión de falla de fondo a nivel del último puntal

$$\frac{D}{B} = \frac{11.0}{10} = 1.1 \quad \therefore \frac{D}{B} > 1$$

$$FS = \frac{CN_c - q}{\gamma D} = \frac{2.57 \times 7.7 - 1.5}{1.4 \times 11} = 1.2$$

sin sobrecarga FS = 1.29

$$\gamma H = 5.99 < 6$$

∴ Se considera como el límite de la profundidad de la excavación para la estabilidad de la falla de fondo.

Para llegar al nivel del fondo de la excavación, manteniendo la estabilidad de las tablestacas y minimizando las deformaciones, se propone realizar la excavación en dos franjas a partir del último nivel de apuntalamiento, como se indica a continuación.

1. A partir del último nivel de excavación, excavar una zanja en uno de los tercios, colocando el material producto de la excavación en las proximidades.
2. Colocar y fijar la primera trabe precolada en la zanja excavada en el punto anterior.
3. Rellenar con material producto de la excavación la zanja en la que ya ha sido colocada y fijada la trabe precolada.
4. A partir del último nivel de excavación, excavar la otra zanja, colocando el material producto de la excavación en las proximidades.

5. Colocar y fijar la segunda trabe precolada en la zanja excavada en el punto anterior.
6. Rellenar con material producto de la excavación la zanja en la que ya ha sido colocada y fijada la segunda trabe precolada.
7. Excavar el área para colar la primera etapa de la losa de fondo.

### Estabilidad del fondo a una profundidad de 14.0

$$\frac{D}{B} = \frac{14}{5} = 2.8 > 1$$

$$N_c = (0.84 + 0.16 \frac{B}{L}) N_c (\text{cuadrada}) = (0.84 + 0.16 \frac{5}{10}) 8.75 = 8.05$$

$$FS = \frac{2.57 \times 8.05 - 1.5}{1.4 \times 14} = 0.98$$

FS sin sobrecarga 1.06

### Análisis de trabe de fondo (precolada)

Sección 0.50 x 1.20 ; si  $\frac{D}{B} \geq 4 \Rightarrow N_c = 9 \therefore B \leq 3.5$

$$W = \frac{\gamma H}{2} = \frac{1.4 \times 14.2}{2} = 9.94 \frac{t}{m^2}; \quad W_{PROPIO} = 0.50 \times 1.20 \times 2.4 = 1.44 t$$

$$W - W_{PROPIO} = 8.5 t$$

Peso total de la trabe precolada  $1.44 \times 9.5 = 13.68 t$

### Diseño de trabe precolada

$$M = \frac{8.50 \times 9.5^2}{8} = 95.89 t - m$$

$$V = \frac{8.5 \times 9.5}{2} = 40.38 t$$

Fricción en tablestaca

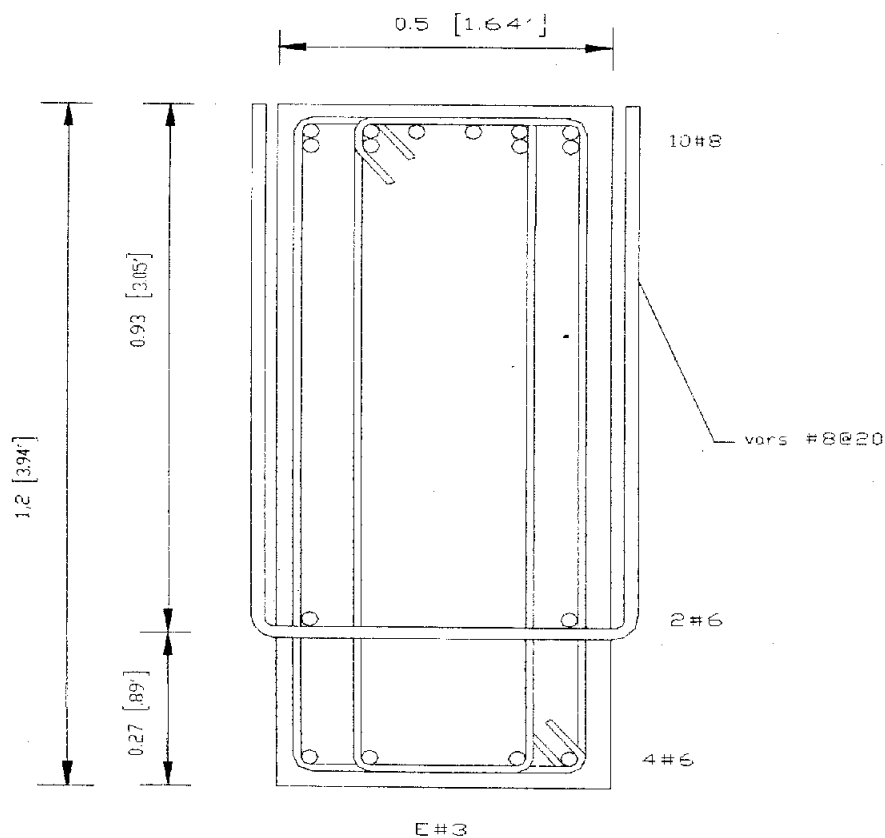
$$\frac{c}{2} = 1.25 ; \quad L = 18 \text{ m}$$

$$\therefore F = 3 \times 18 \times 1.25 = 67.5 \text{ t} > 40.38 \text{ t}$$

Sección 0.50 x 1.20, con estribos del #3

$$S = \frac{777}{30} = 25.9$$

cortante a un peralte efectivo = 30.7



**Diseño de la losa de fondo:**

$$W_{MAX} = \gamma H - P. P. = 1.4 \times 14 - 2.88 = 16.72 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

Carga necesaria para equilibrar la falla de fondo

$$w = \gamma H - P. P. = 1.4 \times 3 - 2.88 = 1.32 \frac{t}{m^2}$$

$$M_{MAX} = \frac{1.32 \times 10^2}{8} = 16.50 \text{ t-m} \quad \text{primera etapa}$$

#8@20, doblemente armada

$$MR = 82.13 \text{ t-m}$$

$$M_{MAX} = \frac{3 + V}{16} qa^2 = \frac{3 + 0.15}{16} (16.75 \times 5^2) = 82.29 \text{ t-m}$$

$$V = \frac{q \times 10^2 \times 16.72}{q \times 4 \times 10} = 41.8 \text{ t cortante por metro lineal}$$

$$v = 3.63 \frac{kg}{cm^2}$$

A manera de revisión por subpresión, la carga de desequilibrio de  $1.32 \text{ t/m}^2$ , se compensará con el peso de la lumbrera, ya que la losa de fondo se apoyará en las tablestacas. (El nivel freático no se considerará ya que este se mantendrá abatido al nivel del fondo de la excavación)

Considerando solo el peso de 3 anillos de troquelamiento

$$W = \frac{3 \times q \times \text{PESO DE LA TRABE} \times 3}{q \times 5^2} = 1.55 \frac{t}{m^2} > 1.32 \frac{t}{m^2}$$

Aún sin considerar el peso de las tablestacas ni la fricción entre estas y el suelo

Diseño de los anillos de troquelamiento

Carga en el anillo superior (más cargado)

$$M = \frac{0.74 \times 2.93^2}{2} + \frac{2.93 \times 8.04}{2} \times 0.97 = 3.18 + 11.43 = 14.61 \text{ t-m}$$

Momento en el tablero interior

$$M = \frac{10.34 \times 2.94^2}{10} = 8.93 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\Delta V = 14.61 - 8.93 = 1.93 \text{ t}$$

$$V = 0.74 \times 2.93 + \frac{2.94 \times 8.04}{2} + \frac{2.94 \times 10.06}{2} + \Delta V = 30.71 \text{ t}$$

∴ La carga en anillo superior  $w = 31.0 \text{ t/m}$

Carga en el último anillo al quitar el provisional

$$w = \frac{4 + 2.93}{2} \times 10.34 = 35.83 \text{ t}$$

Revisión del anillo de concreto con sección de 60 x 60

$$r_x = \frac{\sqrt{d^2 + d^2}}{4} = \frac{\sqrt{10^2 + 8.8^2}}{4} = 3.33$$

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{10 \times 1}{3.33} = 9.43 < 22 \quad \therefore \text{ok}$$

$$r_y = 0.3h = 0.3 \times 60 = 18$$

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{276}{18} = 15.33 < 22 \quad \therefore \text{ok}$$

$$F'c = \frac{250 \text{ kg}}{\text{cm}^2}; \quad E = 158113.8; \quad I = \frac{60^4}{12} = 1080000; \quad \frac{EI}{2.5} = 6.83 \times 10^{10}$$

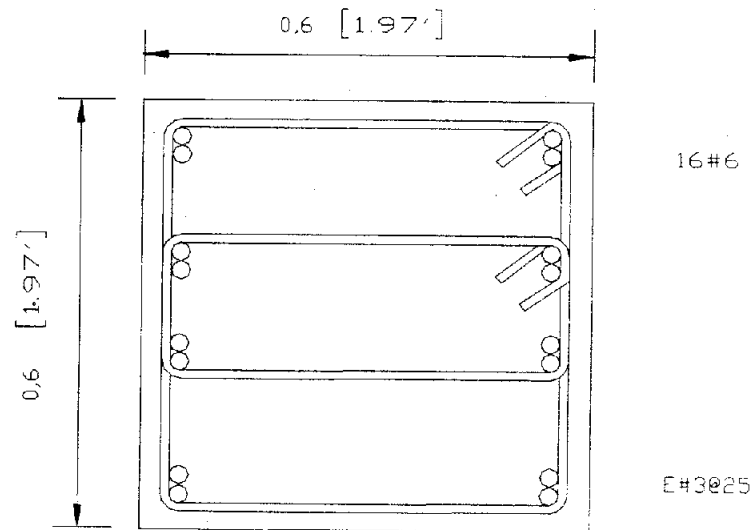
$$Pc = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 6.83 \times 10^{10}}{276^2} = 8849 \text{ t}$$

∴ no se considera la esbeltez

Resistencia a la compresión

$$P = FR (A_c f'_c + A_s f_y) = 0.7 (0.60 \times 0.60 \times 1.70 + 45.60 \times 4200) = 562 \text{ t}$$

$$P_a = \frac{562}{1.4} = 401 \text{ t} > 187 \text{ t}$$



$$p = 0.014; \quad A_s = 51.96 \text{ cm}^2; \quad MR = 42.08 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Límite de carga

$$P_U < 0.5 A_g f'_c$$

$$187 \times 1.4 < 0.5 \times 60 \times 60 \times 250$$

$$262 < 450 \text{ t}$$

$$\text{Peso de la trabe} = 0.864 \text{ t/m}$$

$$W_{\text{TRABE}} = 0.86 + 0.44 = 1.3 \text{ t/m}$$

$$\text{Peso de concreto entre la trabe y la tablestaca} = 0.61 \times 0.5 \times 2.4 \times 0.6 = 0.44 \text{ t/m}$$

### 3.3 Diseño caja de conexión, profundidad = 11.36 m

Diseño de losa tapa

Especificaciones de carga:

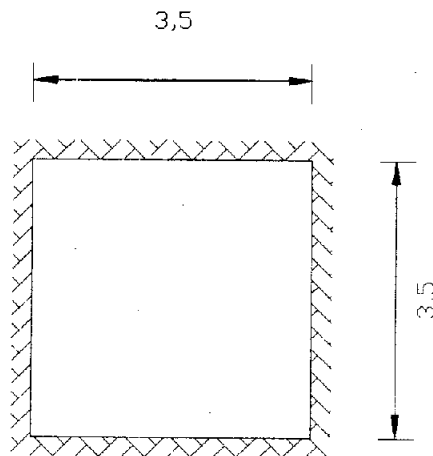
$$W_c = W_{\text{LOSA H=40}} + W_{\text{REGLAMENTO}} + W_{\text{RELLENO H=1.12}} \left( \gamma = 1.4 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \right)$$



$$W_c = 940 + 20 + 9968 = 10928 \text{ kg/m}^2$$

$$W_c = 10.93 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

Análisis de losa con los coeficientes de las tablas de Richard Bares



Momento flexionante

$$M_{(-)} = 0.0515 \times 10.93 \times 3.5^2 = 6.9 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{(+)} = 0.0202 \times 10.93 \times 3.5^2 = 2.70 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Cálculo de constantes para el empleo en fórmulas de diseño elástico, utilizando esfuerzos recomendados para estructuras sanitarias de acuerdo a la publicación del IMCYC "Estructuras De Concreto Para El mejoramiento Del Medio Ambiente".

$$f'_c = 250 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c = 0.45 f'_c = f_c = 112.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c = 95 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{por lo tanto RIGE}$$

$$f_s = 0.5 f_y = 2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Varillas # 3, 4,5 de SEP. = 15 cm.

$$f_s = 2109 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \text{VALOR PROMEDIO PARA EL CÁLCULO DE CONSTANTES}$$

$$n = 9$$

$$k = 0.34$$

$$j = 0.89$$

$$R = 14.32$$

Cortante

$$V = 0.446 \times 10.93 \times 3.5 = 17.06 \text{ t}$$

$$V_{\text{UN PERALTE EFECTIVO}} = 13.65 \text{ t}$$

$$v = \frac{13.65 \times 10^3}{35 \times 100} = 3.9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 4.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \equiv \text{ok.}$$

Empuje de tierra sobre muros:

- En la zona de muros se rellenará con tepetate
- A partir de la losa tapa hasta la superficie se rellenará con tezontle.

(Ver diagrama de presiones horizontales)

Análisis de muro con coeficientes de las tablas de Richard Bares

---

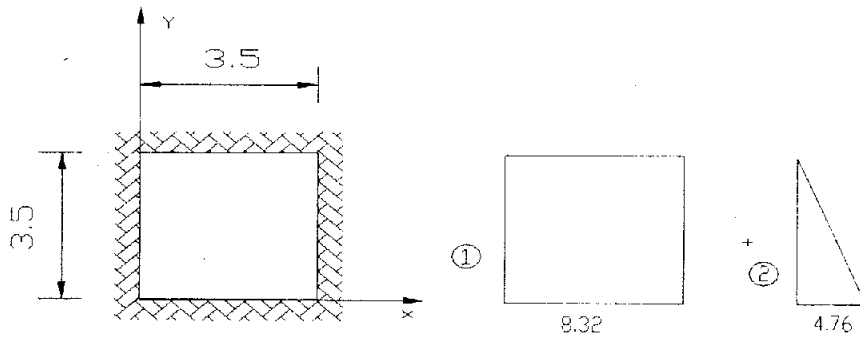
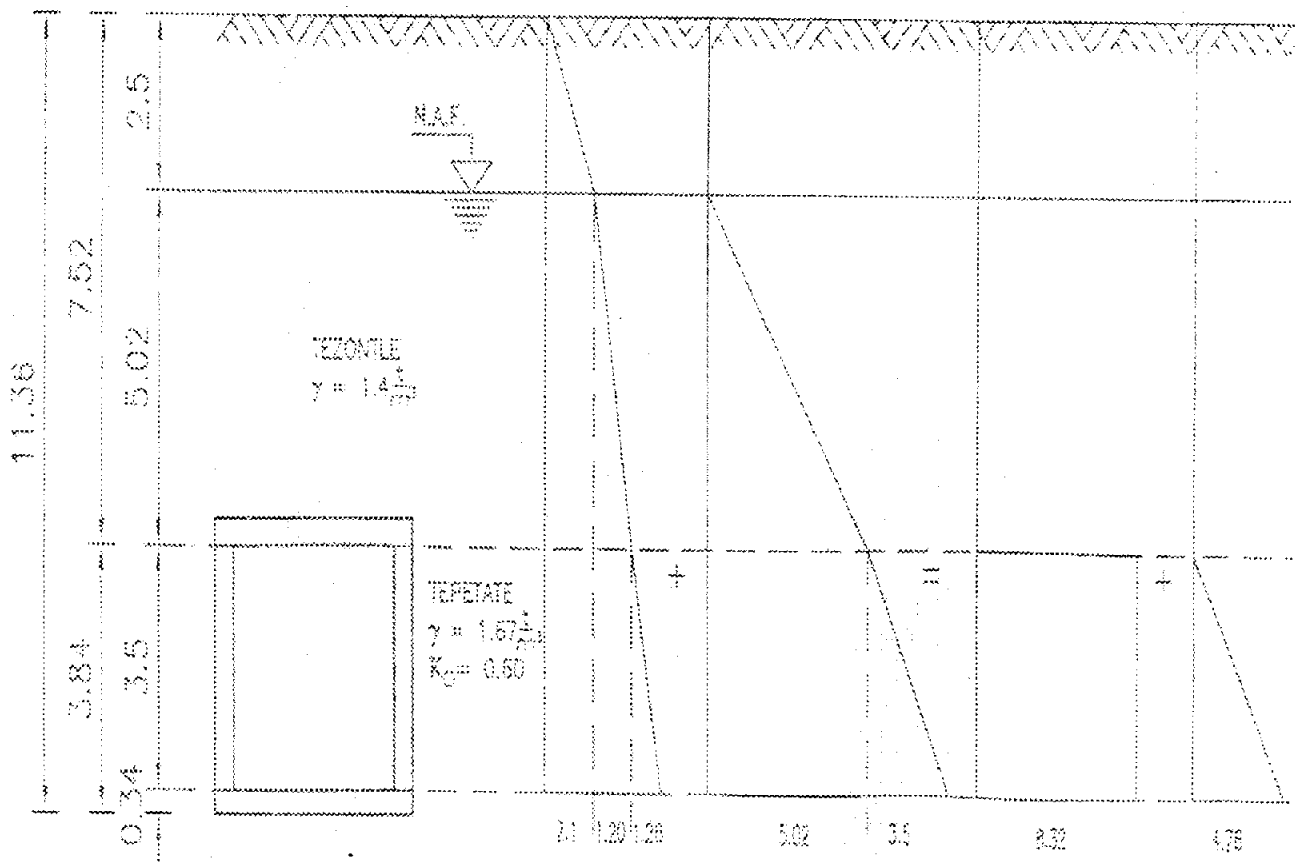


DIAGRAMA DE PRESIONES HORIZONTALES



Sentido Y

$$M_{Y1(-)} = 0.0515 \times 8.32 \times 3.5^2 = 5.25 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y2(-)} = 0.033 \times 4.76 \times 3.5^2 = 1.92 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y(-)} = M_{Y1(-)} + M_{Y2(-)} = 5.25 + 1.92 = 7.17 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y1A(-)} = 5.25 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y2A(-)} = 0.0176 \times 4.76 \times 3.5^2 = 1.026 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{YA(-)} = M_{Y1A(-)} + M_{Y2A(-)} = 5.25 + 1.026 = 6.28 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y1(+)} = 0.0202 \times 8.32 \times 3.5^2 = 2.06 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y2(+)} = 0.0114 \times 4.76 \times 3.5^2 = 0.66 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y(+)} = M_{Y1(+)} + M_{Y2(+)} = 2.06 + 0.66 = 2.72 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Sentido X

$$M_{x(-)} = 0.0515 \times 8.32 \times 3.5^2 = 5.25 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{x2(-)} = 0.027 \times 4.76 \times 3.5^2 = 1.57 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{x(-)} = M_{x(-)} + M_{x2(-)} = 5.25 + 1.57 = 6.82 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{x(+)} = 0.0202 \times 8.32 \times 3.5^2 = 2.06 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{x2(+)} = 0.0103 \times 4.76 \times 3.5^2 = 0.6 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{x(+)} = M_{x(+)} + M_{x2(+)} = 2.06 + 0.6 = 2.66 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Distribución de momentos

		3.5		
Me	+ 6.28	- 6.90	+ 6.90	- 6.28
la	+ 0.31	+ 0.31	- 0.31	- 0.31
t	+ 2.22	- 0.16	+ 0.16	- 2.22
Mf	$\frac{- 1.03}{+ 7.78}$	$\frac{- 1.03}{- 7.78}$		
	- 7.17	+ 0.00	- 0.00	+ 17.17
	+ 4.45	+ 2.72	- 2.72	- 4.45
	+ 0.16	- 1.36	+ 1.36	- 0.16
	$\frac{+ 0.74}{- 1.82}$	$\frac{+ 0.46}{+ 1.82}$		

3.5

$$M_T = 2.72 + 2.67 - 0.75 = 4.64 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\#5@15. \quad MR = 9.97 \text{ t} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{ok}$$

$$\text{SECC } 40 \times 100, \quad \frac{I}{L} = 1524 \quad , \quad fd = 0.62$$

$$\text{SECC } 34 \times 100, \quad \frac{I}{L} = 936 \quad , \quad fd = 0.38$$

Momento en la zona de tubo, volado superior, caso más desfavorable ya que en la parte inferior, se encuentra la media caña.

$$\text{Volado}_{\text{MAX}} = 0.9 \text{ m}$$

$$M_A = \frac{8.32 \times 0.9^2}{2} = 3.37 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$3.5 - 4.76$$

$$0.9 - X \quad \Rightarrow X = 1.22$$

$$M_B = \frac{1.22 \times 0.9^2}{2} = 0.50 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{TOT}} = M_A + M_B = 3.37 + 0.5 = 3.87 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{TOT}} = 8.32 \times 0.9 + 1.22 \times 0.9 = 8.59 \text{ t}$$

Revisión por cortante en muro de 3.5 x 3.5

Sentido Y

$$V_{\text{INF1}} = 0.446 \times 8.32 \times 3.5 = 12.98 \text{ t}$$

$$V_{\text{INF2}} = 0.297 \times 4.76 \times 3.5 = 4.95 \text{ t}$$

$$V_{\text{INF}} = V_{\text{INF1}} + V_{\text{INF2}} = 12.98 + 4.95 = 17.93 \text{ t}$$

$$V_{\text{SUP1}} = 0.446 \times 8.32 \times 3.5 = 12.98 \text{ t}$$

$$V_{\text{SUP2}} = 0.126 \times 4.76 \times 3.5 = 2.09 \text{ t}$$

$$V_{\text{SUP}} = V_{\text{SUP1}} + V_{\text{SUP2}} = 12.98 + 2.09 = 15.07 \text{ t}$$

Revisión por cortante en muro

$$V_{\text{INF}} = 17.93 - \frac{7.78 - 1.82}{3.5} = 16.23 \text{ t}$$

$$V_{\text{SUP}} = 15.07 + \frac{7.78 - 1.82}{3.5} = 16.77 \text{ t}$$

Cortante a un peralte efectivo

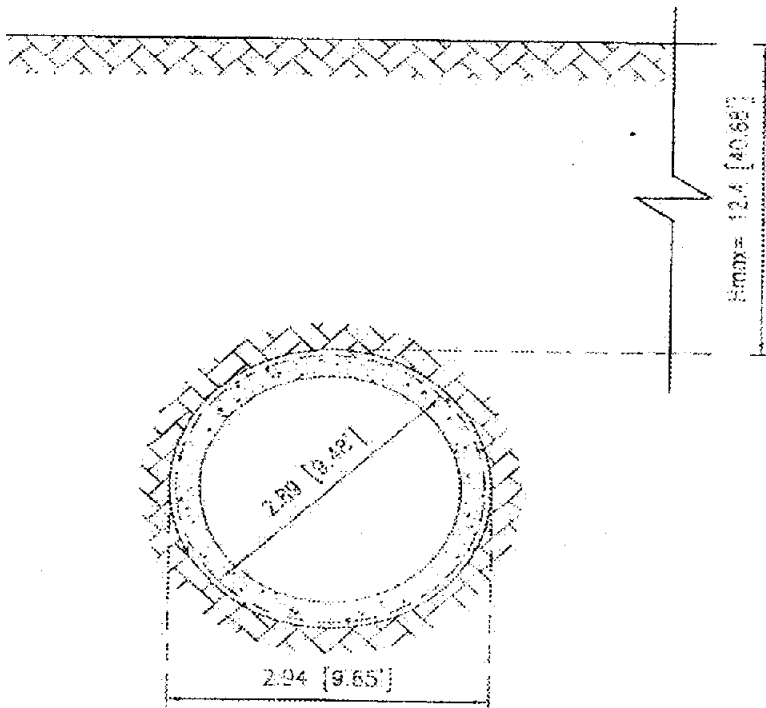
$$1.75 \quad 16.77$$

$$1.4 \quad X \quad \Rightarrow \quad X = 13.41$$

$$v = \frac{13.41 \times 10^3}{100 \times 35} = 3.83 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 4.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \therefore \text{ok.}$$

### 3.4 Memoria de cálculo para la revisión de tubo de $\Phi = 2.44 \text{ m}$

Para determinar la carga de la tierra se utilizará el método de la Asociación Americana de tubos de Concreto.



$$D = 2.44 \text{ m} = 8' ; B_c = 2.89 \text{ m} = 9.48' ; B_t = 2.94 \text{ m} = 9.64' ; H = 12.4 \text{ m} = 40.68'$$

$$w = 1.9 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 120 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$C = 1.2 \frac{\text{lb}}{\text{m}^2} = 250 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$FS = 1$$

$$W_T = C_T w B_T^2 - 2c C_T B_T$$

De gráficas (arcillas saturadas)

$$W_T = C_T w B_T^2 - 2c C_T B_T = 30000 - 250 \times 51 = 17250 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

$$D_{0.01} = \frac{W_T}{L_T \times D} \times FS = \frac{17250}{190 \times 8} \times 1.0 = 1135 \text{ lb /pie/pie}$$

ASTM Standard C76, CLASS III

$$D_{0.01} = 1135 \times 1.4881 = 1690 \text{ kg/m/pie}$$

$$D_{0.01} = 1690 \times 8' = 13520 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Tubo Grado II

Carga para la grieta 17 310 kg/m

Sobrado en un 28 %

Para tener un factor de seguridad mayor se utilizarán tubos de Grado III

No se considero la carga viva, ya que a la profundidad del tubo no se tiene influencia.

### 3.5 Memoria de cálculo hidráulico

La conducción se efectuará de la lumbrera L-4A a la lumbrera L-4 con tubería de 2.44 m. de diámetro de concreto - liner pvc para conducir un gasto máximo de 10.86 m<sup>3</sup>/seg.

Datos y consideraciones.

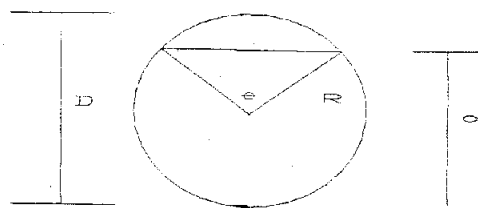
En la lumbrera L-4 le llega actualmente un gasto determinado que se desconoce y que es conducido en túnel revestido de concreto reforzado de 3.10 m. de diámetro proveniente de la lumbrera L-5, por lo que se analizará el funcionamiento del conducto existente aguas abajo de la lumbrera L-4 y de la tubería en construcción de 2.44 m de diámetro.



Los datos que se tienen en el conducto existe son:

- 1.- Pendiente  $S = 0$ , dato tomado del plano del perfil estratigráfico de la lumbrera L-4 a la lumbrera L-3B fechado en junio/1993.
- 2.- Altura de agua o tirante a la entrada del conducto desde la rasante el cual es  $d = 2.10$  m. realizado el 09 de julio del 2003.
- 3.- Se considera que el caudal circula con una pendiente hidráulica originada por una caída aguas abajo, posiblemente en la lumbrera L-3B o antes; como se puede determinar esta pendiente, se propone  $S_H = 0.00015$ .
- 4.- La medición del tirante se efectuó en épocas de lluvias y en hora pico, por lo que se tomara como máximo para el análisis.
- 5.- A razón de darle un menor funcionamiento hidráulico a la tubería por construir, se determinó que es adecuado tener una rasante final de la misma superior a la existe o de proyecto, ya que de lo contrario ocasionaría que la tubería de 2.44 m. de diámetro quedara ahogada.
- 6.- Como no se tiene el gasto de aportación de la lumbrera L-5 a la lumbrera L-4, se calculara el gasto aguas abajo con datos que se pudieron obtener.

CÁLCULO DEL GASTO EN EL CONDUCTO EXISTENTE (L-4 A L-B).



**DATOS:**

$D = 3.10$  m  
 $d = 2.10$  m  
 $n = 0.015$  m  
 $S_H = 0.00015$

**FÓRMULAS EMPLEADAS:**

$$\Theta = 2 \cos^{-1} (1 - 2 d/D)$$

$$\Theta = 138.433^\circ$$

$$\begin{aligned}
 A_H &= (360^\circ - \Theta^\circ / 360^\circ \times \pi R^2) + (0.5R^2 \text{sen} \Theta^\circ) & A_H &= 5.136 \text{ m}^2 \\
 P_H &= (360^\circ - \Theta^\circ / 360^\circ) 2\pi R & P_H &= 5.994 \text{ m} \\
 R_H &= A_H / P_H & R_H &= 0.8569 \text{ m} \\
 V_m &= R_H^{2/3} S_H^{1/2} / n & V_m &= 0.737 \text{ m/seg} \\
 Q &= V_m * A_H & \mathbf{Q} &= \mathbf{3.784 \text{ m}^3/\text{seg}}
 \end{aligned}$$

### CÁLCULO DEL GASTO MÁXIMO TRABAJANDO SIN PRESIÓN

DATOS:

$$d_{\max} = 0.93 D = 2.88 \text{ m}$$

SIGUIENDO EL MISMO PROCEDIMIENTO, SE TIENE:

$$A_H = 7.353 \text{ m}^2$$

$$R_H = 0.8991 \text{ m}$$

$$V_m = 0.761 \text{ m/seg}$$

$$\mathbf{Q_{\max} = 5.594 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

FUNCIONAMIENTO EN EL CONDUCTO EXISTE CON APORTACION DE GASTOS DE LA TUBERÍA DE 2.44 m DE DIÁMETRO.

1. Se calculará el tirante en la tubería con un gasto tal que sea la diferencia del gasto tal que sea la diferencia del gasto máximo calculado en el conducto. Este gasto será el que aporta la tubería.

$$\begin{aligned}
 \text{GASTO DE APORTACION} &= Q_A = Q_{\max} - Q_{d=2.10} \\
 &Q_A = 5.594 - 3.784 = 1.81 \text{ m}^3/\text{seg}
 \end{aligned}$$

### CÁLCULO DEL TIRANTE EN LA TUBERÍA

DATOS:

$$Q = 1,810 \text{ l/seg}$$

$$S = 0.00073$$

$$n = 0.009$$

$$d = 0.80 \text{ m (PROPUESTO)}$$

Efectuando los cálculos correspondientes se tiene

$$d = 0.699 \text{ m}$$

$$V_m = 1.634 \text{ m/seg}$$

Con el gasto de  $1.81 \text{ m}^3/\text{seg}$  y tirante de  $0.699 \text{ m}$ , el conducto estaría trabajando como canal con un gasto máximo de  $5.59 \text{ m}^3/\text{seg}$  y con un tirante de  $2.88 \text{ m}$ , el cual hará que en la tubería se tenga un remanso que aunado con el tirante de  $0.699 \text{ m}$  se tenga una altura total de  $0.962 \text{ m}$  (ver figura 2).

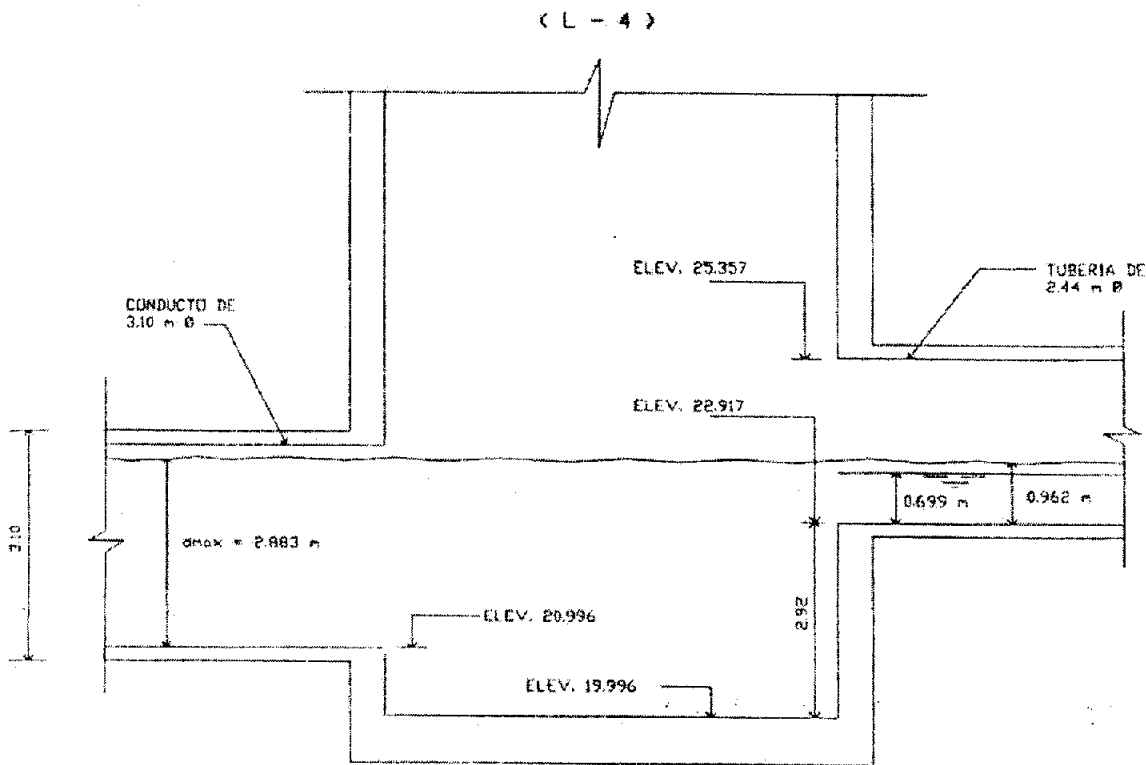


FIGURA 2

## 2. CÁLCULO DEL TIRANTE EN LA TUBERIA PARA $Q = 5.59 \text{ m}^3/\text{seg}$

DATOS:  $D = 2.44 \text{ m}$   
 $S = 0.00073$

$$n = 0.009$$

$$d = 1.00 \text{ m (PROPUESTO)}$$

EFFECTUANDO LOS CÁLCULOS CORRESPONDIENTES SE TIENE

$$d = 1.296 \text{ m}$$

$$V_m = 2.214 \text{ m/seg}$$

El gasto de conducción en el conducto será la suma de los gastos de  $Q = 3.784 \text{ m}^3/\text{seg} + Q = 9.374 \text{ m}^3/\text{seg}$  lo que da  $Q = 9.374 \text{ m}^3/\text{seg}$  mayor a la capacidad para trabajar libremente, por lo que estaría trabajando a presión.

CÁLCULO DE LA CARGA ACTUANTE EN LA LUMBRERA L-4 PARA QUE PASE EL GASTO  $Q = 9.374 \text{ m}^3/\text{seg}$

La carga total será la suma de las pérdidas de carga en el conducto

$$H_T = h_v + h_e + h_f$$

Cálculo de las pérdidas de carga:

(1)  $h_v =$  pérdida de carga por velocidad

$$V_m = Q/A = 9.374/7.54 = 1.243 \text{ m /seg}$$

$$h_v = V_m^2 / 2g = \mathbf{0.0788 \text{ m}}$$

(2) Pérdida de carga por entrada al conducto

Para entradas con aristas rectangulares instaladas al ras en los muros verticales, experimentalmente se ha encontrado que varía de 0.43 a 0.70 se tomará un valor promedio:

$$h_e = \mathbf{0.55 \text{ m}}$$

(3) Pérdida de carga por fricción

Para esta pérdida de carga por fricción se utilizará la fórmula de DARY-WEISBACH considerando el factor de rugosidad "n" de MANNING

$$h_f = ( f L / D ) ( V^2 / 2g) \quad f = 0.029 \quad L = 310 \text{ m}$$

$$h_f = 0.029 \times 100 \times 0.0788 = \mathbf{0.229 \text{ m}}$$

Suma de pérdidas

$$H_T = 0.0788 + 0.55 + 0.228 = 0.857 \text{ m}$$

3. Para un gasto  $Q = 7.0 \text{ m}^3/\text{seg}$  se tendría una velocidad  $V_m = 2.330 \text{ m}/\text{seg}$  y un tirante de  $d = 1.494 \text{ m}$

Calculando las pérdidas de carga en el conducto para  $Q = 7.0 + 3.784 = 10.784 \text{ m}^3/\text{seg}$  la carga total será  $H_T = 0.95$  y el nivel del agua en la lumbrera Estará a la elev.  $25.06 \text{ m}$ , inferior a la elevación  $25.357 \text{ m}$  (ver figura 3).

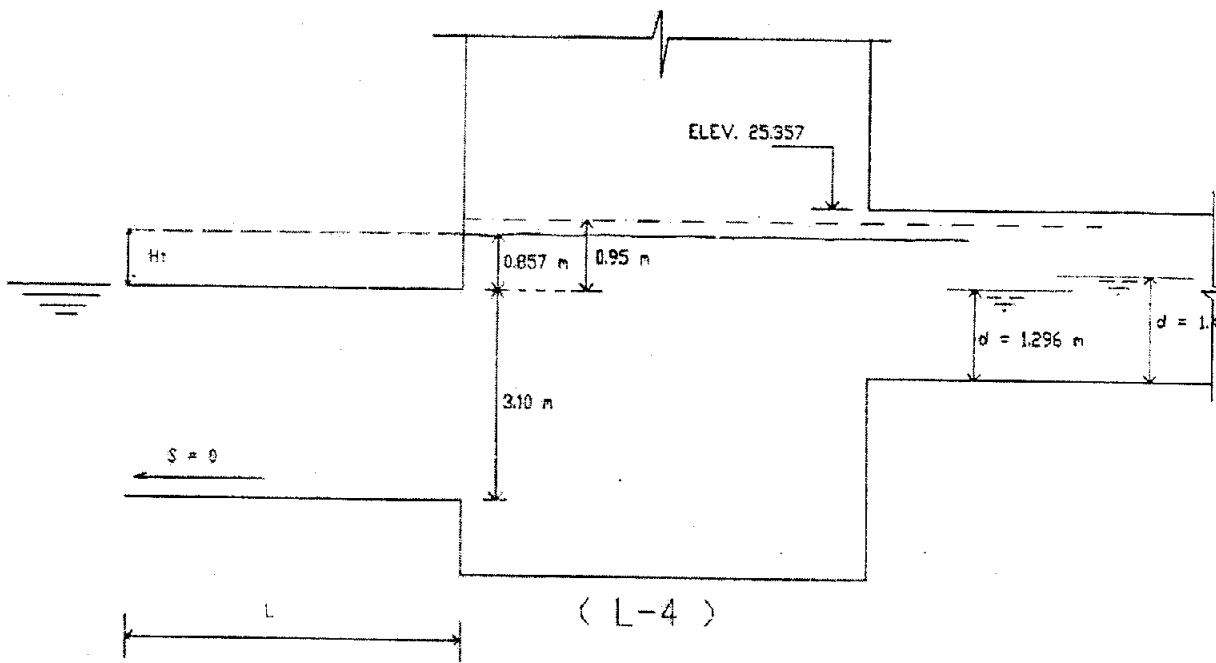


FIGURA No. 3

Conclusiones

1. En el análisis hidráulico se determinó que para un gasto  $Q = 1.81 \text{ m}^3/\text{seg}$ . en la tubería, más el gasto  $Q = 3.78 \text{ m}^3/\text{seg}$  circulando en el conducto, el mismo estará trabajando libremente.
2. Aumentando el gasto a  $Q = 5.59 \text{ m}^3/\text{seg}$  en la tubería, el conducto trabajará con un gasto  $Q = 9.37 \text{ m}^3/\text{seg}$ , el cual estará circulando bajo presión ya que se tiene una carga de  $0.857 \text{ m}$ . en este caso el nivel del agua en la lumbrera L-4 hace que se forme un remanso en la tubería de  $0.74 \text{ m}$ . arriba del tirante normal formándose un tirante total de  $2.036 \text{ m}$ . inferior al diámetro de  $2.44 \text{ m}$ . (Ver figura No. 3).

3. Como se aprecia en la figura No. 3, en el nivel de agua en la lumbrera calculada con la carga total  $H_r = 0.95$  m para un gasto  $Q = 10.78$  m<sup>3</sup>/seg, no rebasa la parte superior de la tubería, lo que indica que para gastos hasta de 7.0 m<sup>3</sup>/seg la tubería con la pendiente y diámetro de 2.44 m correlacionada con la elevación final de la rasante funcionará libremente.

### 3.6 Diseño de lumbrera adosada a la lumbrera L-4

Cálculo del empuje de tierra sobre los muros de la lumbrera

Características del suelo:

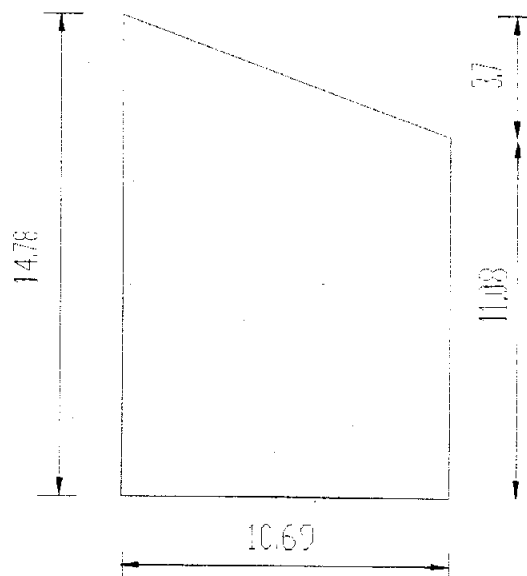
Estratos de arcilla con lentes de arena, que para efectos de cálculo de empujes, se considerará un solo estrato de arcilla con el promedio de sus propiedades características:

$$\gamma = 1.4 \frac{t}{m^3} ; c = 2.5 \frac{t}{m^2} ; q_u = 5.0 \frac{t}{m^2} ; H = 14.78 \text{ m}$$

$$K_A = 1 - \frac{4S_u}{\gamma H} = 1 - \frac{4 \times 2.5}{1.4 \times 14.78} = 0.52$$

$$P_H = \gamma H K_A = 10.7 \frac{t}{m^2} \quad \text{ó} \quad P_H = \gamma H - 4c = 10.69 \frac{t}{m^2}$$

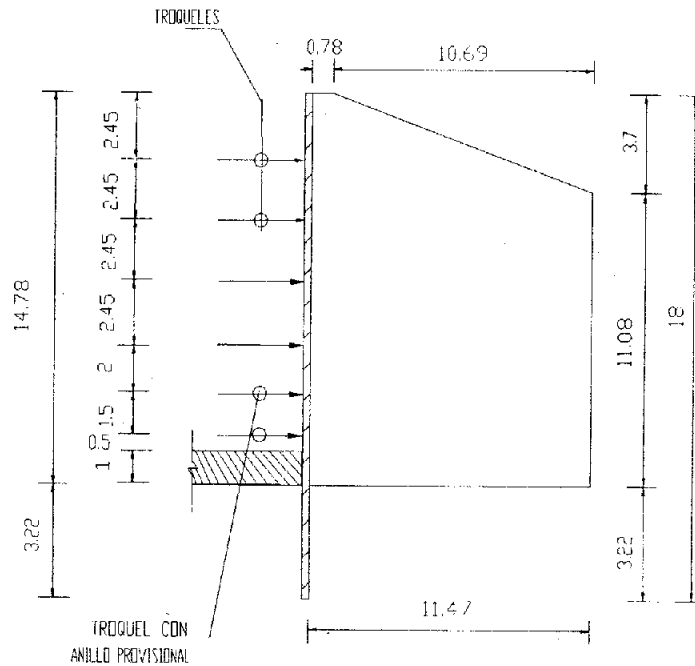
Diagrama de presión de tierra



**Empuje por carga viva**

$$W = 1.5 \frac{t}{m^2}$$

$$P = wK_A = 0.78 \frac{t}{m^2}$$



Momento en tablestaca

$$M_{MAX} = \frac{11.47 \times 5^2}{2} = 12.90 \text{ t-m}$$

**Momento Resistente con tablestaca AZ -26**

$$MR = \sigma S = 3515 \times 0.75 \times 2600 = 68.5 \text{ t-m}$$

$$68.5 > 12.90 \text{ t-m}$$

Revisión de falla de fondo a nivel del quinto puntal

$$\frac{D}{B} = \frac{11.78}{4.5} = 2.61 \quad \therefore \frac{D}{B} > 1$$

$$FS = \frac{CN_c - q}{\gamma D} = \frac{2.5 \times 8.65 - 1.5}{1.4 \times 11.78} = 1.22$$

sin sobrecarga FS = 1.31 ∴ ok

∴ Se considera como el límite de la profundidad de la excavación a la cual no se produce la falla de fondo.

$$\frac{D}{B} = \frac{14.78}{4.5} = 3.28 > 1$$

$$FS = \frac{2.50 \times 8.80 - 1.5}{1.4 \times 14.78} = 0.99$$

$$\gamma = \frac{4.5}{2} \sqrt{2} = 3.18$$

### Carga que resiste la tablestaca

$$M = 68.5 - 12.9 = 55.6 \text{ t-m}$$

$$w = \frac{2M}{L^2} = \frac{2 \times 55.6}{(3.18 + 1.5)^2} = 5.07 \frac{\text{t}}{\text{m}}$$

$$w = 5.07 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

$$M = P(L + 1.5)$$

$$L = \frac{3.18}{2} = 1.59$$

$$M = P \times 3.09$$

$$P = \frac{55.6}{3.09} = 17.99$$

$$w = \frac{17.99}{3.18} = 5.66 \frac{\text{t}}{\text{m}}$$



$$w = 5.66 \frac{t}{m^2}$$

$$FS = \frac{2.5 \times 8.8 - 1.5 + 5.66}{1.4 \times 14.78} = 1.39 \quad \therefore \text{ok}$$

**Revisión con el momento flexionante**

$$FS = \frac{(2.5 \times 8.8) (1.5 + 3.18) + 68.5 + \left( \frac{4.2 \times 3.18}{2} \times 1.4 \right) 1.4 + \left( \frac{5.26 \times 1}{2} \right) \times 1.4 \times 2.1}{(1.4 \times 14.78 + 1.5) (3.18) \left( \frac{3.18}{2} + 0.5 \right)}$$

$$= \frac{192.27}{147.48 + 12.9} = 1.2$$

∴ Si se excava en dos etapas a partir del sexto nivel de apuntalamiento se obtiene un factor de seguridad favorable.

La losa de fondo solo se armará por temperatura, #5@25 en dos lechos

Momento máximo en losa

$$M_{Max} = 0.0476 \times 4.5^2 \times (20.69 - 2.4) = 17.62 \text{ t-m}$$

#5@25, MR = 21.38 t-m (diseño plástico)

**Diseño de marco**

$$W_{MAX} = \frac{4 + 2.45}{2} (11.47) = 36.99 \text{ t}$$

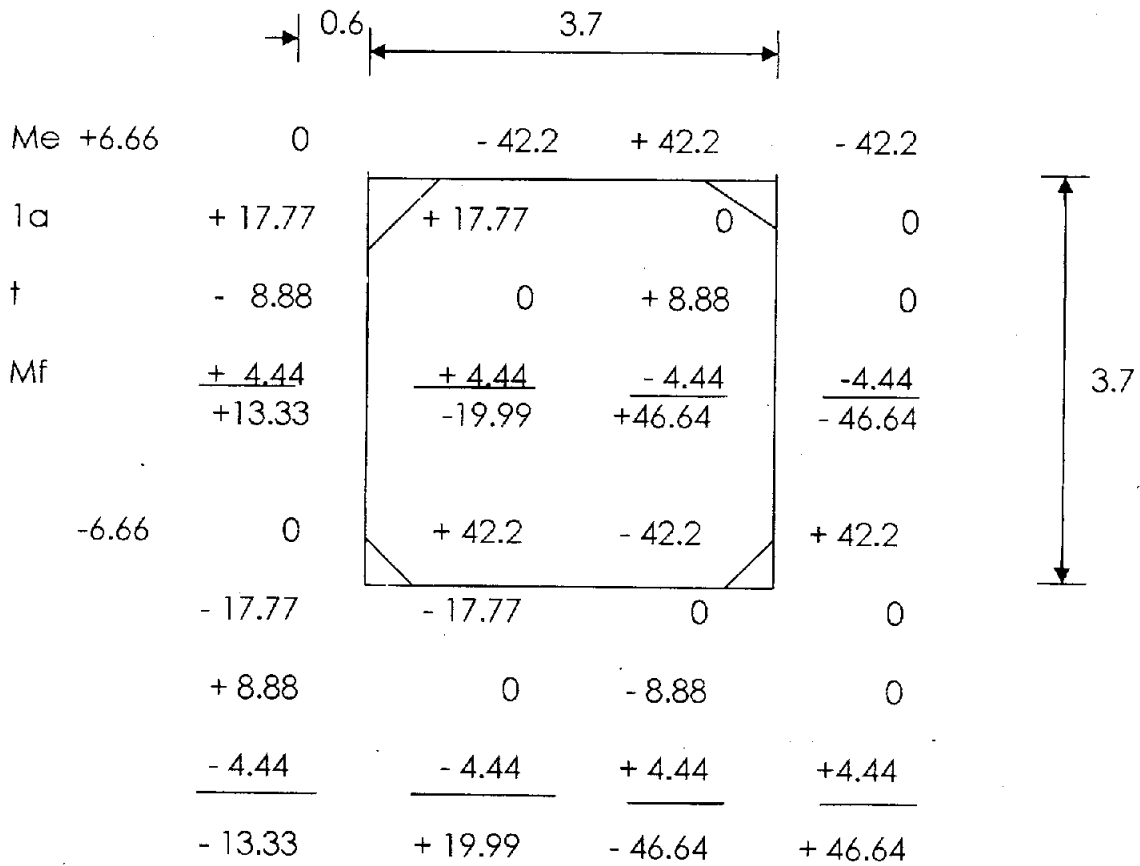
$$M = \frac{w L^2}{12} = 42.2$$

**Cuarto marco más cargado**

$$W = 2.445 \times 11.47 = 28.04 \text{ t}$$

$$M = \frac{wL^2}{12} = 31.99 \text{ t-m}$$

Distribución de momentos



Con vigas simplemente apoyadas

Trabes en marco mas cargado (trabe H = 14")

$$\text{Claro} = 4.5 - (14" \times 2) = 3.79 \text{ m}$$

$$M = \frac{36.99 \times 3.79^2}{8} = 66.42 \text{ t-m}$$

$$S_{NEC} = 3500 \text{ cm}^3$$

$$V = \frac{3.79 \times 36.99}{2} = 70.09 \text{ t}$$

Trabes en marco intermedio

$$M = \frac{28.04 \times 3.79^2}{8} = 50.35 \text{ t - m}$$

$$V = \frac{28.04 \times 3.79}{2} = 53.14 \text{ t - m}$$

$$S_{NEC} = 2652 \text{ cm}^3$$

$$V_R = 0.5 \times 2530 \times 1.42 \times 30.48 = 54.75 \text{ t} \quad \therefore \text{ok}$$

Sin considerar cartelas

Trabes en marco provisional

$$w = \frac{3.5 \times 11.47}{2} = 20.07 \text{ t - m}$$

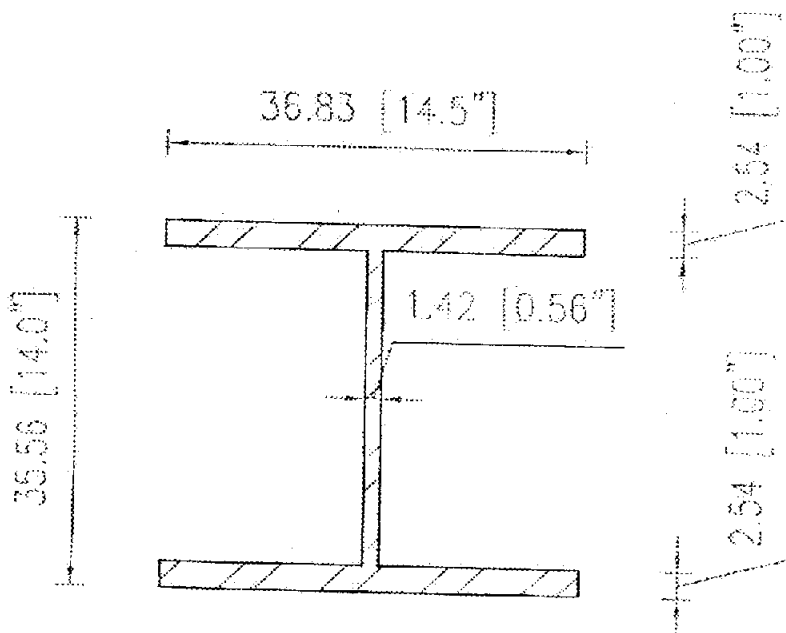
$$M = \frac{20.07 \times 3.79^2}{8} = 36.04 \text{ t - m}$$

$$V = \frac{20.07 \times 3.79}{2} = 38.03 \text{ t - m}$$

$$S_{NEC} = 2004 \text{ cm}^3$$

$$16 \times 7; \quad (74.5 \text{ kg.}) ; S = 1322$$

m



$$A = 230 \text{ cm}^2$$

$$I = 54426 \quad I = 34435$$

$$S = 30.61 \quad r = 12.36$$

Carga en viga adyacente a la lumbrera existente

$$P = \frac{5}{2} \times 2.445 \times 11.47 = 70.11 \text{ t}$$

$$fd = \frac{70.11 \times 10^3}{230} = 305 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{KI}{r} = \frac{450}{12.36} = 36.41 \quad \Rightarrow \quad fa = 13.70 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \therefore \text{ok}$$

Combinación de esfuerzos (marco intermedio)

$$P = \frac{4.5}{2} \times 2.445 \times 11.47 = 63.09 \text{ t}$$

$$fd = \frac{63.09 \times 10^3}{230} = 274 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{KI}{r} = \frac{380}{15.38} = 24.70 \quad \Rightarrow \quad fa = 1429 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \therefore \text{ok}$$

Combinacion de esfuerzos

$$\frac{274}{1429} + \frac{50.75 \times 10^5}{30.61 \times 1900} = 0.19 + 0.87 = 1.06 \quad \cong \text{ok}$$

### Rediseño viga adyacente a lumbrera existente

Viga IPR 14" x 8" ( 79 kg/m )

$$A = 100.58$$

$$S = 1275$$

$$r = 14.98$$

$$r = 4.87$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{380}{4.87} = 78$$

$$f_a = 1097$$

$$f_d = \frac{70.11}{100.58} = 697 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

### 3.7 Diseño de caja de deflexión, profundidad = 13.05 m

Diseño de losa tapa

Especificaciones de carga:

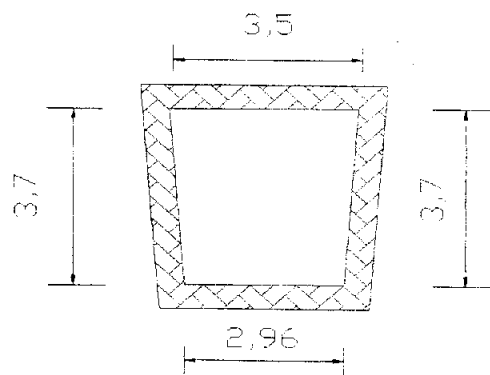
$$W_c = W_{\text{LOSA } H=45} + W_{\text{REGLAMENTO}} + W_{\text{RELLENO } H=8.76 (\gamma=1.4 \text{ t})}$$

$\frac{\text{m}^3$

$$W_c = 1080 + 20 + 12264 = 13364 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_c = 13.36 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

Análisis de losa con los coeficientes de las tablas de Richard Bares



Momento flexionante

$$M_{(-)} = 0.0515 \times 13.36 \times 3.5^2 = 8.42 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{(+)} = 0.0202 \times 13.36 \times 3.5^2 = 3.30 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Cálculo de constantes para el empleo en fórmulas de diseño elástico, utilizando esfuerzos recomendados para estructuras sanitarias de acuerdo a la publicación del IMCYC "Estructuras De Concreto Para El mejoramiento Del Medio Ambiente".

$$f'c = 250 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c = 0.45 f'c = f_c = 112.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c = 95 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{por lo tanto RIGE}$$

$$f_s = 0.5 f_y = 2100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Varillas # 3,4,5, de SEP. = 15 cm

$$f_s = 2109 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \Rightarrow \text{VALOR PROMEDIO PARA EL CÁLCULO DE CONSTANTES}$$

$$n = 9$$

$$k = 0.34$$

$$j = 0.89$$

$$R = 14.32$$

Cortante

$$V = 0.446 \times 13.36 \times 3.5 = 20.85 \text{ t}$$

$$V_{\text{UN PERALTE EFECTIVO}} = 16.08 \text{ t}$$

SECCION 45 X 100

$$v = \frac{16.08 \times 10^3}{40 \times 100} = 4.02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 4.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cong \text{ok.}$$

Empuje de tierra sobre muros:

- En la zona de muros se rellenará con tepetate
- A partir de la losa de cubierta hasta la superficie se rellenará con tezontle.

(Ver diagrama de presiones horizontales)

Análisis de muro con coeficientes de las tablas de Richard Bares

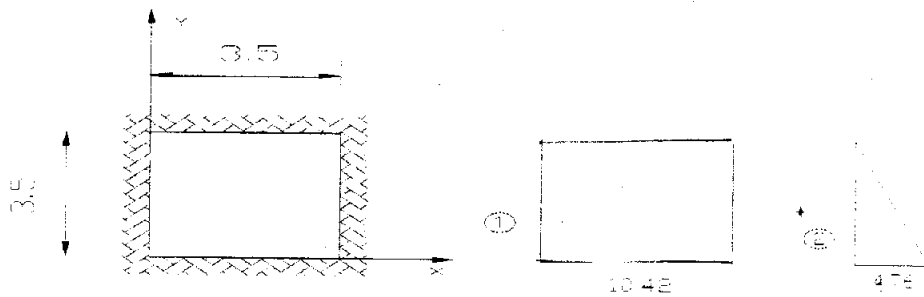
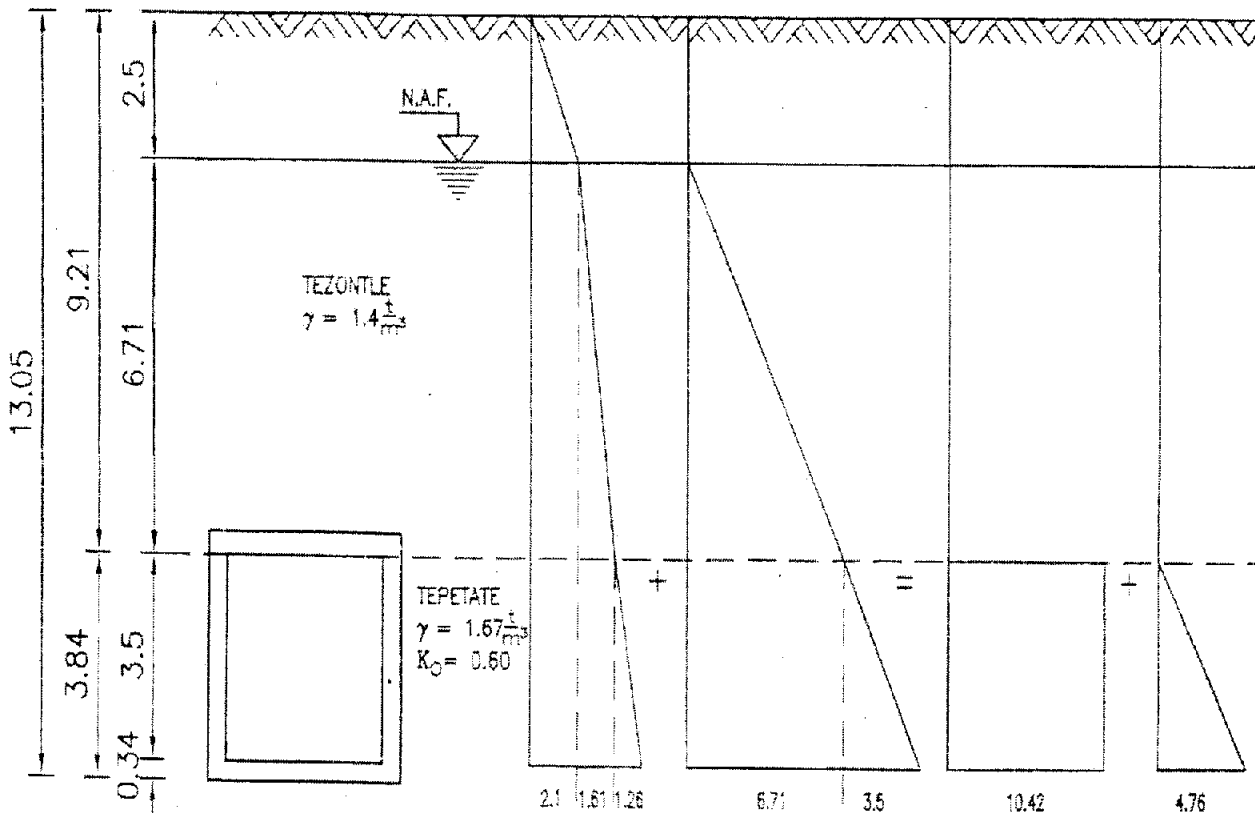


DIAGRAMA DE PRESIONES HORIZONTALES



Sentido Y

$$M_{Y1(-)} = 0.0515 \times 10.42 \times 3.5^2 = 6.57 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y2(-)} = 0.033 \times 4.76 \times 3.5^2 = 1.92 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y(-)} = M_{Y1(-)} + M_{Y2(-)} = 6.57 + 1.92 = 8.49 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y1A(-)} = 6.57 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y2A(-)} = 0.0176 \times 4.76 \times 3.5^2 = 1.026 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{YA(-)} = M_{Y1A(-)} + M_{Y2A(-)} = 6.57 + 1.026 = 7.60 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y1(+)} = 0.0202 \times 10.42 \times 3.5^2 = 2.58 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y2(+)} = 0.0114 \times 4.76 \times 3.5^2 = 0.66 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{Y(+)} = M_{Y1(+)} + M_{Y2(+)} = 2.58 + 0.66 = 3.24 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Sentido X

$$M_{X(-)} = 0.0515 \times 10.42 \times 3.5^2 = 6.57 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{X2(-)} = 0.027 \times 4.76 \times 3.5^2 = 1.57 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{X(-)} = M_{X1(-)} + M_{X2(-)} = 6.57 + 1.57 = 8.14 \text{ t} \cdot \text{m}$$

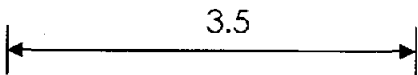
$$M_{X(+)} = 0.0202 \times 10.42 \times 3.5^2 = 2.58 \text{ t} \cdot \text{m}$$


$$M_{X2(+)} = 0.0103 \times 4.76 \times 3.5^2 = 0.6 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{X(+)} = M_{X1(+)} + M_{X2(+)} = 2.58 + 0.6 = 3.18 \text{ t} \cdot \text{m}$$



Distribución de momentos

				
Me	+ 7.60	- 8.42	+ 8.42	- 7.60
1a	+ 0.41	+ 0.41	- 0.41	- 0.41
t	+ 2.97	- 0.21	+ 0.21	- 2.22
Mf	<u>- 1.38</u> + 9.60	<u>- 1.38</u> - 9.60		
	- 8.49	+ 0.00	0.00	+ 8.49
	+ 5.94	+ 2.55	- 2.55	- 5.94
	+ 0.21	- 1.28		
	<u>+ 0.75</u>	<u>+ 0.32</u>		
	- 1.59	+ 1.59		



3.5

$M_T = 3.24 + 3.45 - 1 = 5.69 \text{ t} \cdot \text{m}$   
 Seccion de 45 x 100

#5@15,  $MR = 11.22 \text{ t} \cdot \text{m}$       $\therefore$  ok

SECC 40 x 100,  $\frac{1}{L} = 2169$  ,      $fd = 0.70$

SECC 34 x 100,  $\frac{1}{L} = 936$  ,      $fd = 0.30$

Momento en la zona de tubo, volado superior, caso más desfavorable ya que en la parte inferior, se encuentra la media caña.

$$\text{Volado}_{\text{MAX}} = 1.1 \text{ m}$$

$$M_A = \frac{10.42 \times 1.1^2}{2} = 6.30 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_B = \frac{1.22 \times 1.1^2}{2} = 0.74 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{TOT}} = M_A + M_B = 6.30 + 0.74 = 7.04 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{TOT}} = 10.42 \times 1.1 + 1.22 \times 1.1 = 12.80 \text{ t}$$

Revisión por cortante en muro de 3.5 x 3.5

Sentido Y

$$V_{\text{INF1}} = 0.446 \times 10.42 \times 3.5 = 16.27 \text{ t}$$

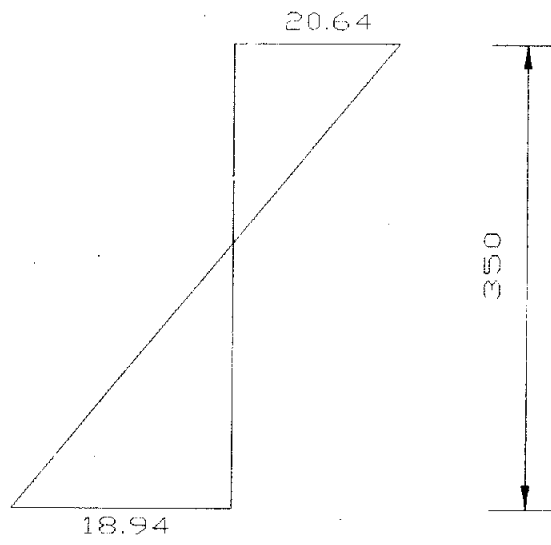
$$V_{\text{INF2}} = 0.297 \times 4.76 \times 3.5 = 4.95 \text{ t}$$

$$V_{\text{INF}} = V_{\text{INF1}} + V_{\text{INF2}} = 16.27 + 4.95 = 21.22 \text{ t}$$

$$V_{\text{SUP1}} = 0.446 \times 10.42 \times 3.5 = 16.27 \text{ t}$$

$$V_{\text{SUP2}} = 0.126 \times 4.76 \times 3.5 = 2.09 \text{ t}$$

$$V_{\text{SUP}} = V_{\text{SUP1}} + V_{\text{SUP2}} = 16.27 + 2.09 = 18.36 \text{ t}$$



$$\Delta V = \frac{9.60 - 1.59}{3.5} = 2.28 \text{ t}$$

$$V = 16.5 \text{ t}$$

$$v' = \frac{16.5 \times 10^3}{100 \times 45} = 3.67 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 4.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \therefore \text{ok.}$$

## IV. PROCESO CONSTRUCTIVO

Se iniciará este capítulo con la definición de tablestacas, continuando con el procedimiento constructivo para la lumbrera circular, en el detalle N° 1 se observa un corte del escudo electro-hidraulico, y en el detalle N° 2 señala los elementos necesarios para el proceso de hincado de tubería de concreto reforzado, y la presentación del plano de terminación de la obra, al final de este capítulo.



ENEP ARAGÓN

#### 4.1 Definición de tablestacas

Las tablestacas son piezas largas y planas de madera, concreto armado o metal, que se hunden en el suelo por hincado, unas al lado de otras y en contacto, de forma que constituyan cortinas planas o curvas que a veces se completan mediante pilotes.

Estas cortinas sirven como obras de retención de agua o de tierra (ataguías, muros de contención). Por ello, las tablestacas sufren esfuerzos transversales de empuje y trabajan en flexión. Resisten por empotramiento en el suelo y frecuentemente por la acción de puntales o tirantes de sustentación unidos a macizos de anclaje establecidos en lugares convenientes.

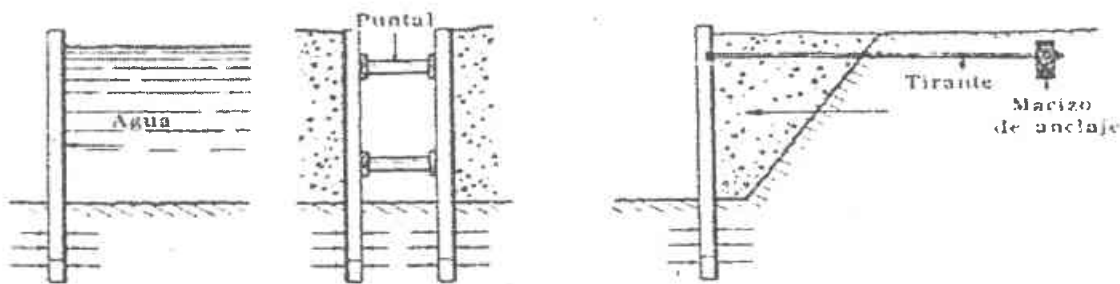


FIG. 48. Tablestacas.

Las tablestacas se calculan, pues, como piezas en flexión con uno o varios apoyos (voladizos empotrados o vigas continuas con varios apoyos). Por ello deben presentar cierta inercia transversal, que es función del papel resistente que deben desempeñar.

En ciertos casos, las tablestacas se utilizan formando envolventes circulares que trabajan en compresión o en tracción por capas horizontales y no necesitan por lo tanto piezas con elevado momento de inercia transversal (tablestacas planas) (Fig. 49).

Por último las tablestacas están totalmente hundidas en el terreno para desempeñar en el papel de cortina impermeable sin resistencia propia (Fig.50). En este caso pueden emplearse tablestacas planas con una pequeña inercia transversal.

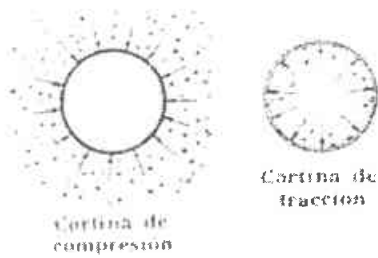


Fig. 49. Tablestacas de pequeño momento de inercia. Cortina circular.

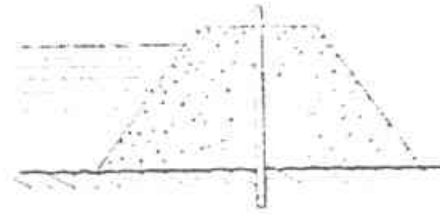


Fig. 50. Tablestacas de pequeño momento de inercia. Cortina de estanqueidad.

### Tablestacas de madera

Las tablestacas de madera no se emplean ya prácticamente, habiendo sido sustituidas por las tablestacas metálicas o de concreto armado.

Sin embargo, no se excluye la posibilidad de que en pequeñas obras o para trabajos en lugares alejados y en regiones ricas en madera, pueden resultar una solución conveniente.

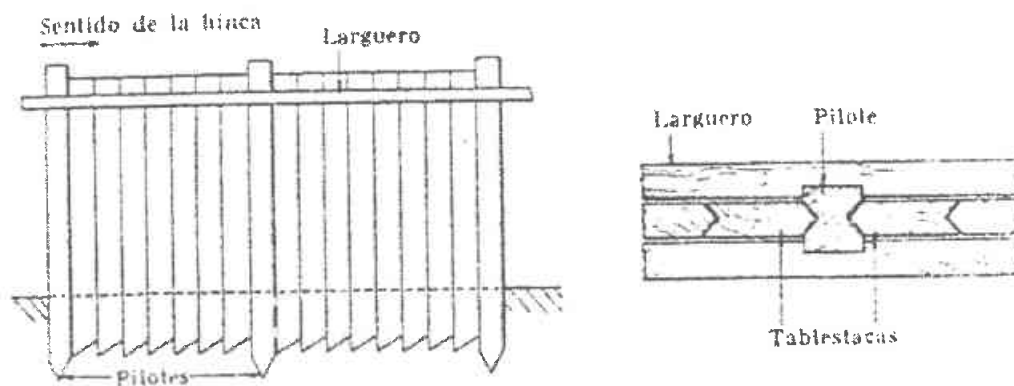


Fig. 51. Cortina de tablestacas de madera.

Están constituidas por tablonces de 8 a 15 cm de espesor y 25 a 35 cm de anchura, que se hincan juntos para constituir tableros continuos (Fig. 51). Estos tableros están reforzados generalmente por pilotes que soportan generalmente vigas continuas entre las que se deslizan las tablestacas.

Las tablestacas terminan en cuña o en pico de flauta, de forma que la hincia las apriete unas contra otras. La punta se refuerza mediante una chapa y la cabeza se provee en un zuncho.

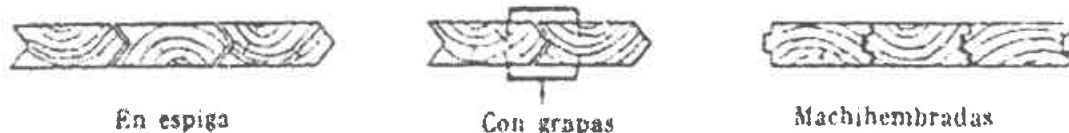


FIG. 52. Juntas de tablestacas de madera.

Para lograr la impermeabilidad de la cortina, las tablestacas se ensamblan en espiga o con juntas machihembradas (Fig.52).

Después de su ejecución, la cortina puede reforzarse mediante grapas de hierro que impiden a las tablestacas separarse.

#### Tablestacas de concreto armado

Las tablestacas de concreto armado tienen el grave inconveniente de ser pesadas y frágiles.

Tienen sobre las tablestacas metálicas la ventaja de no estar sometidas a la corrosión, por lo que se las prefiere en ciertas obras permanentes, especialmente de navegación interior (contención de orillas de ríos o muros de pie en canales).

En ciertos medios agresivos, por el contrario, el hormigón puede ser atacado. Las tablestacas de concreto armado tienen una constitución semejante a la de los pilotes. Su sección es un rectángulo alargado, o un perfil en T de ala ancha cuando se necesitan grandes inercias transversales (Fig.54).

Tienen, como los pilotes de concreto armado, armaduras longitudinales y armaduras transversales o estribos que, en general, están bastante juntos para lograr un zunchado.

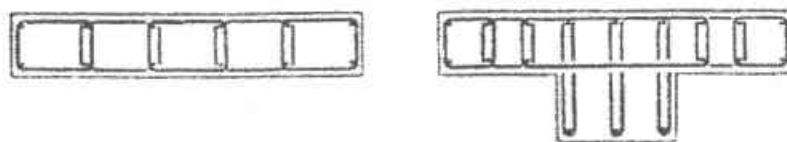


FIG. 54. Tablestacas de concreto armado.

Cuando hay que construir una cortina estanca puede preverse, como para las tablestacas de madera, ensambles en espiga.

A menudo es más cómodo hincar tablestacas de sección recta con entrantes que constituyen ranuras cuando las tablestacas están unidas entre si (Fig. 55), en las que se puede verter un producto bituminoso o telas de saco impregnadas de una lechada de cemento.

### Tablestacas metálicas

Las tablestacas metálicas han contribuido grandemente al progreso de las obras públicas. Tanto en obras provisionales (ataguías, revestimiento de zanjas) como en obras permanentes (muros de muelle, duques de Alba en trabajos marítimos o fluviales, muros de contención), su empleo permite la realización de obras muy diversas.

En el croquis adjunto representamos dos muros de muelle, uno de cortina plana simple (Fig.56) con plataforma de descarga sobre pilotes traseros y el otro de gabiones auto-estables (Fig.57).

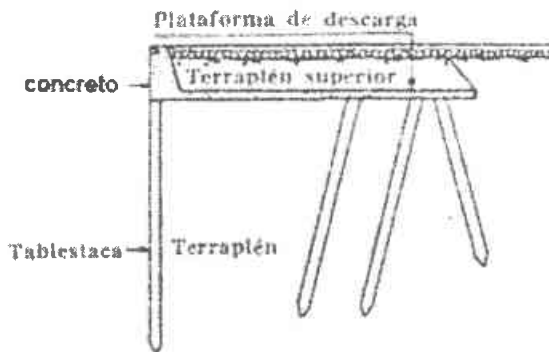


FIG. 56. Muro de muelle con cortina plana simple de tablestacas.

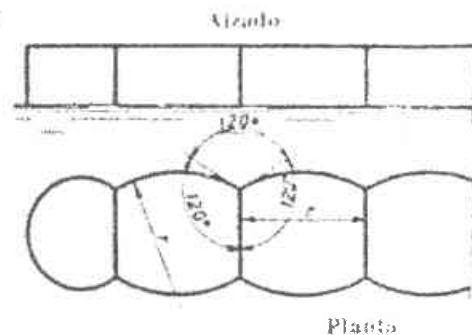


FIG. 57. Muro de muelle de gabiones auto-estables.

Las tablestacas metálicas son de elementos de acero laminado de perfiles diversos que se encajan los unos en los otros mediante juntas deslizantes, que se hincan con percusión o vibración. Las fábricas siderurgias producen perfiles muy diversos, algunos de los cuales dan grandes módulos de resistencia para cortinas solicitadas por esfuerzos de flexión elevados.

Según se trate de un trazado plano o en curva, las juntas de perfil utilizado deben ser de forma diferente, debiendo permitir las juntas de una cortina curva, dentro de ciertos límites, una desviación angular entre dos tablestacas vecinas.



Si se desea conseguir una cortina estanca, será necesario elegir un tipo de tablestaca de juntas impermeables. Para utilizaciones temporales, debe tenerse en cuenta la robustez de las juntas para que admitan varias hincas y arrancamientos.

Por lo tanto, el módulo de resistencia no es la única condición a tener en cuenta en la elección de un perfil de tablestaca metálica. También deben de intervenir las características de la junta.

Las fábricas entregan longitudes que llegan hasta una treintena de metros. Para longitudes mayores, se empalman las tablestacas mediante cubrejuntas en las obras provisionales y por soldadura en las obras definitivas.

Con todos los sistemas de tablestacas hay que utilizar tablestacas especiales, en los ángulos de las cortinas o para cerrar o unir cortinas entre si. Las fábricas sirven estos elementos sobre pedido, pero muy frecuentemente no se conocen sus dimensiones exactas hasta el final del hincado de la parte normal y es necesario construirlos en obra por soldadura de elementos previamente cortados con soplete.

Las tablestacas son, en general, de acero dulce ordinario (Ac 42). Para obras definitivas se prevén a veces tablestacas de acero seminoxidable al cobre. En los medios en que la corrosión es particularmente temible.

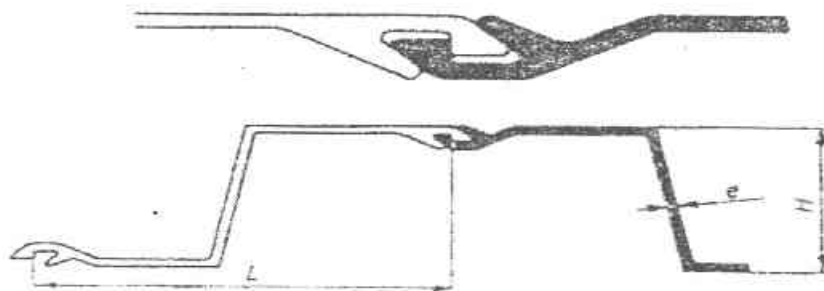
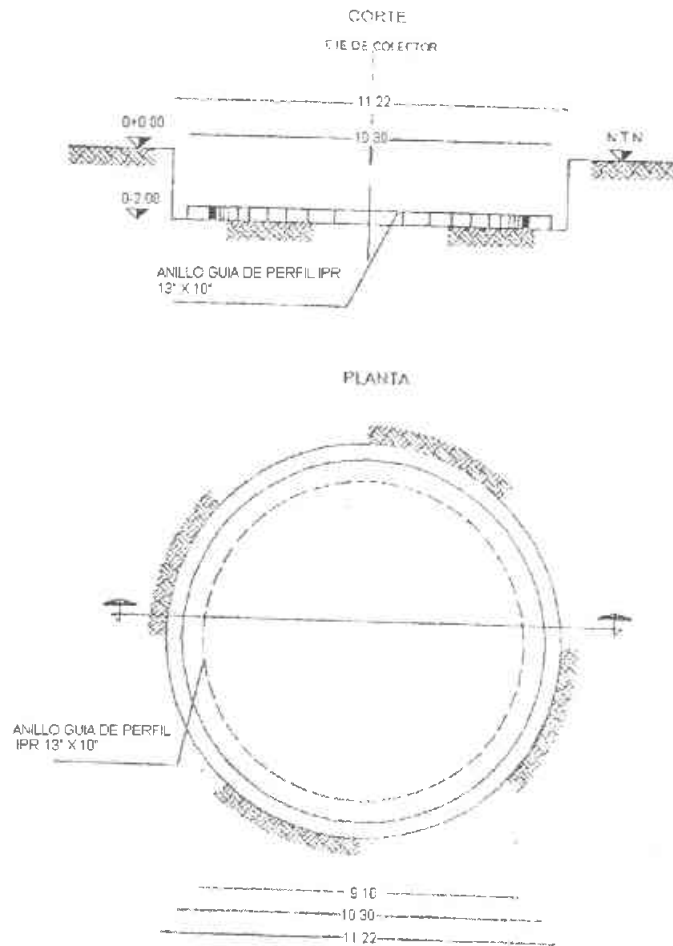


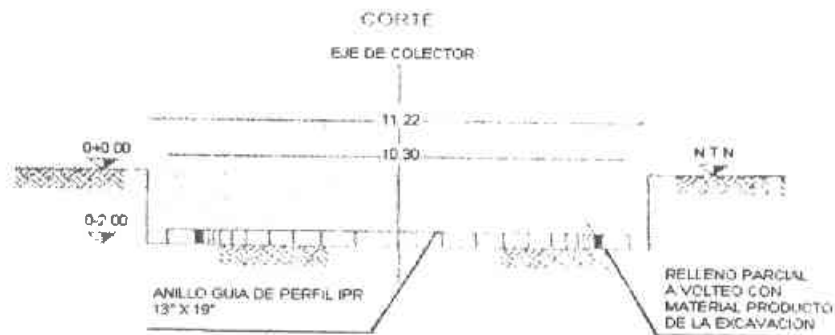
FIG. 63. Tablestaca Belval.

## 4.2 Etapas en la excavación para la lumbrera

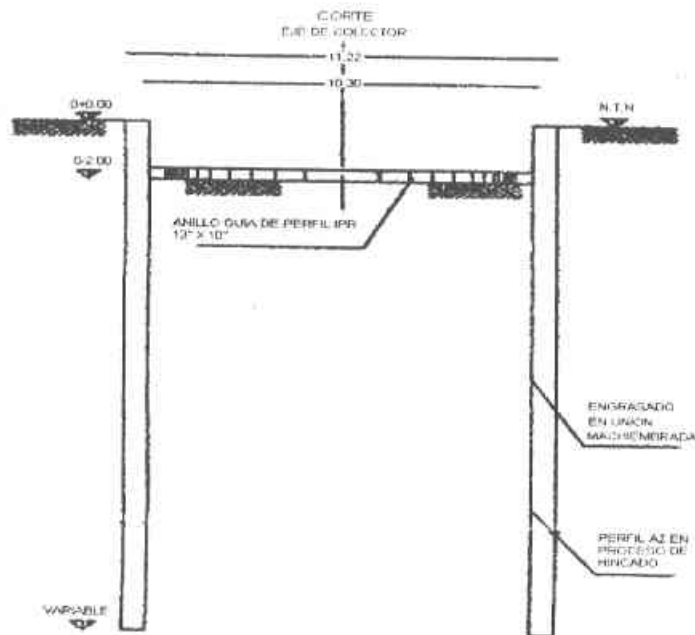


### ETAPA I

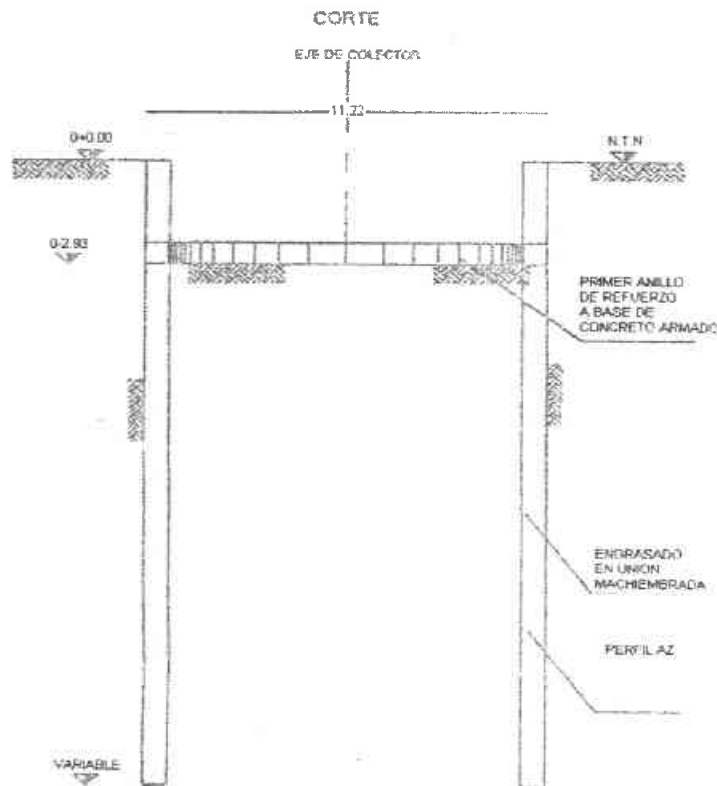
EXCAVACIÓN A 2.00 m DE  
 PROFUNDIDAD PARA LA  
 COLOCACIÓN DEL ANILLO GUÍA  
 A BASE DE PERFIL IPR 13" X 10"  
 PARA EL HINCADO VERTICAL  
 DE TABLESTACA AZ



**ETAPA II**  
RELLENO PARCIAL A VOLTEO  
CON MATERIAL PRODUCTO DE  
LA EXCAVACIÓN

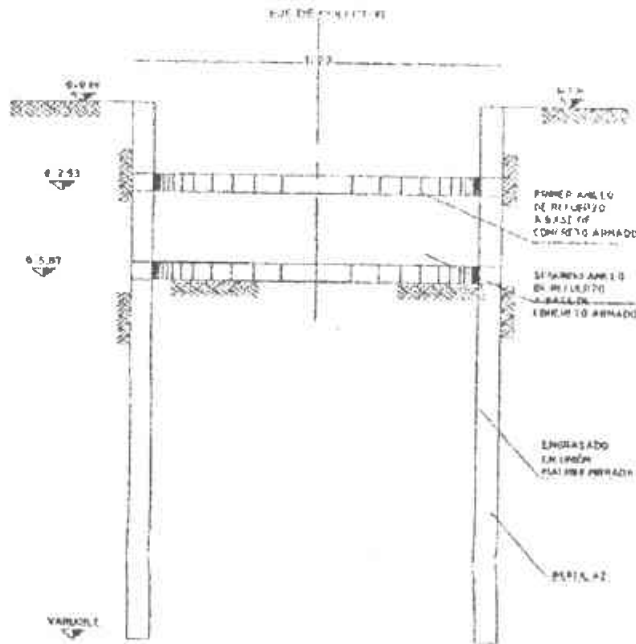


**ETAPA III**  
HINCADO VERTICAL DEL ADEME AZ  
MACHIHEMRADO, INSTALADO  
PERIMETRALMENTE AL ANILLO  
GUIA



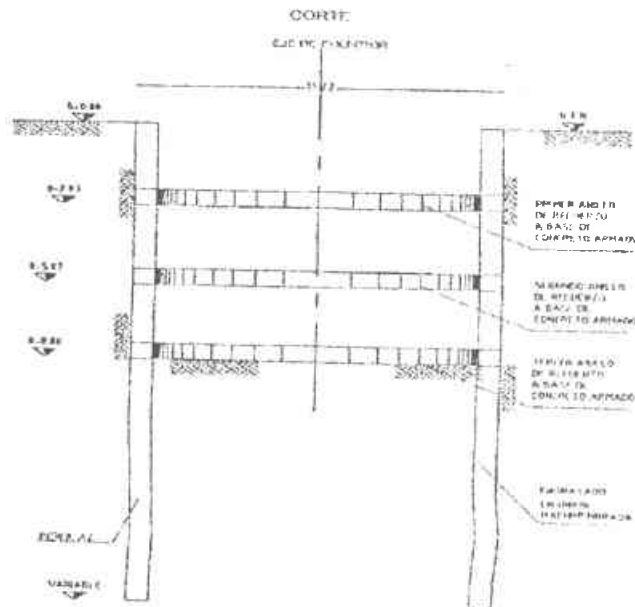
#### ETAPA IV

PRIMERA ETAPA EXCAVACIÓN A 2.93m DE PROFUNDIDAD PARA COLOCACIÓN DE PRIMER ANILLO DE REFUERZO Y DE MENSULAS.



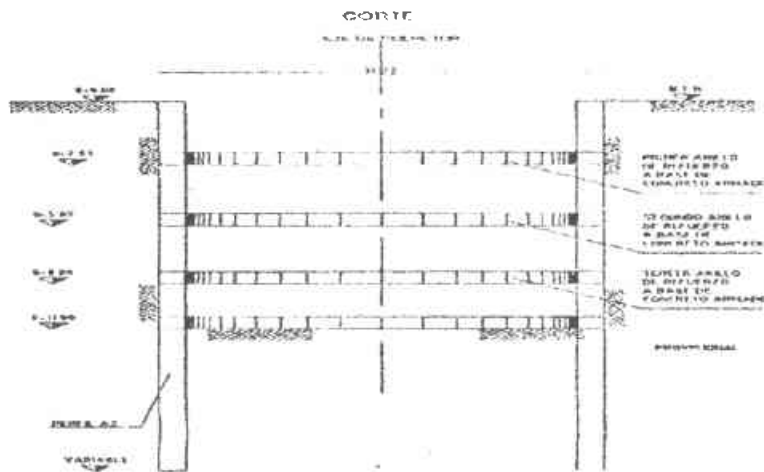
**ETAPA V**

SEGUNDA ETAPA DE EXCAVACIÓN  
A 5.87 m PARA COLOCACIÓN DE  
SEGUNDO ANILLO DE REFUERZO A  
BASE DE CONCRETO REFORZADO.



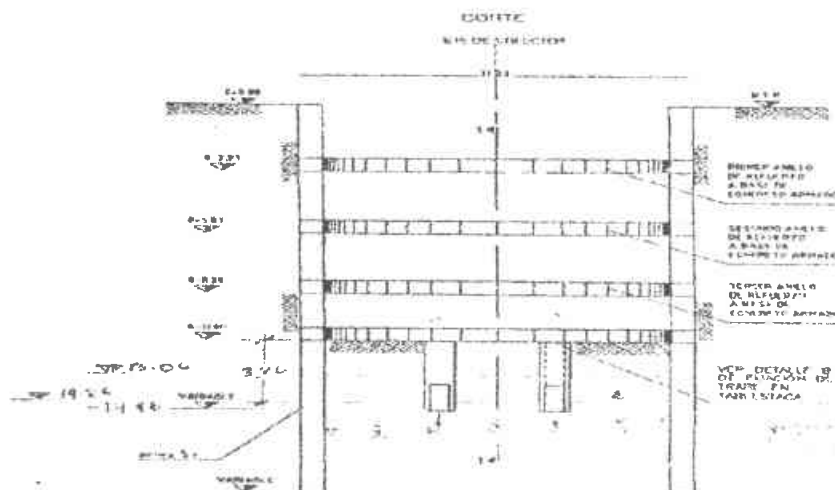
**ETAPA VI**

TERCERA ETAPA DE EXCAVACIÓN  
A -8.80 m PARA COLOCACIÓN DE  
TERCER ANILLO DE REFUERZO A  
BASE DE CONCRETO REFORZADO.



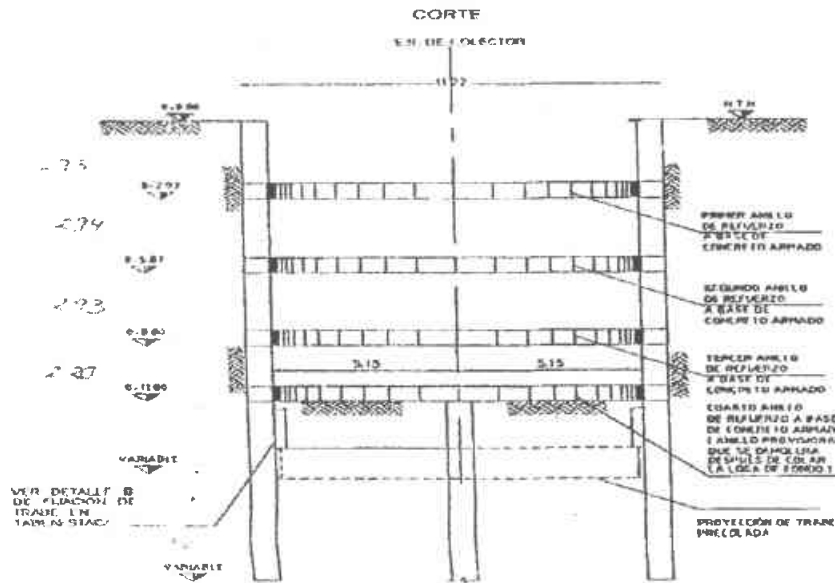
### ETAPA VII

CUARTA ETAPA DE EXCAVACIÓN A -11.00m PARA COLOCACIÓN DE CUARTO ANILLO DE REFUERZO A BASE DE CONCRETO REFORZADO EL CUAL SE DEMOLERÁ DESPUÉS DE COLOCAR LA LOSA DE FONDO

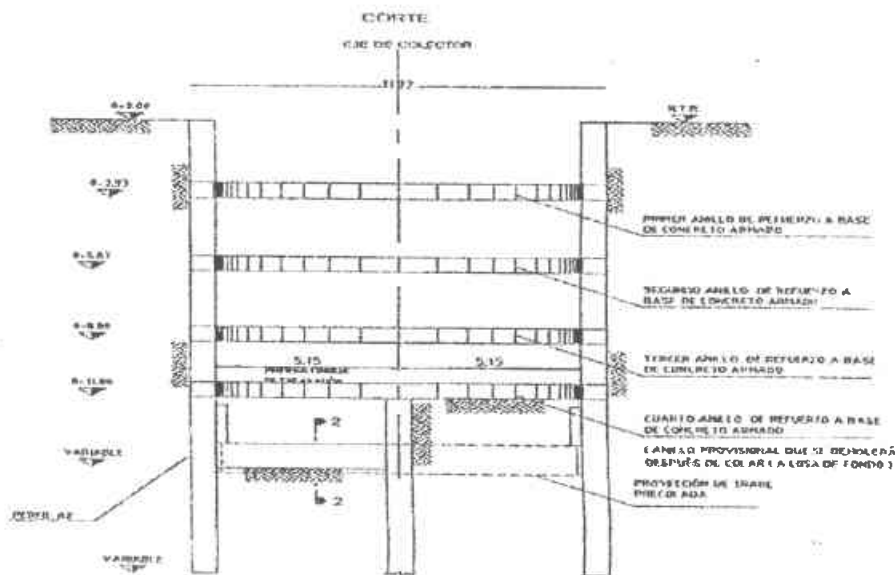


### ETAPA VIII

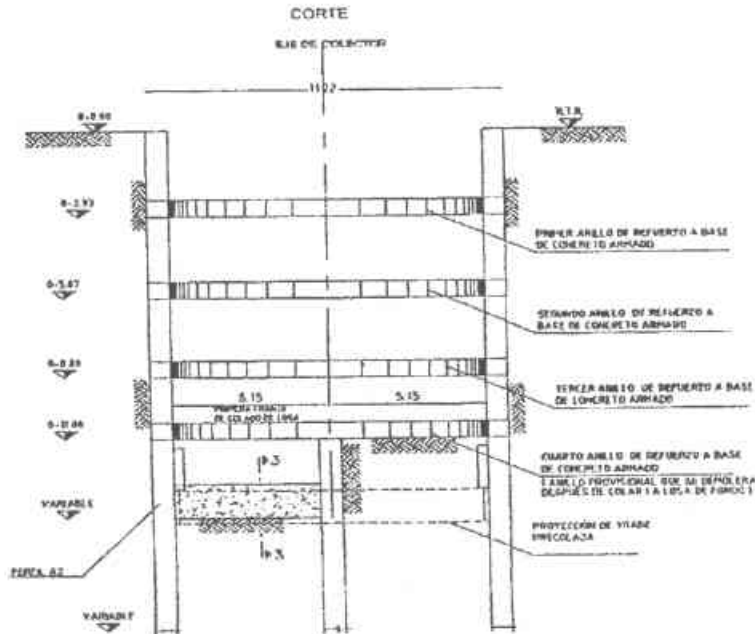
EXCAVAR ZANJAS EN FORMA ALTERNADA PARA COLOCACIÓN DE TRABES PRECOLADAS. EL MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN DE LAS ZANJAS SE DEPOSITARÁ AL LADO DE ESAS PARA DESPUÉS VOLVER A RELLENARLAS



**ETAPA IX**  
(CORTE 1 - 1)  
HINCADO DE TABLESTACA  
INTERMEDIA, ANTES DE INICIAR LA  
EXCAVACION

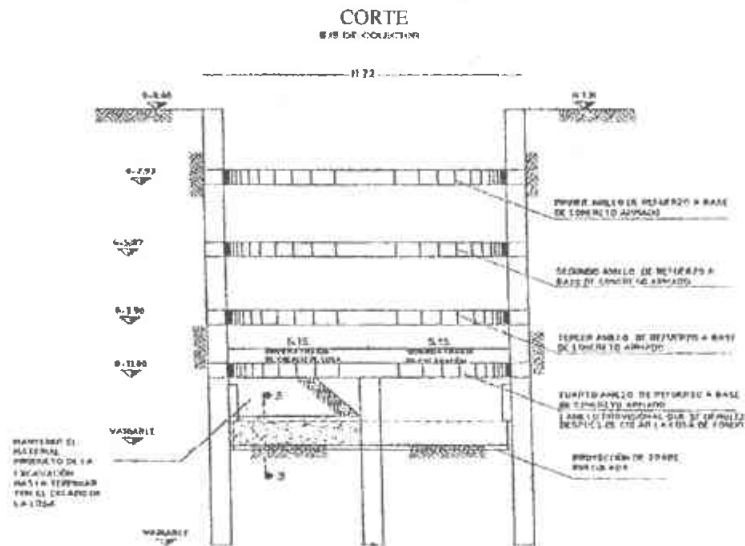


**ETAPA X**  
(CORTE 1 - 1)  
EXCAVAR PRIMERA FRANJA HASTA EL NIVEL  
MÁXIMO DE EXCAVACION COLOCANDO EL MATERIAL  
PRODUCTO DE LA EXCAVACION EN LA FRANJA NO  
EXCAVADA (DENTRO DE LA LUMBRERA)



**ETAPA XI**

ARMADO Y COLADO DE PRIMER FRANJA DE LOSA DE FONDO DE LA LIMBRERA

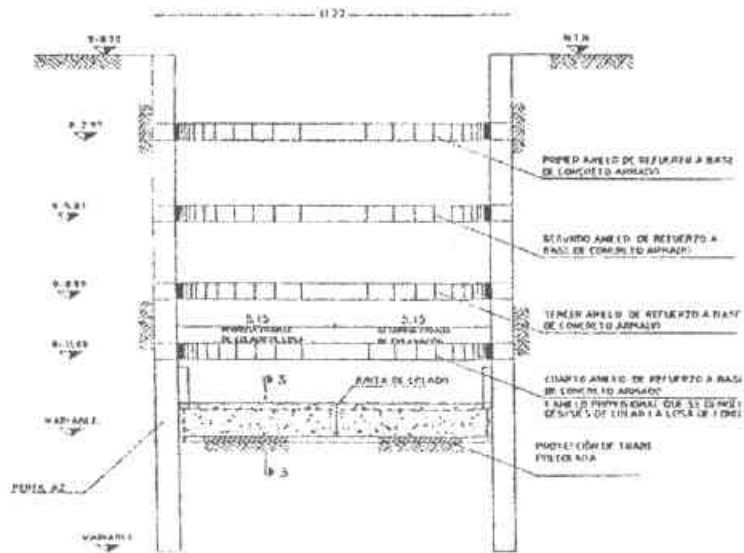


**ETAPA XII**

EXCAVAR SEGUNDA FRANJA HASTA EL NIVEL MÁXIMO DE EXCAVACIÓN.



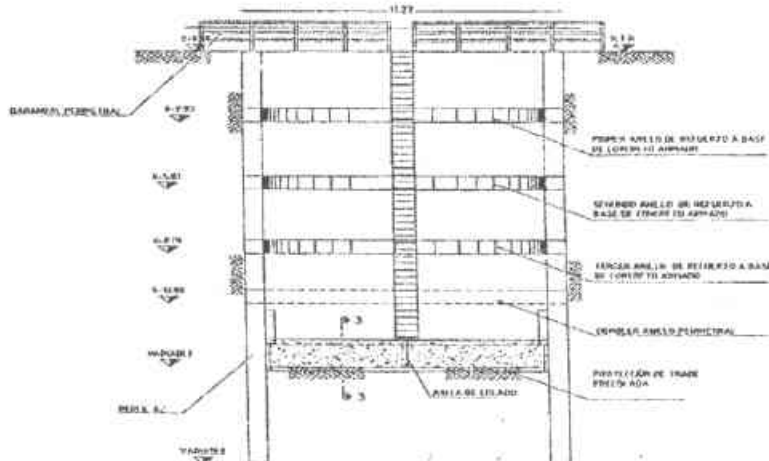
CORTE  
676 DE COLECTOR



ETAPA XIII

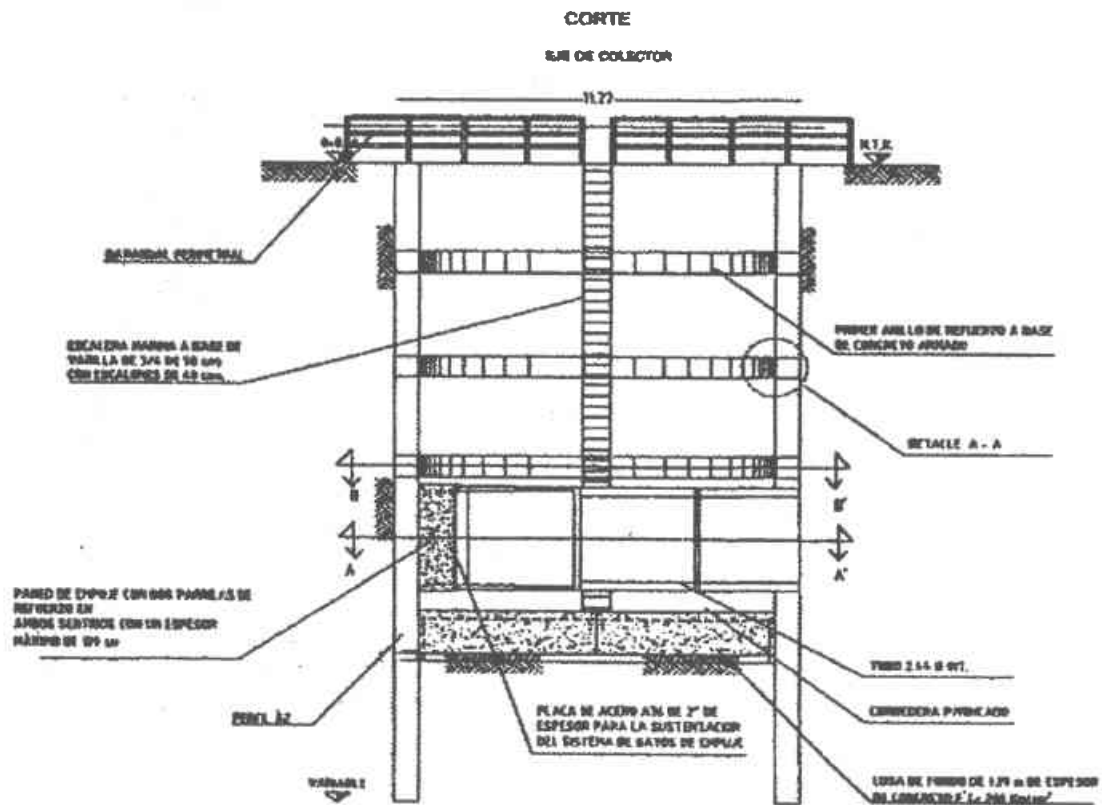
ARMADO Y COLADO DE SEGUNDA  
FRANJA DE LOSA DE FONDO  
PREVIA EXTRACCION DE  
TABLESTACA INTERMEDIA

CORTE  
676 DE COLECTOR



ETAPA XIV

EXTRACCION DEL MATERIAL  
PRODUCTO DE LA EXCAVACION,  
DEMOLICION DE CUARTO ANILLO  
PERIFERICO, COLOCACION DE  
ESCALERA MARINA Y BARANDAL  
PERIFERICO



## ETAPA XV

### CONSTRUCCIÓN DE MURO DE REACCIÓN Y COLOCACIÓN DE PLACAS DE APOYO

#### NOTAS

Se deberá dejar la preparación para el anclaje de la losa de fondo con el muro de reacción, cuando la lumbrera sea de doble hincado se dejaran solo en la parte donde no se obstruya la instalación de la tubería en el primer hincado.

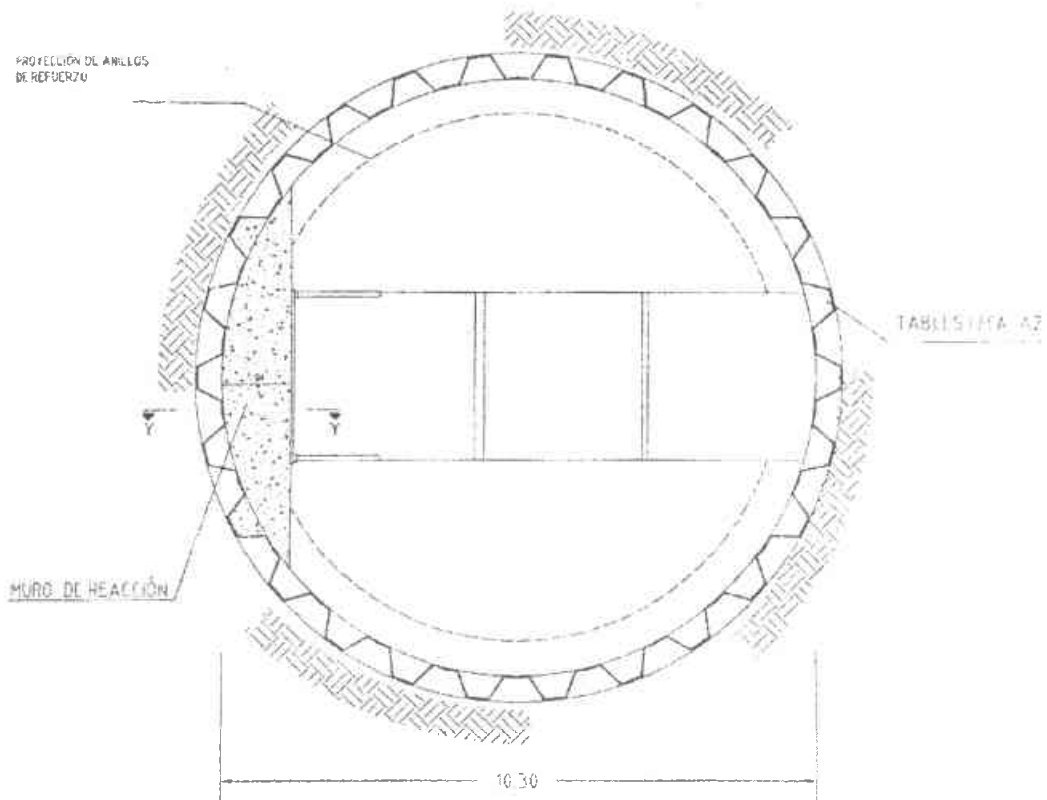
#### CONCRETOS:

El concreto de la losa de fondo será  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y con T.M.A de 1 1/2".

El concreto de la pared de empuje será  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y con T.M.A de 1 1/2".

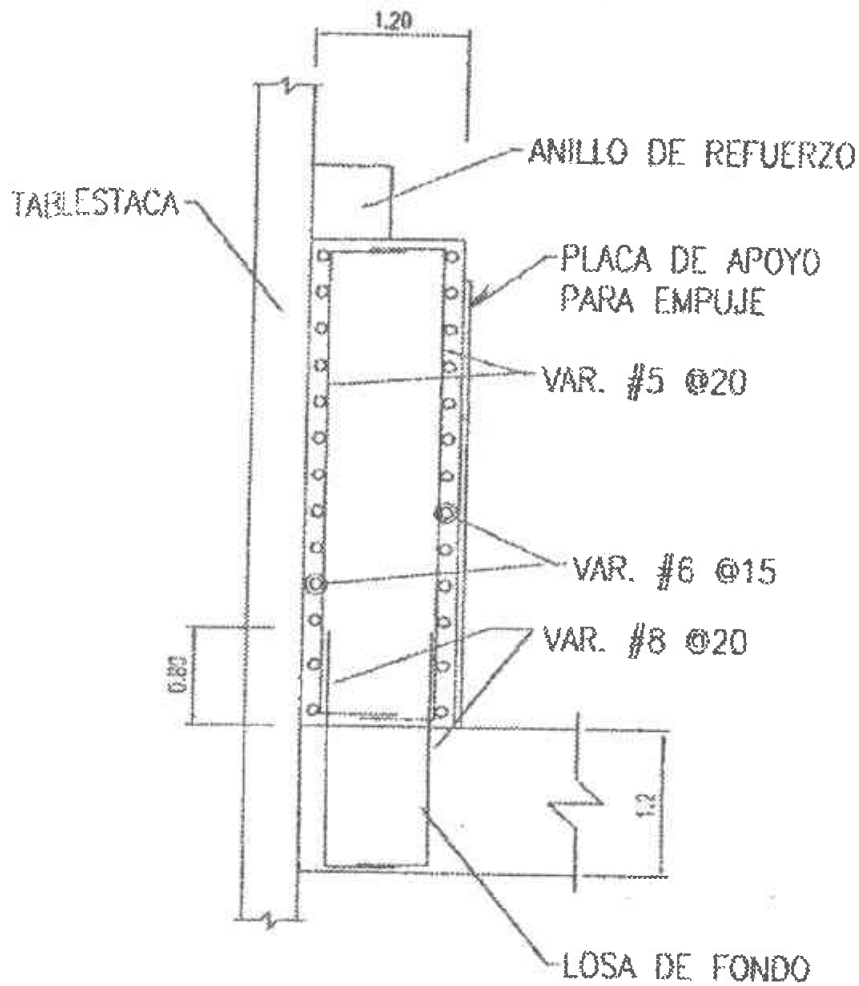
El concreto de los anillos de refuerzo será  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y con T.M.A de 3/4".

4.3 Procedimiento constructivo para la lumbrera circular a base de tablestaca.



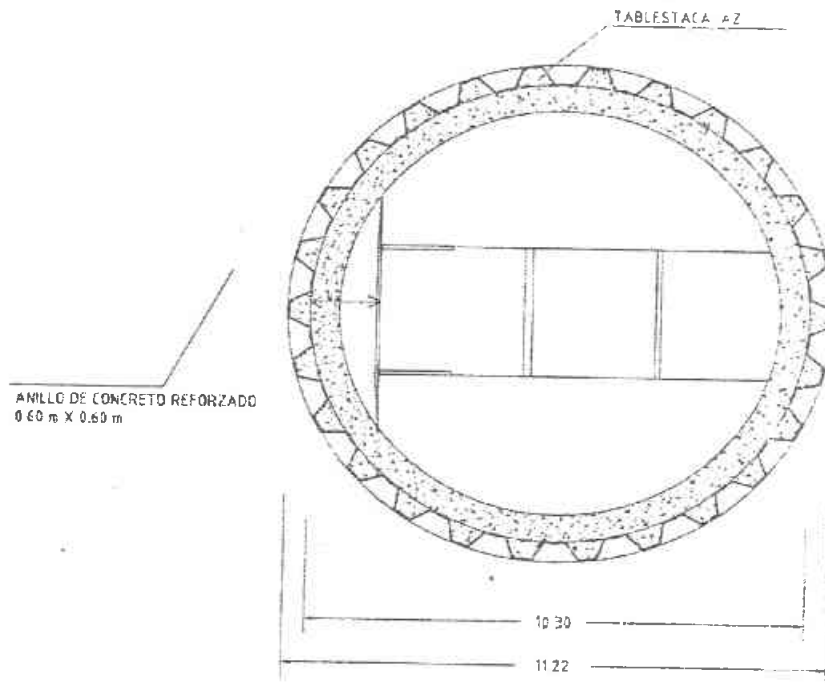
CORTE A-A'

Muro de reacción visto en planta.



## CORTE Y - Y

Muestra el armado estructural para el muro de reacción, con varillas #8 @20 ancladas desde la losa de fondo, frente al muro se localiza la placa de apoyo para recibir los gatos de empuje.



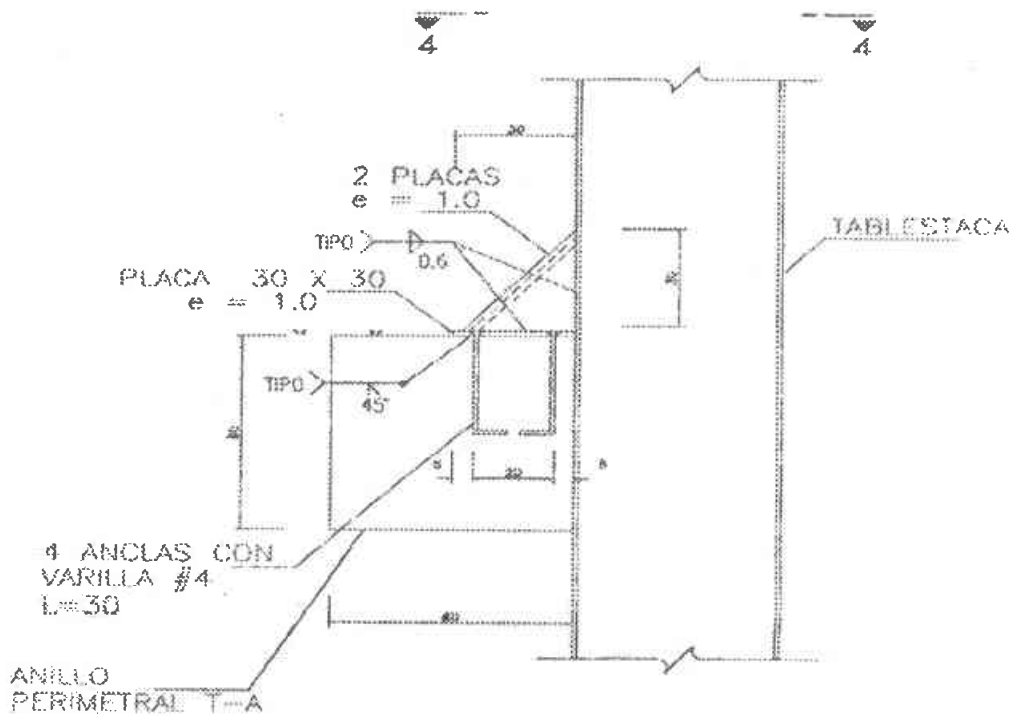
CORTE B-B'

Lumbrera circular donde muestra el anillo de concreto reforzado.



## ANILLO PERIMETRAL T-A

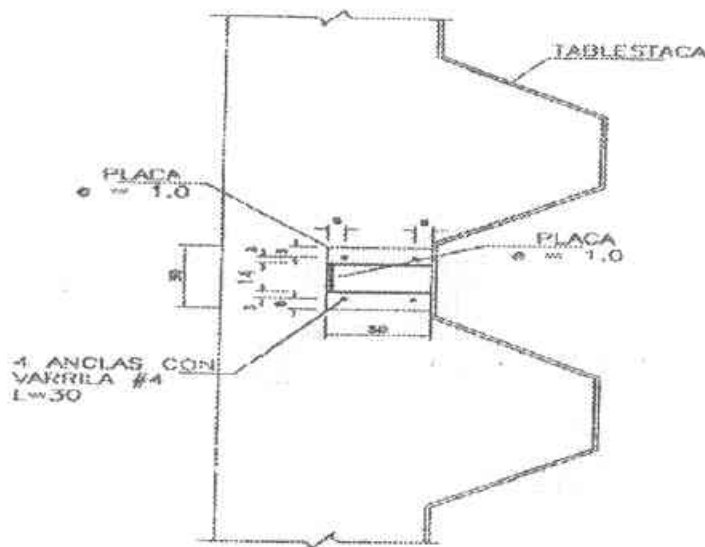
Anillo perimetral de 60 x 60 cm., visto en corte, que sirve como troquel para la lumbrera circular, y fijadas con una ménsula metálica.



## DETALLE A

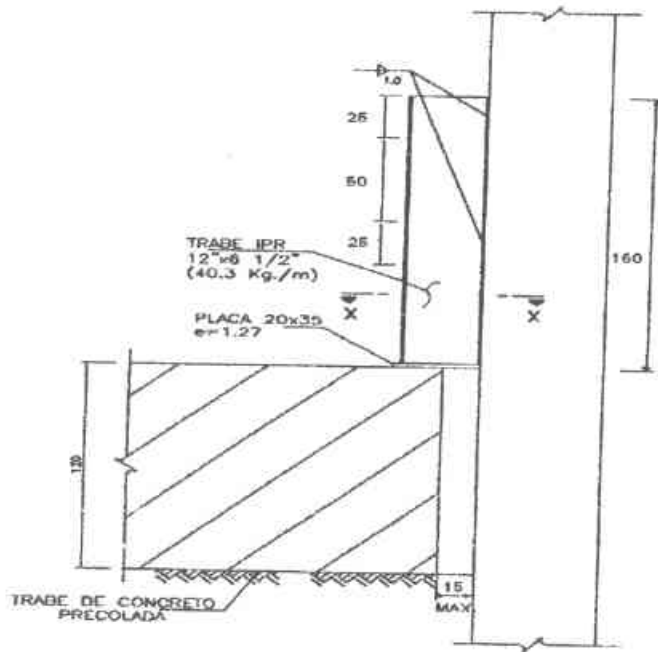
(FIJACIÓN A CADA 2.52 m.)

La ménsula metálica va fijada a cada 2.52 m, en el área perimetral de la lumbrera.



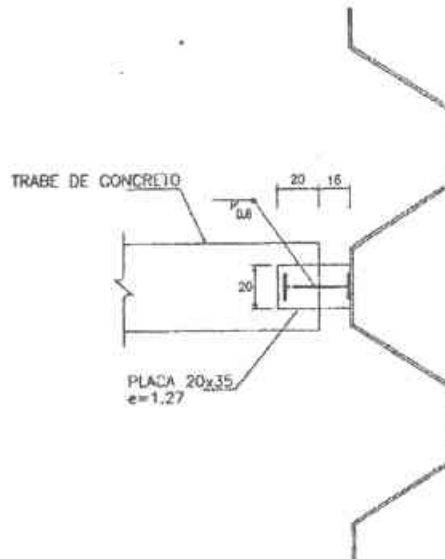
## CORTE 4 - 4

Se puede observar la ménsula que va soldada a la tablestaca.



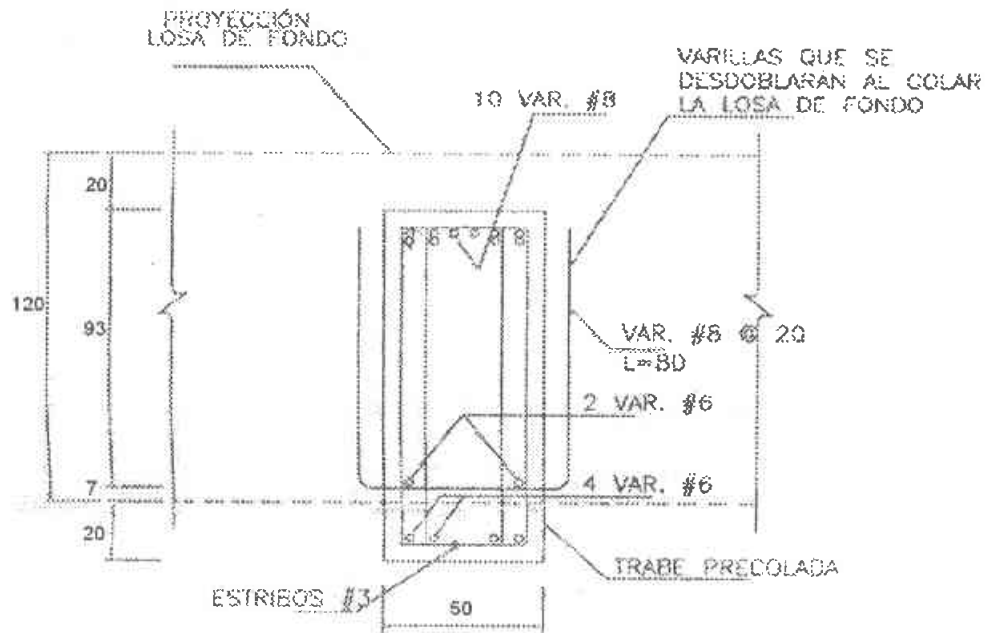
### DETALLE B

Fijación de la trabe de concreto, através de la viga IPR que va soldada a la tablestaca.



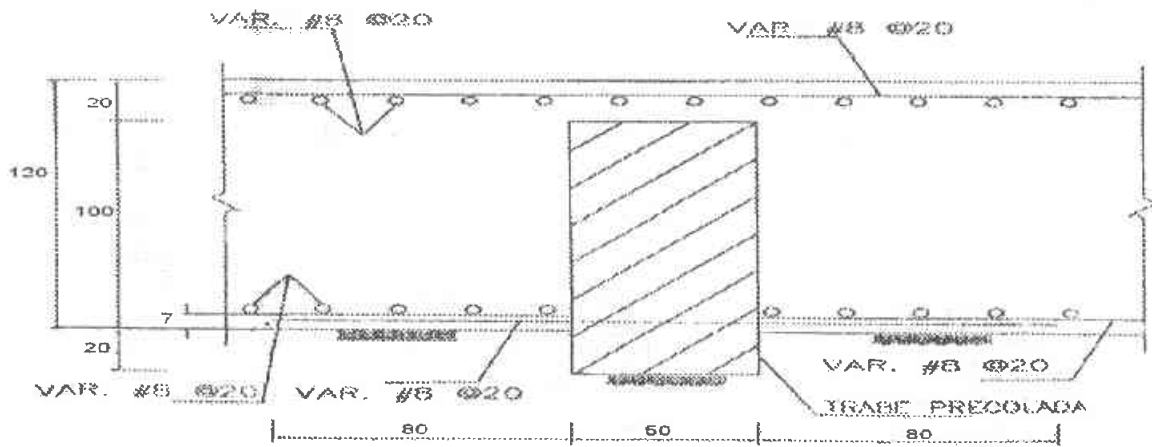
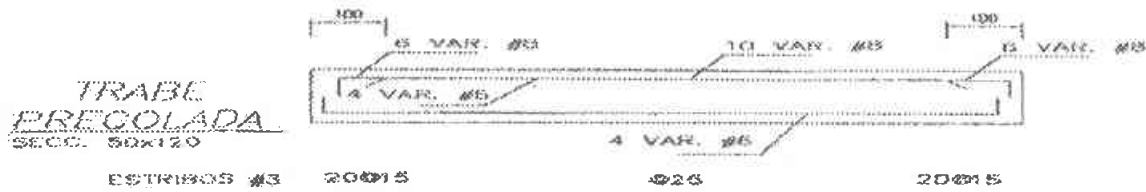
### CORTE X - X

Viga IPR vista en corte, por la dificultad para bajar la trabe de concreto prefabricada y la poca función que desempeñaba hacia a la lumbrera, se decidió no prefabricar las traves de concreto para las siguientes lumbreras en construcción.



## CORTE 2 - 2

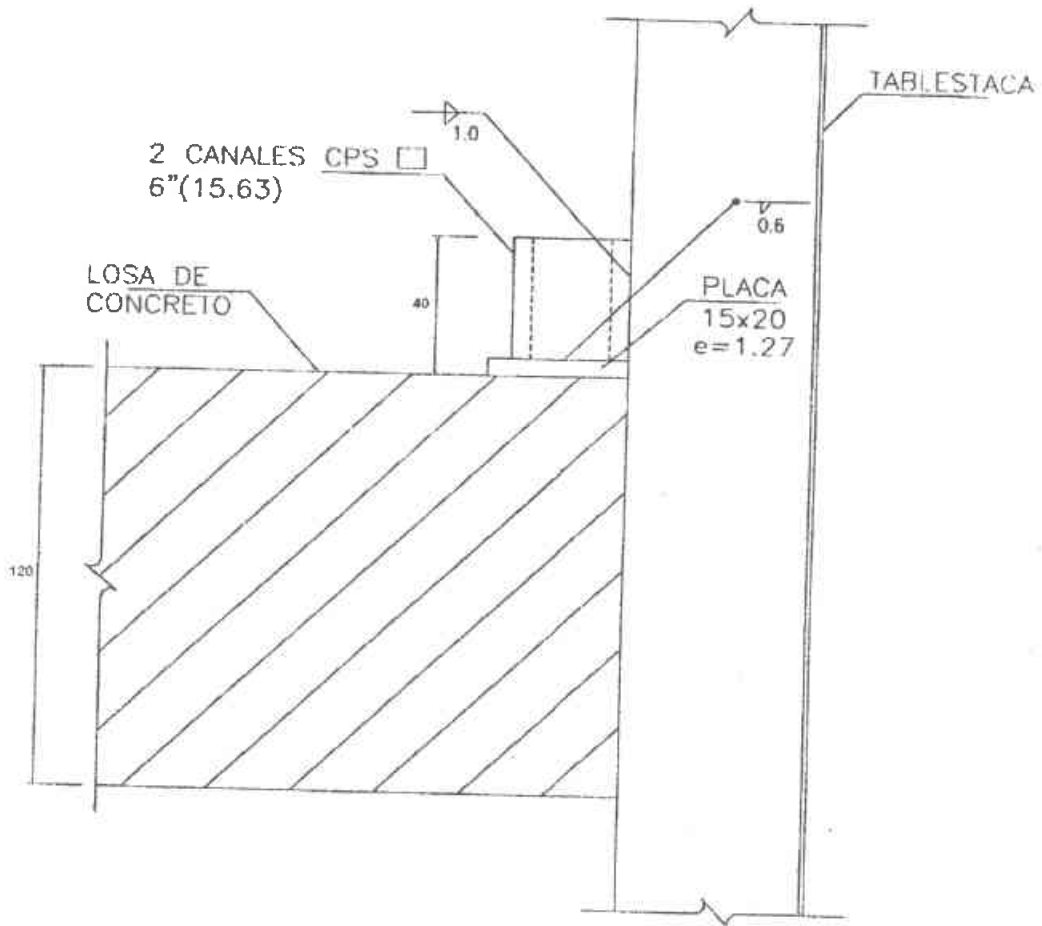
Armado estructural de la trabe de concreto reforzado de 1.20 m. de peralte, vista en corte.



## CORTE 3 - 3

Armado estructural de la losa de fondo, para la lumbrera circular.





Detalle para apoyo de losa en tablestaca a cada 1.26

#### 4.4 Procedimiento constructivo del túnel.

La excavación del túnel se realizó por medio de los tubos de concreto reforzado hincados, utilizando un sistema de tecnología de vanguardia, mediante un escudo hidráulico electro – mecánico. El proceso inicia con la excavación de una lumbrera de 9.00 de diámetro, mediante la cual se logrará el desplazamiento de las secciones del escudo y las operaciones de hincado de tubería.

El procedimiento empieza colocando un muro de concreto reforzado en el interior de la lumbrera de arranque, el cual servirá de apoyo para impulsar el bastidor de empuje de 1,400 toneladas de capacidad; posteriormente se coloca la parte frontal del escudo que, mediante cortadores, atraviesa el bloque de hormigón de la lumbrera hasta tener contacto con el suelo mejorado; por la lumbrera se baja la 2ª y 3ª parte del escudo, las cuales una vez dentro del terreno permitirán la bajada del primer tubo hincado, que será impulsado; mediante el bastidor de empuje. Así sucesivamente, se hincarán en promedio 23 tubos, después de los cuales se colocará una sección intermedia de empuje hasta completar el tramo de lumbrera a lumbrera; el hincado de tubos tiene como guía un rayo láser que marcará el alineamiento correcto de cada tubo.

El material, producto de la excavación y la inyección de lodo bentonítico, al frente de la misma se realiza a través de tuberías; la sustracción de material se deposita en la parte superior de la lumbrera en una tolva metálica de donde se traslada al tiro asignado. El procedimiento de excavación es controlado mediante un equipo de cómputo instalado en la parte superficial.

Las instalaciones dentro de la lumbrera se complementan con la "cama" del escudo y las rampas de trabajo y soporte del tren equipo del personal.

La obra constará de un túnel terminado con diámetro de 2.44 m y una longitud de 1,140.32 m; la profundidad promedio al eje del túnel es de 9.7 m.

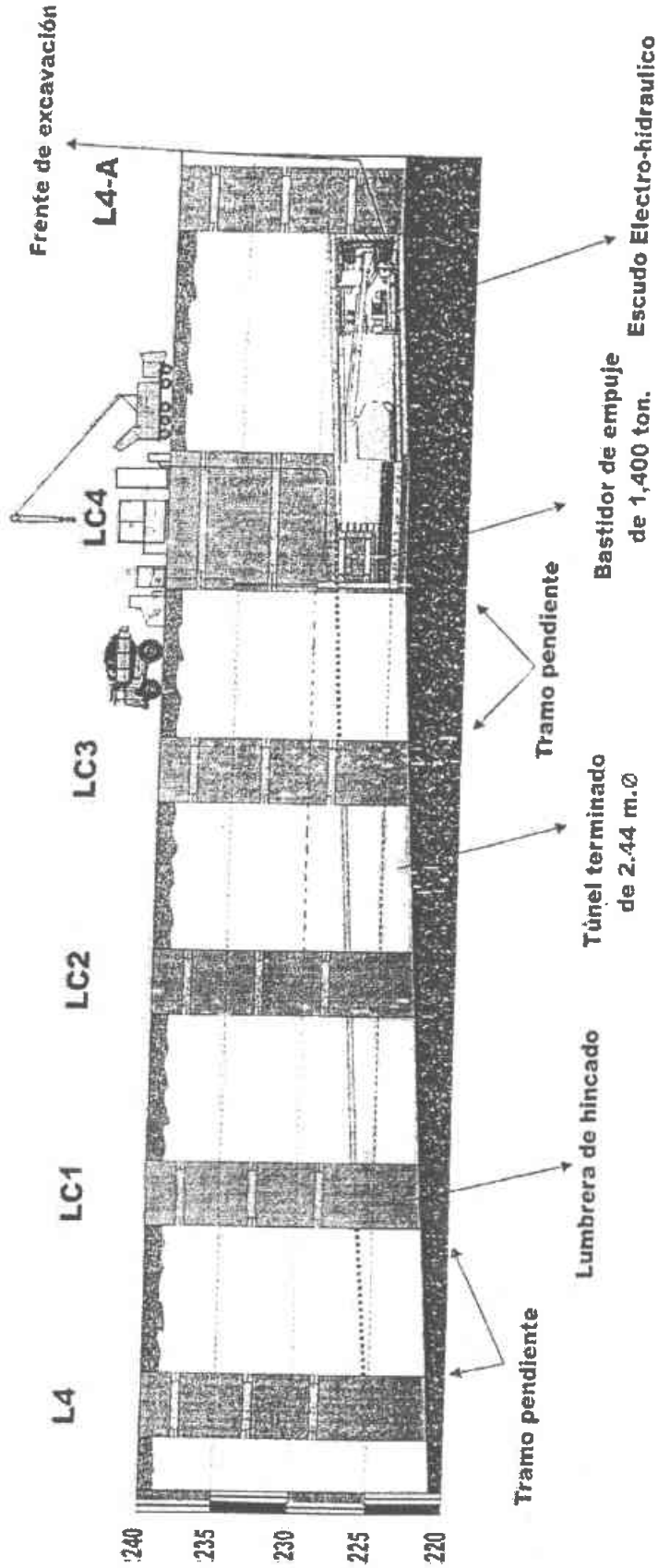
La Ciudad de México cuenta actualmente con un sistema de drenaje basándose en túneles profundos y semiprofundos con los que se ha podido captar y evacuar, en conjunto, las aguas negras y pluviales. Una de las ventajas más importantes de un sistema profundo es que no está sujeto a los grandes asentamientos diferenciales que han dañado frecuentemente al drenaje superficial, lo que causa fuertes inundaciones.

El sistema de Drenaje Profundo, puesto en marcha por el Gobierno del Distrito Federal, está construido por túneles denominados interceptores que atraviesan la Ciudad de sur a norte por las zonas poniente, centro y oriente de la misma con intercomunicaciones entre ellos, para converger en el túnel Emisor Central. Actualmente se cuenta con 166 km de túneles en operación.

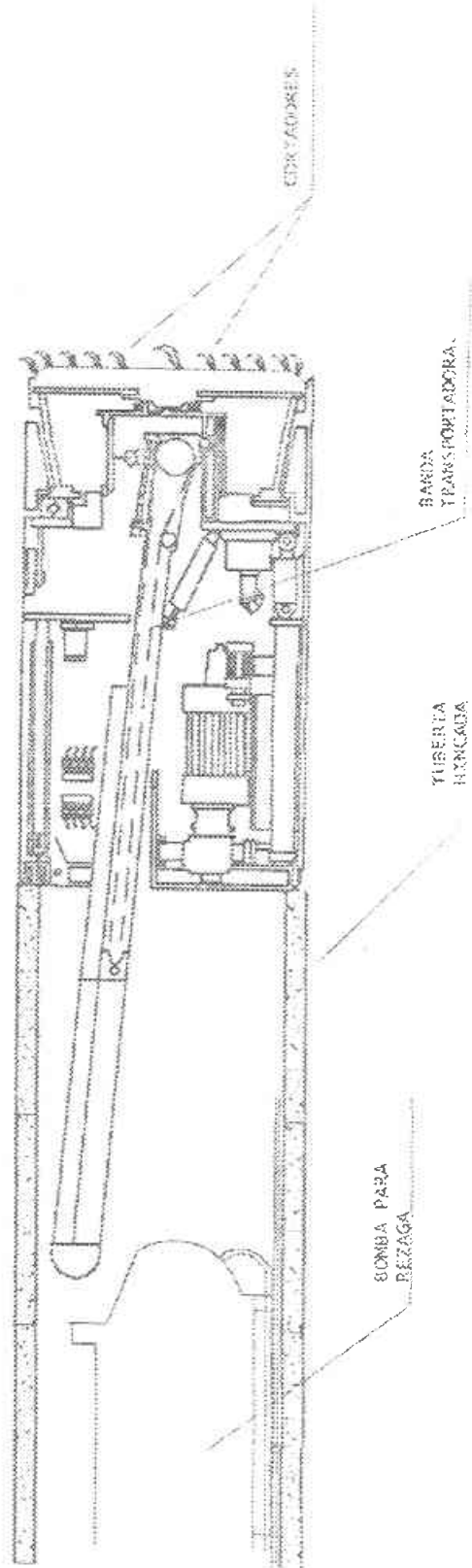
# Interceptor Canal Nacional - Canal de Chalco

## Excavación de túnel del tramo L4 - L4-A

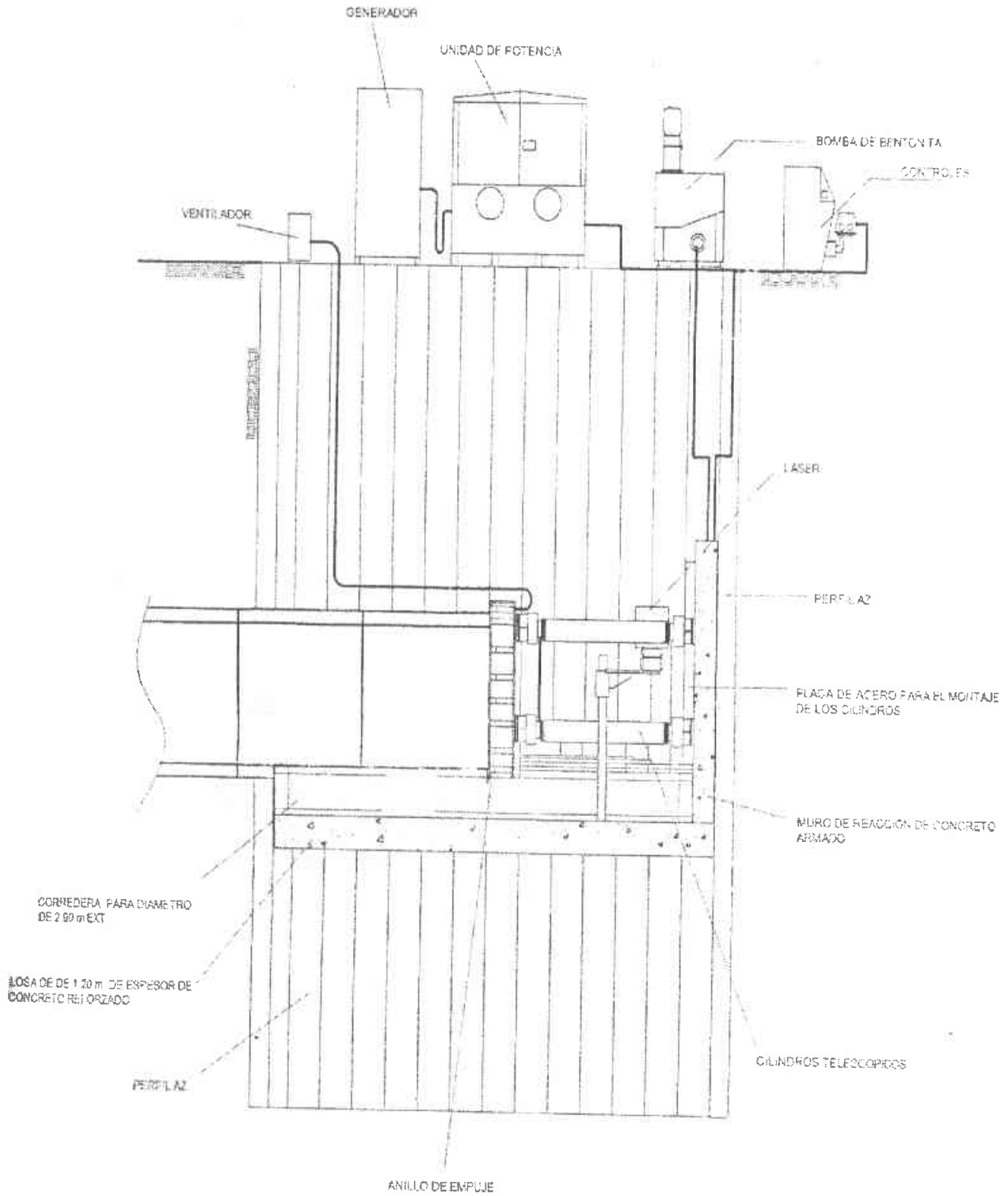
Vista en perfil



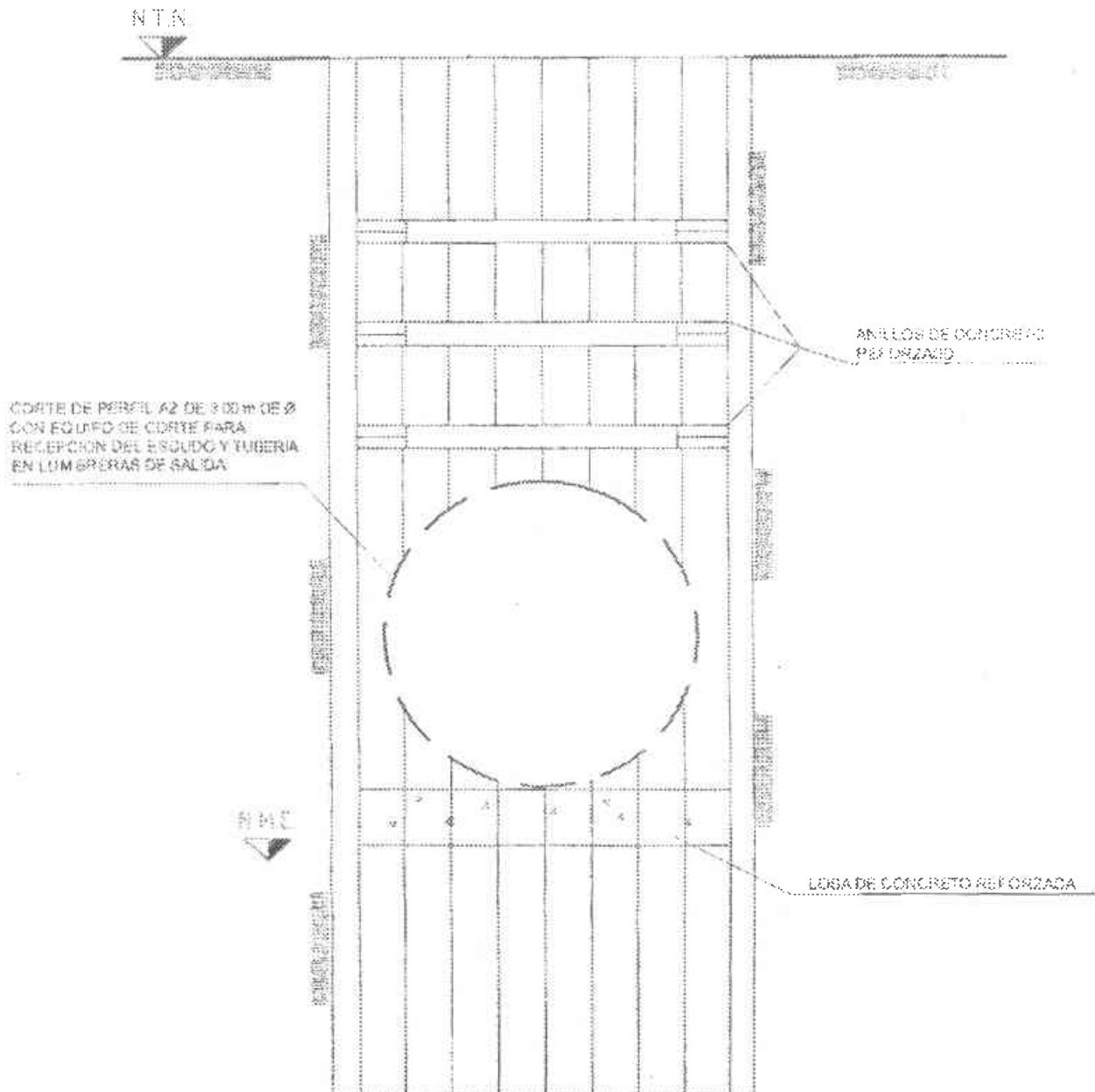
DETALLE N° 1  
ESCUDO ELECTRO-HIDRAULICO



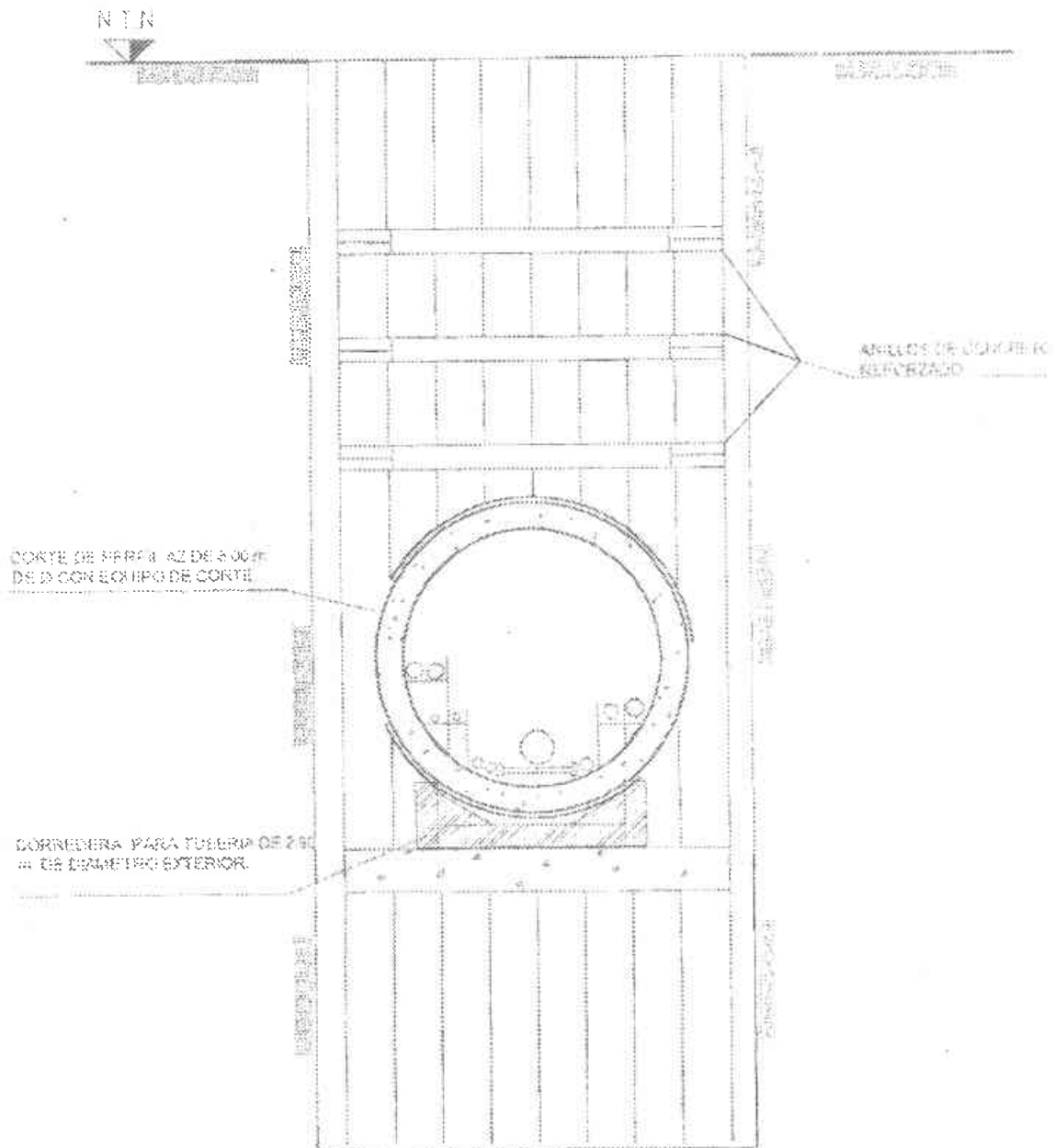
DETALLE No. 2  
LUMBRERA DE HINCADO



CORTE A - A'  
PREPARACION PARA RECEPCION DEL ESCUDO

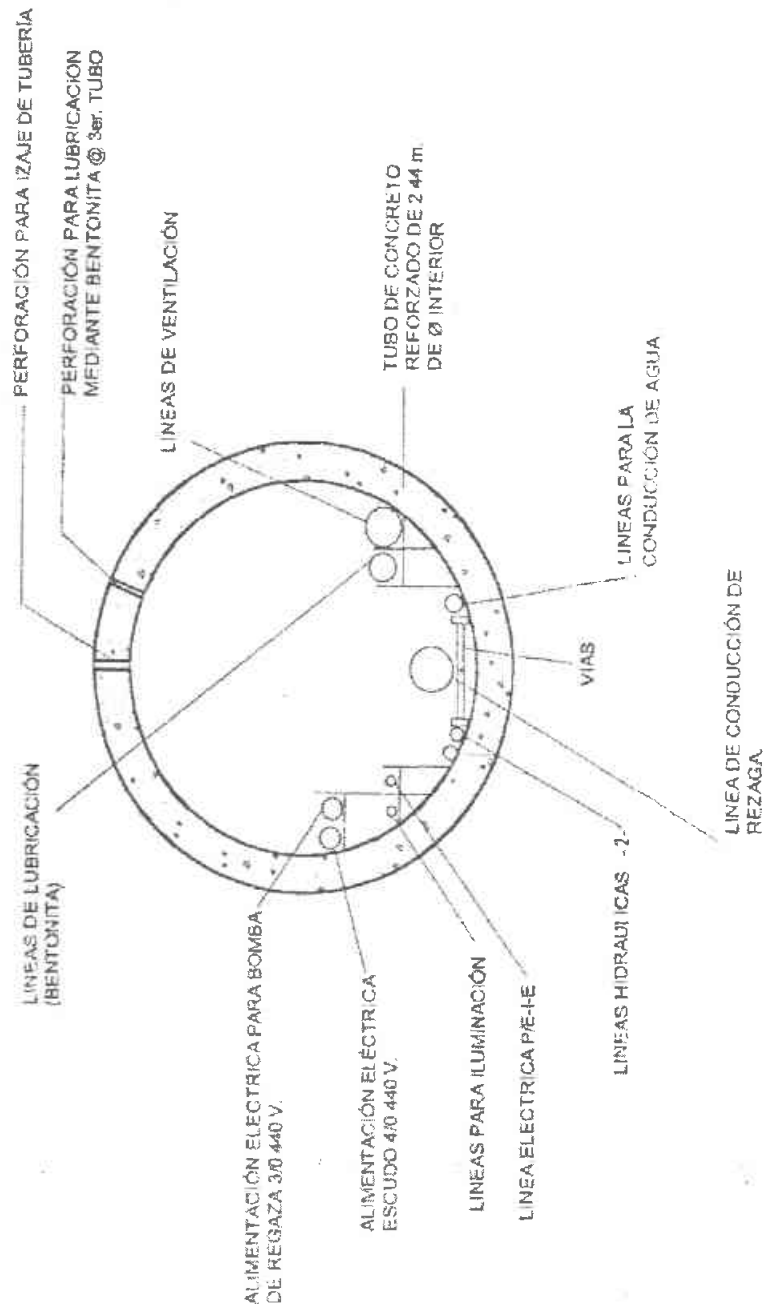


CORTE B - B'  
VISTA DEL TUNEL MEDIANTE EL PROCESO DE HINCADO

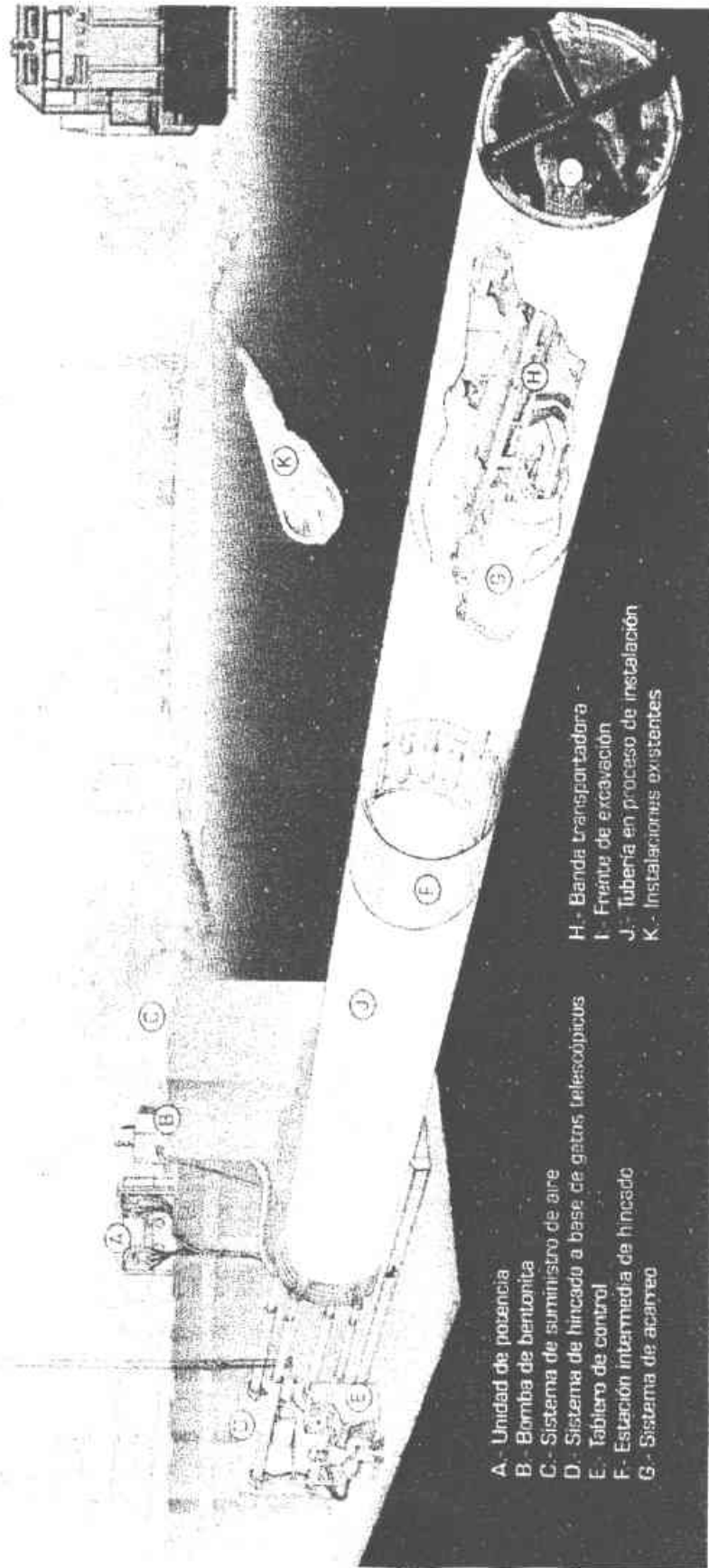




### DETALLE DE INSTALACIONES Y EQUIPO EN EL INTERIOR DEL TUNEL



4.5 Elementos necesarios para el proceso constructivo del túnel.



- A.- Unidad de potencia
- B.- Bomba de bentonita
- C.- Sistema de suministro de aire
- D.- Sistema de hincado a base de gatos telescopícos
- E.- Tablero de control
- F.- Estación intermedia de hincado
- G.- Sistema de acarreo

- H.- Banda transportadora
- I.- Fragua de excavación
- J.- Tuberia en proceso de instalación
- K.- Instalaciones existentes

4.6 Rendimiento de tablestaca

kg/m = 195.6

Rendimiento de hincado de tablestaca por kg en construcción de lumbreira L-1'						
Fecha	Turno	personal empleado	Equipo empleada	Hincado en ml	Hincado en m <sup>2</sup>	Hincado en Kg
Martes 21/10/2003	1º	1 Sobrestante 1 Cabo Soldador 1 Of. Soldador 1 Op. De grúa 1 Op. De retroexcavadora	1 Grúa telescópica 45 ton 1 Vibromartillo 1 Retroexcavadora 1 Cargador frontal 1 Equipo de corte 1 planta de soldar	20.8 ml 26.60 m	34.73	9.271,44 kg $9.271,44 \text{ kg/9 per x } 0,26\text{hr}$ $\times 8 \text{ hr/jor} =$ $\frac{2,142 \text{ kg/jor}}{0,0004667 \times 9} = 0,0042$
Martes 21/10/2003	2º	Sin actividad				En este turno no hubo hincado
Miércoles 22/10/2003	1º	2 Op. de grúa 1 Op. De retroexcavadora 2 Of. Soldadores 1 Op. De martillo 1 Maniobrista 8 Ayls. Generales 2 Bandereros	1 Grúa telescópica 45 ton 1 Grúa telescópica 25 ton 1 Retroexcavadora 235 1 Unidad de potencia 1 Vibromartillo 1 planta de soldar 1 Equipo de corte	Tal=54.60 m 36 min	91.51	$10,679,76 \text{ kg/10 per x } 0,6\text{hr}$ $\times 8\text{hr/jor} =$ $\frac{5,126 \text{ kg/jor}}{0,0001950 \times 10} = 0,0019$
Miércoles 22/10/2003	2º	2 Op. de grúa 1 Op. De retroexcavadora 2 Of. Soldadores 1 Op. De martillo 1 Maniobrista 7 Ayls. Generales 1 Bandereros	1 Grúa telescópica 45 ton 1 Grúa telescópica 25 ton 1 Retroexcavadora 235 1 Unidad de potencia 1 Vibromartillo 1 planta de soldar 1 Equipo de corte	20.60 ml 15 min efectivos	67.30	$4,029,36 \text{ kg/9 per x } 0,25 \text{ hr}$ $\times 8\text{hr/jor} =$ $\frac{895 \text{ kg/jor}}{0,0011168 \times 9} = 0,0100$

kg/m = 195.6

* Rendimiento de hincado de lablestaca por Kg. en construcción de lumbrera L-1'						
Fecha	Turno	personal empleado	Equipo empleado	Hincado en m <sup>3</sup>	Hincado en m <sup>2</sup>	Hincado en Kg.
Jueves 23/10/2003	1°	1 Op. de guía 1 Op. De retroexcavadora 2 Of. Soldadores 1 Op. De martillo 1 Of. Electricista 4 Ayls. Generales 1 Bandereros	1 Grúa telescópica 45 ton 1 Retroexcavadora 235 1 Unidad de potencia 1 Vibromartillo 1 planta de soldar 1 Equipo de corte	57.10 m <sup>3</sup>	95.36	11,168.76 Kg.  11,168.76 kg/7 per x 0.88 hr x 8hr/for = $\frac{11232.58 \text{ kg/for}}{1}$  0.000089 x 7 = 0.0006
Jueves 23/10/2003	2°			No hubo avance		No hubo avance debido a que la mayoria de lablestacas se les tuvo que sacar para su reacomodo
Viernes 24/10/2003	1°	1 Sobrestante 1 Op. de guía de 60 Ton 1 Op. De retroexcavadora 2 Of. Soldadores 1 Op. De martillo 1 Of. Electricista 4 Ayls. Generales 3 Bandereros	1 Grúa telescópica 60 ton 1 Retroexcavadora 235 1 Unidad de potencia 1 Vibromartillo 1 planta de soldar 1 Equipo de corte 2 tránsitas Herramienta menor	43.15 m <sup>3</sup>	72.06	8,440.14 kg  8,440.14 kg/7 per x 0.37 hr x 8 hr/for = $\frac{3,568.97 \text{ kg/for}}{1}$  0.00028 x 7 = 0.0020

#### 4.7 Dictamen geotécnico para el túnel Interceptor Canal Nacional – Canal de Chalco.

##### Objetivo

Microtúnel solicitó a TGC Geotecnia la realización del dictamen geotécnico referente a la desviación que sufrió el escudo que se está empleando en la construcción del Túnel Interceptor Canal de Chalco – Canal Nacional. El túnel se está construyendo sobre el Eje 3 Oriente entre Calzada de la Virgen y Calzada de las Bombas.

##### Descripción de la obra

El túnel interceptor tendrá una longitud total de 1,140 m. Actualmente se construye con tubería de 2.44 m. De diámetro empujada con gatos neumáticos a través de lumbreras auxiliares; la excavación se realiza con un escudo electro-hidráulico mecánico de frente abierto con compensación de presiones, de acuerdo con el fabricante de tierra balanceada con un diámetro de 2.9 m.

##### Antecedentes.

Para definir la estratigrafía a lo largo del trayecto del túnel, en julio de 2003 se realizaron tres sondeos de cono eléctrico en los cuales se detectó en las series de arcillas superiores un lente de arena basáltica negra de 10.0 m. De profundidad con un espesor de 1.0 m. Que de acuerdo con el proyecto se tendría por debajo del túnel en la lumbrera 4A (cad 1+135.349) y al final en el cadenamiento 0+000 en su clave.

Durante la ejecución de la obra el avance del escudo se realizó desde aguas arriba, es decir de sur a norte y previendo que se tendría que cruzar el lente de arena, lo cual ocurrió aproximadamente en el cadenamiento 0+372, donde se presentó la desviación del escudo hacia arriba y se detectó en su parte inferior el estrato de arena negra más superficial.

#### 4.8 Dictamen sobre la desviación del escudo.

Para que el escudo avance es necesario que en el límite la fuerza aplicada por los gatos sea mayor al empuje pasivo que actúa sobre el frente del escudo (Fig. 1). Se considera que existe una holgura entre el perímetro del escudo y el suelo que se encuentra ocupado por lodo bentonítico para reducir la adherencia y facilitar el avance de la maquinaria.

El esfuerzo pasivo en la clave del escudo se estima con la siguiente expresión:

$$\sigma_{pc} = \gamma Z_c + 2c = 12.65t / m^2$$

- donde:  $\sigma_{pc}$     esfuerzo pasivo en la clave del escudo  
 $\gamma$             peso volumétrico del suelo por arriba de la clave del escudo, 1.1 t/m<sup>3</sup>  
 $Z_c$             profundidad de la clave del escudo, 7.5 m.  
 $C$             parámetro de cohesión 2.2 t/m<sup>2</sup>

En la base del escudo el esfuerzo pasivo es:

$$\sigma_{pb} = \gamma Z_b + 2c = 15.84 \text{ t/m}^2$$

- donde:  $\sigma_{pb}$     esfuerzo pasivo en la base del escudo  
 $\gamma$             peso volumétrico del suelo por arriba de la clave del escudo, 1.1 t/m<sup>3</sup>  
 $Z_b$             profundidad de la base del escudo, 10.4 m.  
 $C$             parámetro de cohesión 2.2 t/m<sup>2</sup>

El empuje pasivo medio sobre el frente es:

$$E_p = A \left( \frac{\sigma_{pc} + \sigma_{pb}}{2} \right) = 94 \text{ t}$$

- donde:  $E_p$       empuje pasivo en el frente del escudo  
 $\sigma_{pc}$       esfuerzo pasivo en la clave del escudo, 12.65 t/m<sup>2</sup>  
 $\sigma_{pb}$       esfuerzo pasivo en la base del escudo, 15.84 t/m<sup>2</sup>  
 $A$         área del frente del escudo 6.6 m<sup>2</sup>

El punto de aplicación del empuje pasivo es el centroíde del diagrama de esfuerzos pasivos y corresponde a 1.39 m. Respecto a la base del escudo; mientras que el punto de aplicación del empuje mecánico proporcionado por los gatos está a 1.45 m. De la base; por lo que existe una excentricidad (e) de 6 cm. Que genera un momento de cabeceo en el cuerpo frontal del escudo, figura 2.

$$M_u = E_p \cdot e = 5.64 \text{ t-m}$$

Este momento de cabeceo se aplica en la base del escudo como incremento de esfuerzo en el extremo frontal y una reducción en el extremo posterior, figura 3; para lo cual se usa la siguiente expresión:

$$\Delta\sigma = \frac{M_u \cdot Y}{I} = \pm 15 \text{ t/m}^2$$

- donde:
- $M_u$  momento de cabeceo, 5.64 t-m
  - $Y$  distancia al centroíde del área de contacto del cuerpo frontal del Escudo (1.5 m. De largo y ancho de 1.0 m ), igual a 75 cm
  - $I$  momento de inercia del área de contacto de la base del escudo, igual a 0.2812 m<sup>4</sup>

Este incremento de esfuerzo en la base de la sección frontal del escudo que puede cabecear se compara con la capacidad de carga del subsuelo a incremento de esfuerzos verticales.

En el caso correspondiente al hincado del escudo en arcilla la capacidad de carga se estima con la siguiente expresión:

$$q_u = 5.14 C = 11.3 \text{ t/m}^2$$

- donde:
- $q_u$  capacidad de carga del subsuelo a esfuerzo vertical
  - $C$  parámetro de cohesión, 2.2 t/m

En caso de tener en la base el estrato de arena negra, el  $q_u$  es:

$$q_u = \gamma' D_f N_q = 97 \text{ t/m}^2$$

- donde:
- $\gamma' D_f$  esfuerzo vertical efectivo en la base del escudo, 5.4 t/m<sup>2</sup>
  - $N_q$  factor de capacidad de carga para  $\phi = 30^\circ$  igual a 18

#### CONCLUSIÓN.

Al comparar los valores de  $\Delta\sigma$  generados por el cabeceo del escudo, su borde frontal logra penetrar el suelo de apoyo si se trata de arcilla ya que se cumple la desigualdad:

$$\Delta\sigma > q_u$$

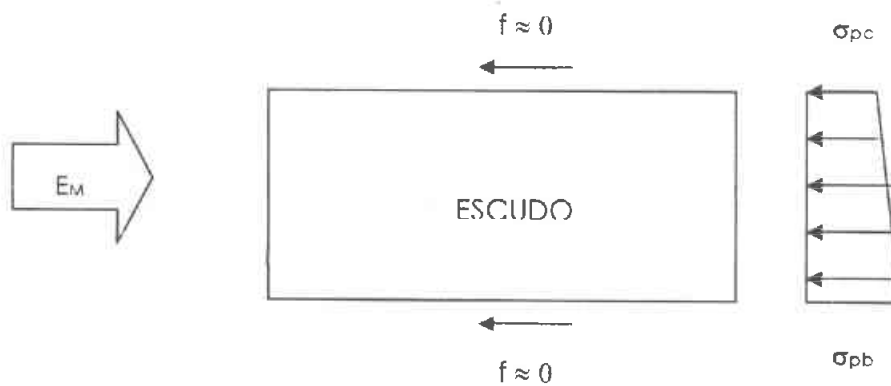
Mientras que en el caso en el cual el suelo que se tiene en la base del escudo es la arena, su borde no penetra debido a que la resistencia es mayor al incremento del esfuerzo vertical y la desigualdad que se cumple es:

$$\Delta\sigma < q_u$$

por lo cual el borde del escudo tiende a desviarse por el plano de debilidad que forman el contacto de la arcilla con la arena.

### 3.- COMENTARIO FINAL.

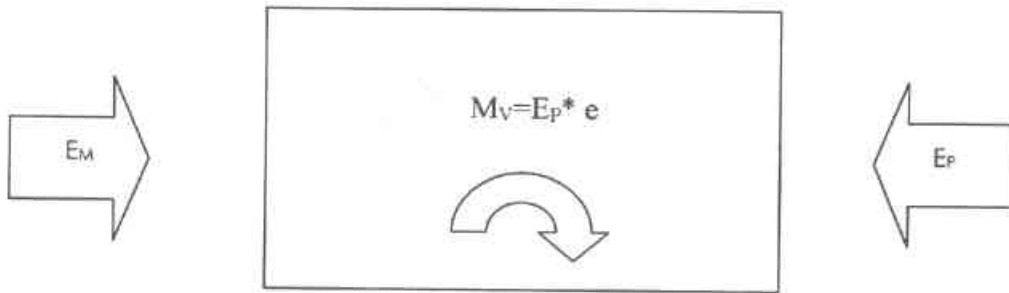
La utilización del escudo para la instalación del tubo es adecuada para los suelos blandos que constituyen el subsuelo de la zona; para cruzar el estrato de arena se necesita incrementar la fuerza de empuje mecánico; sin embargo, debido a la baja resistencia que opone la arcilla, este incremento no puede ser muy grande ya que se provocaría un deslizamiento del equipo por el contacto de la arcilla con la arena.



- $\sigma_p$     esfuerzo pasivo en el frente
- $f$         fuerza de adherencia lateral
- $E_M$     empuje mecánico para el hincado del escudo

FIGURA 1 FUERZAS ACTUANTES SOBRE EL ESCUDO





$E_P$  empuje pasivo en el frente del escudo

FIGURA 2 MOMENTO DE CABECEO  $M_V$  EN EL ESCUDO

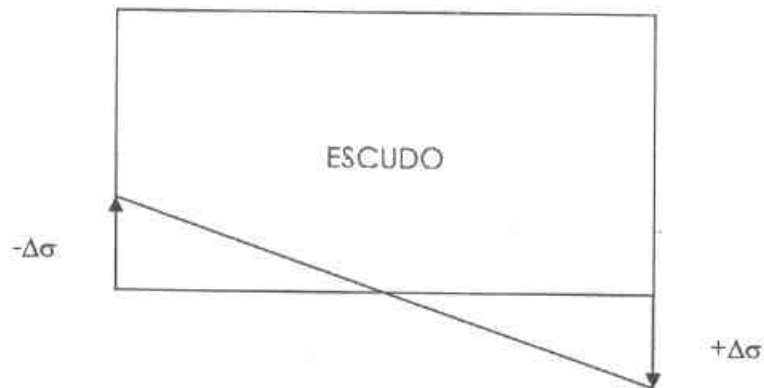


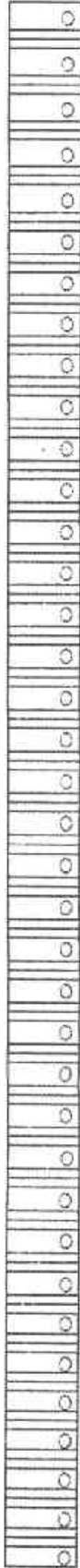
FIGURA 3 INCREMENTO DE ESFUERZO ( $\Delta\sigma$ ) EN LOS EXTREMOS DEL ESCUDO

### 4.9 Propuesta de inyección de bentonita para lubricación exterior del túnel.

Tramo: Hincado de lumbreira 1 a la lumbreira 2.

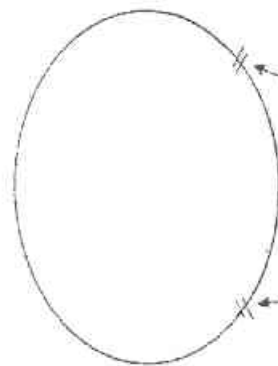
Número de tubo

1 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 34 37 40 43 46 49 52 55 58 61 64 67 70 73 76 79 82 85 88 91 94 97 100 103 106 109 112



Para la inyección de bentonita se aplicara el siguiente procedimiento:

- 1.- La ubicación de las válvulas de bentonita sera de acuerdo a la propuesta del croquis superior.
- 2.- La inyección de bentonita será igual o mayor al volumen de la sobreexcavación de acuerdo a la longitud del tubo.
- 3.- La dosificación de la mezcla agua-bentonita será: 1m<sup>3</sup> de agua x 100 kg de bentonita con una densidad de 90 segundos. 1000 ml de polivis.
- 4.- La ubicación de las valvulas será en el arrastre inferior de la tubería con dos válvulas para inyectar de manera uniforme la media cuña del tubo.
- 5.- La operación de la inyección se mantendrá de aguas abajo.



ubicación de las válvulas de bentonita

#### 4.10 Especificación general para la instalación de la tubería mediante hincado Hidromecánico para el Interceptor Canal Nacional – Canal de Chalco.

Excavación e hincado de tubería

A.- Dimensión de la excavación.

La excavación deberá de ser de la dimensión suficiente que permita el eficiente desplazamiento de las operaciones de hincado a fin de que permita dar el espacio suficiente para el acomodo de la tubería en todo su perímetro exterior. La determinación adecuada del diámetro de la excavación será bajo la responsabilidad del contratista en función de la tubería y del escudo excavador.

B.- Hincado de tubería.

- Los gatos hidráulicos que se utilicen deberán de ser de la capacidad suficiente para el empuje de la tubería y el escudo a través del suelo. La operación de dichos pistones deberá de tener el acomodamiento apropiado a fin de que cada uno de ellos reciba una presión uniforme.
- Se deberá de llevar un registro detallado de las fuerzas aplicadas durante el proceso a fin de asegurar que dichas fuerzas son menores o iguales a las de un factor de seguridad mínimo de 2.50, basándose en la  $f'c$  del concreto de la tubería.
- La tubería a hincar de ser soportada en una estructura – guía, a fin de poder soportar y guiar la tubería de acuerdo al alineamiento vertical y horizontal del proyecto.
- La tubería durante la ejecución de la obra deberá de hincarse preferentemente aguas arriba.
- El espacio comprendido entre la pared exterior de la tubería y el suelo, deberá de mantenerse ocupado de lodo de bentonítico u otro tipo de lubricante durante las operaciones de la excavación e hincado de la tubería, a fin de reducir la fricción y la posibilidad del estancamiento del hincado; así como de evitar que la tubería se someta a una carga excesiva de empuje y pueda ser dañada.
- Durante el proceso de inyección de la mezcla del lodo bentonítico se deberá de llevar un registro detallado de los volúmenes inyectados y compararlos con el volumen de la sobrexcautación a fin de no inyectar en exceso dicha mezcla de bentonita.
- En caso de que durante las operaciones de hincado, una sección de tubo sea dañada, el contratista procederá a reparar dicho daño.
- El desplazamiento de la excavación mediante el escudo deberá de ser de manera simultánea al empuje de la tubería en todo momento, por ningún motivo se deberá de excavar previamente a la aplicación de la fuerza de hincado.
- Las juntas de unión de la tubería deberán de ser selladas herméticamente, mediante el uso de empaque de hule (junta hermética).

- Las juntas de unión de la tubería, deberán de acojinarse mediante un anillo de madera a fin de transmitir la carga de hincado de una manera uniforme, evitando que se dañe la tubería o las juntas de unión de la misma.
- A fin de asegurar la terminación del hincado de la tubería entre lumbrera y lumbrera, se instalará el número estaciones intermedias de hincado necesarias bajo la determinación del contratista y bajo la estricta responsabilidad del mismo.

## CONTROL DEL ALINEAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL

### A.- CONTROL DE EJECUCIÓN.

- La dependencia deberá indicar físicamente la ubicación de las referencias del trazo y de los bancos de nivel. El contratista deberá de verificar estas referencias y bancos de nivel previamente al inicio de la obra, y en caso de encontrar algún error o discrepancia, este deberá de reportárselo a la dependencia, a fin de aclararlo.
- El contratista deberá de ejecutar la obra de acuerdo a las referencias y bancos de nivel establecidos por la dependencia.
- La maquina perforadora propuesta es un escudo marca Lovat de tipo rotatorio con un cabezal frontal de corte con compuertas de tipo deslizante radial, de 2.9 m de diámetro, de tipo electro - hidráulico, de 0 a 5 rpm del frente de corte, con 2 motores uno de 200 hp para suministrar la rotación del frente del corte y un segundo motor de 75 hp para la alimentación de la banda transportadora de tornillo sin fin y accionamiento de compuertas, con un torque en el frente de 720,000 ft-lbs.
- El frente de excavación en todo momento deberá quedar hermético controlando el acceso del material producto de la excavación al rotar el frente de excavación. El cabezal de excavación deberá de estar provisto de compuertas herméticas de deslizamiento radial que deberán de ser accionadas hidráulicamente.
- Los suelos removidos por el cabezal del escudo, una vez dentro de la cámara de carga se elevaran a una banda transportadora de tornillo sin fin de que puedan ser depositados en la bomba de rezaga para su retiro a través de las líneas hasta la lumbrera de empuje para su retiro final.
- El contratista deberá de ubicar el nivel automático de rayo láser para la guía del túnel de tal manera que este no sea afectado por algún movimiento del suelo o por vibraciones que genere el equipo.

### B.- LÍNEA Y PENDIENTE

- La excavación y el hincado tienen una tolerancia permisible de 20 mm. En la pendiente y de 30 mm. En línea por cada 100 m.
- El guiado de la máquina excavadora se efectuará con la ayuda de un emisor de rayo láser ubicado y protegido convenientemente en la lumbrera de empuje en la pared opuesta al lanzamiento del túnel. Un punto referenciado y nivelado de incidencia para el rayo láser estará ubicado en el frente del interior del escudo que

vinculará visualmente con el haz lumínico del rayo láser, el operador de la máquina tunelera hará las correcciones pertinentes durante el trayecto de los trabajos de instalación, verificando al menos cada desplazamiento del ciclo de rezagado.

- Cuando sea necesario efectuar correcciones a la trayectoria realizada por el escudo, el mismo deberá contar con una articulación entre su parte trasera y delantera, en la cual se dispone de cilindros hidráulicos de carrera corta, que accionados por el operador permitirán ajustar la trayectoria del escudo, respetando la proyección planialtimétrica establecida en el proyecto ejecutivo.

### C.- SEGURIDAD INDUSTRIAL:

1. Durante el proceso de la excavación y la instalación el contratista deberá instalar un sistema de iluminación que satisfaga lo siguiente:
  - a).- iluminación amplia y suficiente en el escudo así como en los dos tubos adyacentes a este a fin de tener la visibilidad durante las operaciones de la excavación, alineamiento y rezaga del material producto de la excavación
  - b).- Una línea continua a lo largo del desarrollo de la tubería con un foco de 60 watts a cada 7.5 mts. Mínimo.
2. El contratista deberá de instalar un sistema de ventilación de la capacidad suficiente que por lo menos suministre 2.5 m<sup>3</sup>/min. Al frente de la excavación para que inyecte aire para mantener un ambiente aceptable para el desarrollo de las labores de excavación y rezaga del material producto de la misma.
3. Durante cualquier emergencia que se pudiera suscitar en la que pudiera peligrar la excavación, se deberá prever condiciones de trabajo continuo las 24 hrs. Del día incluyendo fines de semana y días festivos hasta en tanto se hayan superado las condiciones de dicha contingencia.
4. bajo ninguna circunstancia se deberá de aplicar la fuerza de empuje a la espiga de la tubería.
5. El operador encargado de dirigir el escudo en todo momento deberá de contar con un detector de gases que pueda advertir la presencia de:
  - a).- Nivel mínimo de explosividad de gas metano.
  - b).- Rango aceptable de los niveles de oxígeno para la respiración de los obreros dentro del túnel.
  - c).- Nivel mínimo aceptable para respiración del ser humano de monóxido de carbono que se pudiera generar en el suelo dadas sus características orgánicas actuales.

## EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS:

- El contratista será el responsable de los recursos y metodología que utilice para la tunelización e instalación por empuje.
- Todo trabajo que se realice sea la excavación, el deslizamiento de la tubería a través del túnel, la inyección del lodo bentonítico deberá ser ejecutado de tal manera que se minimicen los hundimientos en la superficie, así mismo terminados los trabajos la tubería deberá de tener un apoyo completo en el suelo excavado.
- En todo momento el contratista deberá conservar limpias las condiciones de trabajo dentro de las operaciones de hincado y remover todo el material lodoso y cualquier derrame.
- El contratista deberá implementar las medidas necesarias para el control del agua el nivel freático a fin de asegurar condiciones aceptables de trabajo.
- No se admitirá equipo alguno de combustión sea de gasolina y/o diesel dentro del túnel.
- La maquinaria tunelera que seleccione el contratista para la ejecución de la excavación deberá de ser capaz de poder cerrar por completo el frente de excavación, así como poder ofrecer un soporte al frente excavado en todo momento.
- La máquina tunelera deberá contar en el frente de excavación con un sistema de rotación bidireccional que permita corregir cualquier giro provocado por el momento de giro de esta.
- El contratista deberá contar con un detector de gases portátil en todo momento para la detección de gases tóxicos tales como el monóxido de carbono, ácido sulfhídrico, metano y cualquier deficiencia de oxígeno para la respiración de los seres humanos.
- En la eventualidad de que durante el proceso de instalación por empuje se presentará un estancamiento del tren de tubos y al aplicar la fuerza máxima admisible de empuje, el contratista bajo su responsabilidad deberá de prever la colocación de estaciones intermedias de reempuje para poder romper dicha adherencia y así poder proceder la continuación de la instalación.
- Durante el proceso de instalación de la tubería por empuje, el contratista deberá de llevar un *reporte diario* de los eventos y observaciones que se presentaron y que al menos contengan el avance con relación a la elevación, breve descripción gráfica de los estratos encontrados en el frente de la excavación, volúmenes de material extraído por cada pieza de tubo instalada, lectura de las presiones que se presentaron por cada tubo instalado indicando hora, condiciones atmosféricas, condición mecánica de la maquinaria, etc.

#### **4.11 Especificación del proceso de colocación e hincado de tablestaca metálica tipo AZ que se utilizará para la construcción de lumbreras para la instalación de tubería en el Interceptor Canal Nacional – Canal de Chalco.**

Generalidades.

Como parte de la construcción e hincado de la tubería del colector de 2.44 m de diámetro será necesario realizar la colocación de un sistema de ademe temporal que permita realizar los trabajos de excavación, evitando filtraciones de agua al interior de la excavación durante el proceso de construcción.

Para tal fin, se ha propuesto la utilización de un sistema de ademe constituido por ataguías metálicas, placas de acero, por un conjunto de viguetas metálicas que se localizarán en el resto de las paredes laterales de la excavación.

La presente especificación proporciona los lineamientos generales y recomendaciones necesarias que deberán seguirse para el hincado y colocación de la ataguía metálica y placa exclusivamente.

El hincado de las ataguías se efectuará con equipo mecánico, provisto de una fuerza o energía suficiente que hinque el extremo superior de las tablestacas.

A continuación se presentan las etapas en que se dividirá el procedimiento constructivo, el cual es aplicable para la construcción de la lumbrera, atendiendo a las restricciones que se marcarán más adelante.

A continuación se presentan las etapas en que se dividirá el procedimiento constructivo:

- ETAPA I.- Retiro de instalaciones y estructuras existentes
- ETAPA II.- Instalación de guía
- ETAPA III.- Hincado de tablestacas metálicas tipo AZ
- ETAPA IV.- Retiro de tablestacas metálicas tipo AZ

##### **Procedimiento constructivo**

A continuación se detalla el procedimiento a seguir para realizar las actividades de hincado, colocación y retiro de tablestacas metálicas tipo AZ.

##### **ETAPA I.- Retiro de instalaciones y estructuras**

Antes de iniciar cualquier trabajo referente a la colocación e hincado de las tablestacas metálicas o placas, se deberá retirar todo tipo de estructuras e instalaciones, así como raíces o tocones de árboles que pudieran existir en la zona donde serán hincadas.

Una vez concluidos los trabajos preliminares referentes al trazo y nivelación se procederá a localizar en campo en forma precisa, la posición donde se hincarán las tablestacas.

## **ETAPA II.- INSTALACIÓN DE GUÍA.**

Una vez concluida la etapa anterior, se procederá a colocar una guía apoyada sobre una superficie desplantada de acuerdo a proyecto que servirá para mantener fijo el pie de las tablestacas metálicas durante los trabajos de hincado así como para prevenir desviaciones laterales en cada una de las tablestacas por hincar. La posición y ubicación que se la dará a la guía deberá ubicarse perfectamente en el sitio.

Una vez ubicada la posición de las tablestacas en el sitio, se procederá a excavar una zanja, con una retroexcavadora de alcance suficiente al requerido, hasta una profundidad aproximada de 2.5 m

A continuación se deberá colocar dentro de esa excavación un anillo guía, previamente soldado con soldadura E-7018 de 1/8", dicho anillo es nivelado de acuerdo a bancos de nivel de proyecto.

La soldadura empleada solo requerirá prueba visual a criterio del ingeniero residente de obra por ser trabajo provisional de paillería.

Posteriormente se rellenara parcialmente la zanja, con el material producto de excavación, para que el marco guía quede en una posición fija a hincar la tablestaca de acero, preferentemente en pares de 1.26 m de ancho, debidamente niveladas y plomeadas.

## **ETAPA III.- HINCADO DE TABLESTACAS.**

Las tablestacas estarán formadas por perfiles estructurales del tipo AZ, en pares de 1.26 m de ancho.

El proceso de hincado de las ataguías se ha dividido en dos fases las cuales se realizarán en forma simultanea en las restricciones marcadas más adelante. Las fases son las siguientes:

### **FASE I.- ENFILADO DE PANELES**

Sobre la superficie del terreno natural se formarán los paneles "paneles de hincado" que consistirán en el conjunto de cuatro ataguías metálicas como máximo, las cuales deberán ser numeradas y que se acoplarán entre sí, engrasando a la vez cada una de sus juntas al ser embonadas; y mediante el uso de una grúa de brazo suficientemente largo se procederá a su izaje y colocación dentro de la guía previamente instalada, lo anterior no es limitativo, ya que a criterio del ingeniero residente de obra, si así lo considera conveniente se podrá hincar par por par.



## **FASE II.- HINCADO DE PANELES.**

Una vez realizado lo anterior se procederá al hincado de las tablestacas metálicas utilizando para ello equipo mecánico, el cual podrá ser un equipo mecánico que cuente con fuerza suficiente para su hincado.

Una vez colocado el panel de hincado dentro de la guía, con el extremo inferior de las tablestacas dentro del espacio que define la guía, se procederá al hincado de las mismas atendiendo a los siguientes lineamientos:

La colocación del primer panel se deberá efectuar en uno de los extremos del tablestacado metálico por colocar.

Para la colocación (enfilado) de un segundo panel, el inmediato anterior deberá haber sido colocado hasta el nivel de desplante.

Una vez hincada una de las tablestacas se obtendrá el nivel de la cabeza, verificando nuevamente este al final del hincado de todas, debiendo corresponder al indicado en el proyecto.

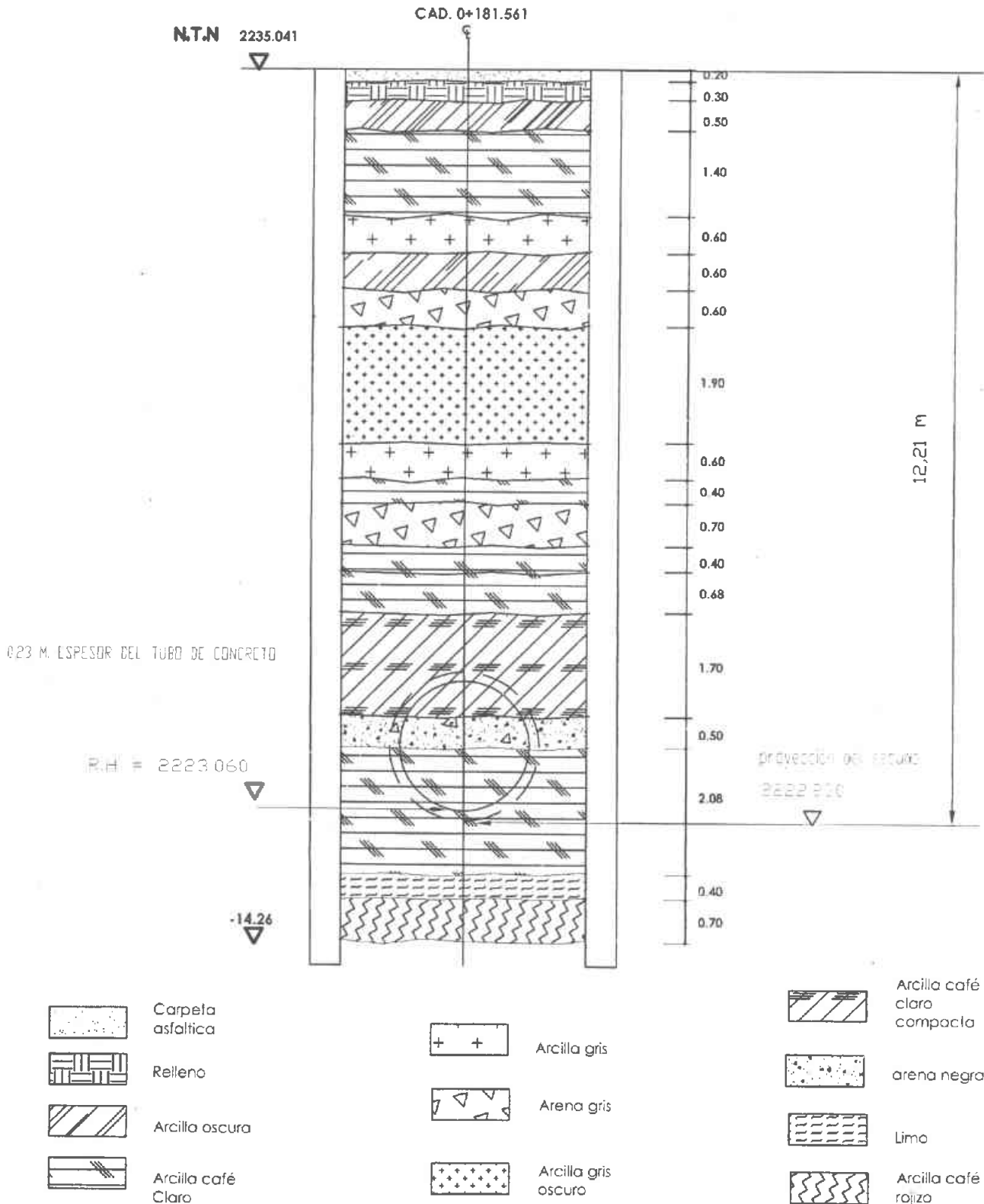
El hincado de las tablestacas deberá ejecutarse de tal forma que se garantice la correcta colocación de la tablestaca, de tal modo que cumpla con el objetivo planteado en el proyecto. Adicionalmente el proceso de hincado no deberá ocasionar daños a las estructuras e instalaciones vecinas.

## **ETAPA V.- EXTRACCIÓN DE TABLESTACAS.**

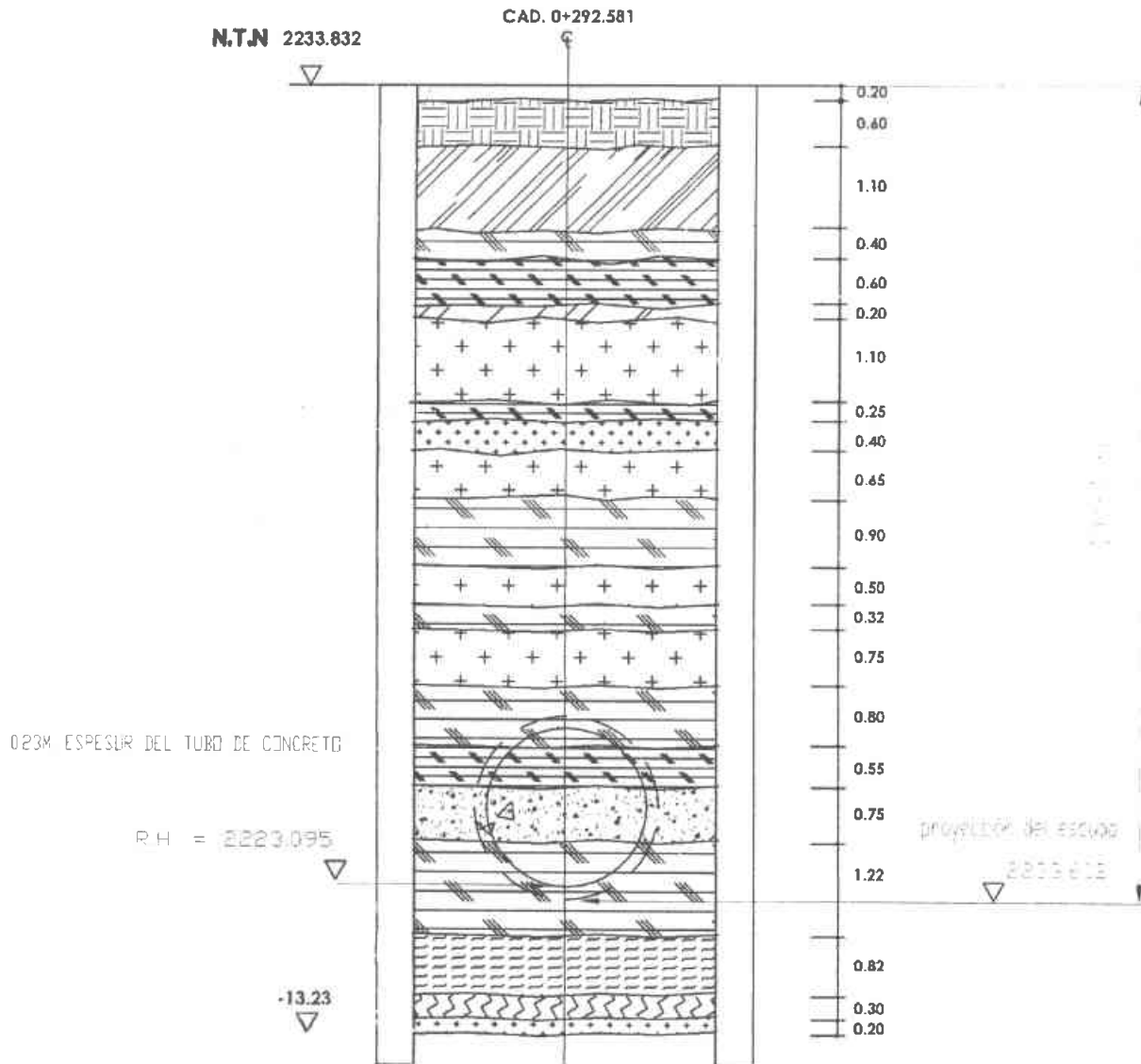
La extracción de las tablestacas deberá realizarse una vez que haya concluidos el hincado de la tubería en su totalidad correspondiente al tramo en el que intervenga esa lumbrera en específico.




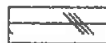

La extracción de las tablestacas dependerá de un buen hincado. La pared bien hincada será más fácil de extraer que otra cuyos elementos estén torcidos, desviados y desajustados.




## 4.12 Inspección visual del perfil estratigráfico de la lumbrera L-1


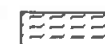





## Inspección visual del perfil estratigráfico de la Lumbrera L-1'

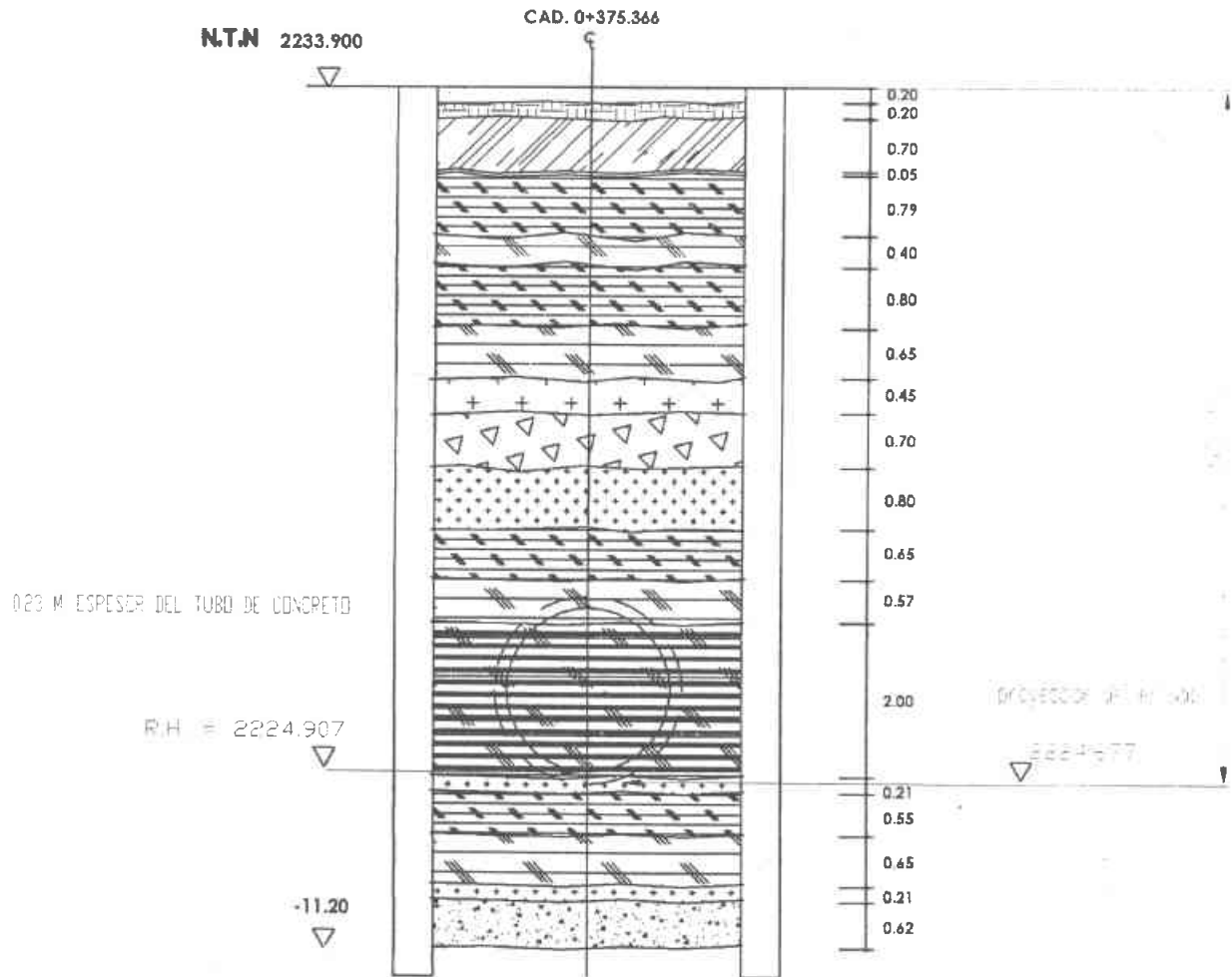












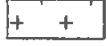
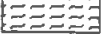
-  Carpeta asfáltica
-  Relleno
-  Arcilla oscura
-  Arcilla café Claro
-  Arcilla gris

-  Arena gris
-  Arcilla gris oscuro
-  Arcilla café claro compacta

-  arena negra
-  Limo
-  Arcilla café oscuro
-  Arcilla semi oscura
-  Arcilla café rajizo

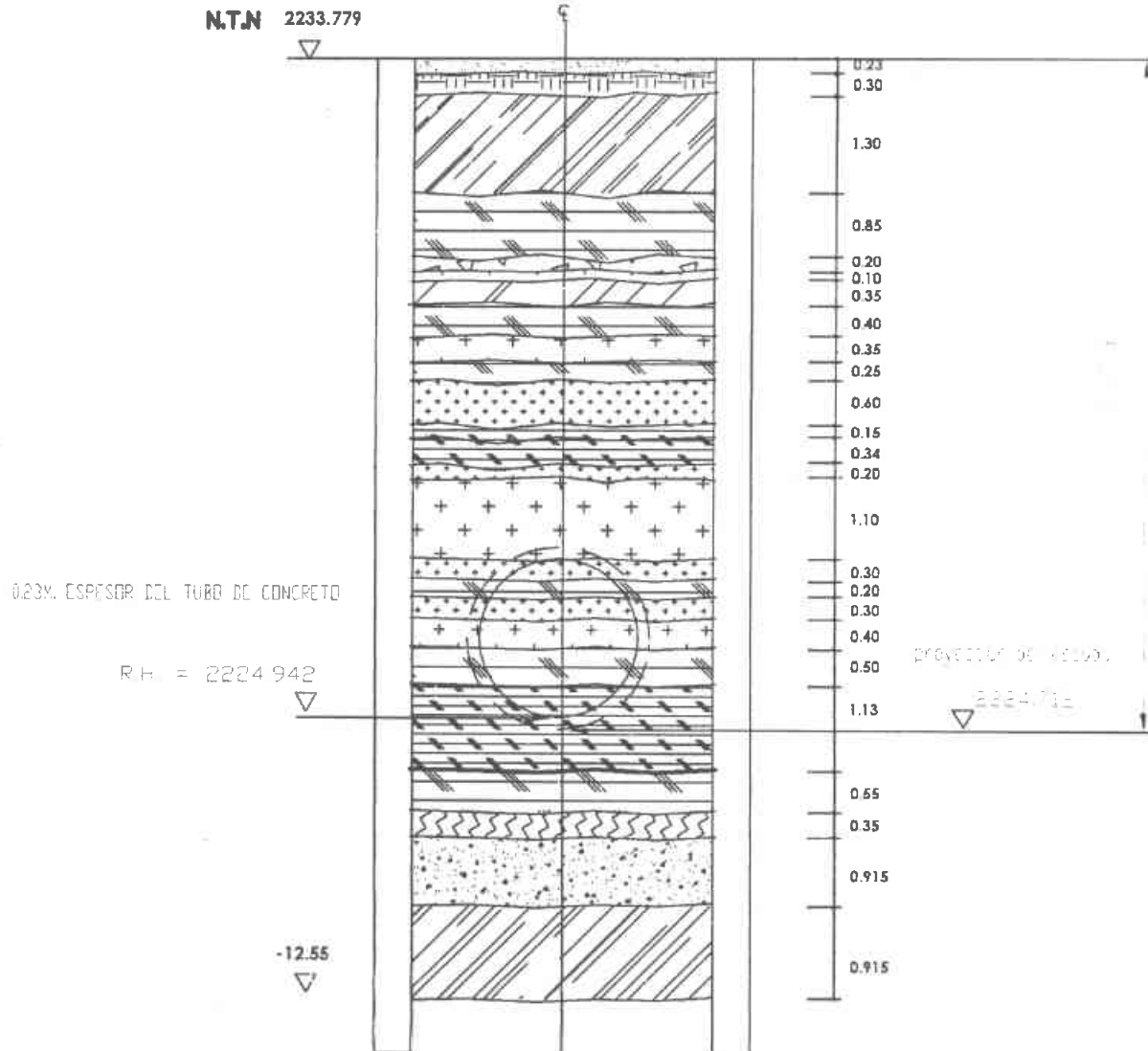
## Inspección visual del perfil estratigráfico de la lumbra L-1"



- |   |                    |   |                             |   |  |
|---|--------------------|---|-----------------------------|---|--|
|  | Carpeta asfáltica  |  | Arena gris                  |  | Arcilla café oscuro                    |
|  | Relleno            |  | Arcilla gris oscura         |  | Arcilla semi oscura                    |
|  | Arcilla oscura     |  | Arcilla café claro compacta |  | Arcilla café rajizo                    |
|  | Arcilla café Claro |  | arena negra                 |  | Arcilla café con franjas muy plásticas |
|  | Arcilla gris       |  | Limo                        |   |  |

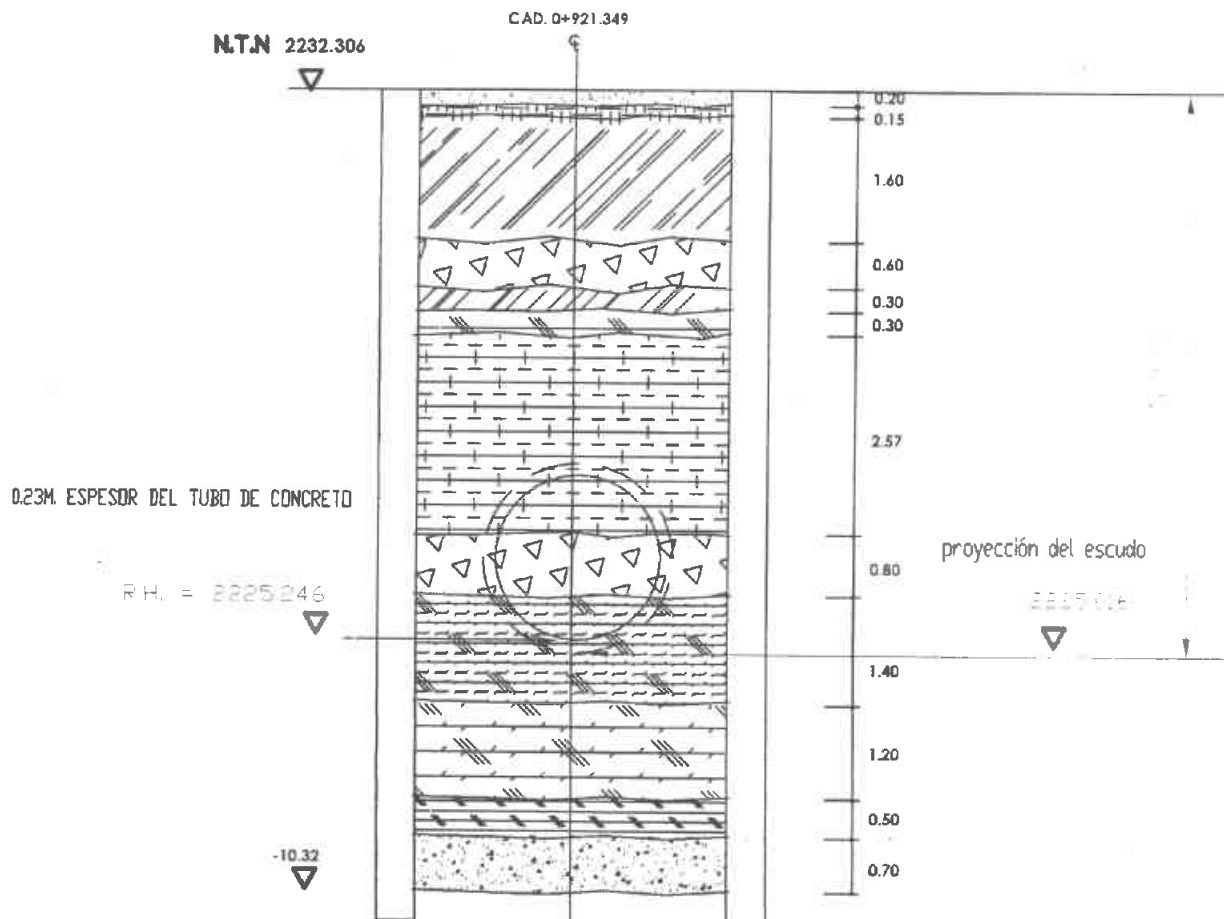
## Inspección visual del perfil estratigráfico de la lumbra L-2






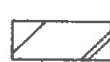


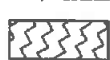


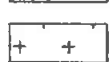
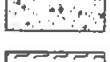

CAD. 0+450.996



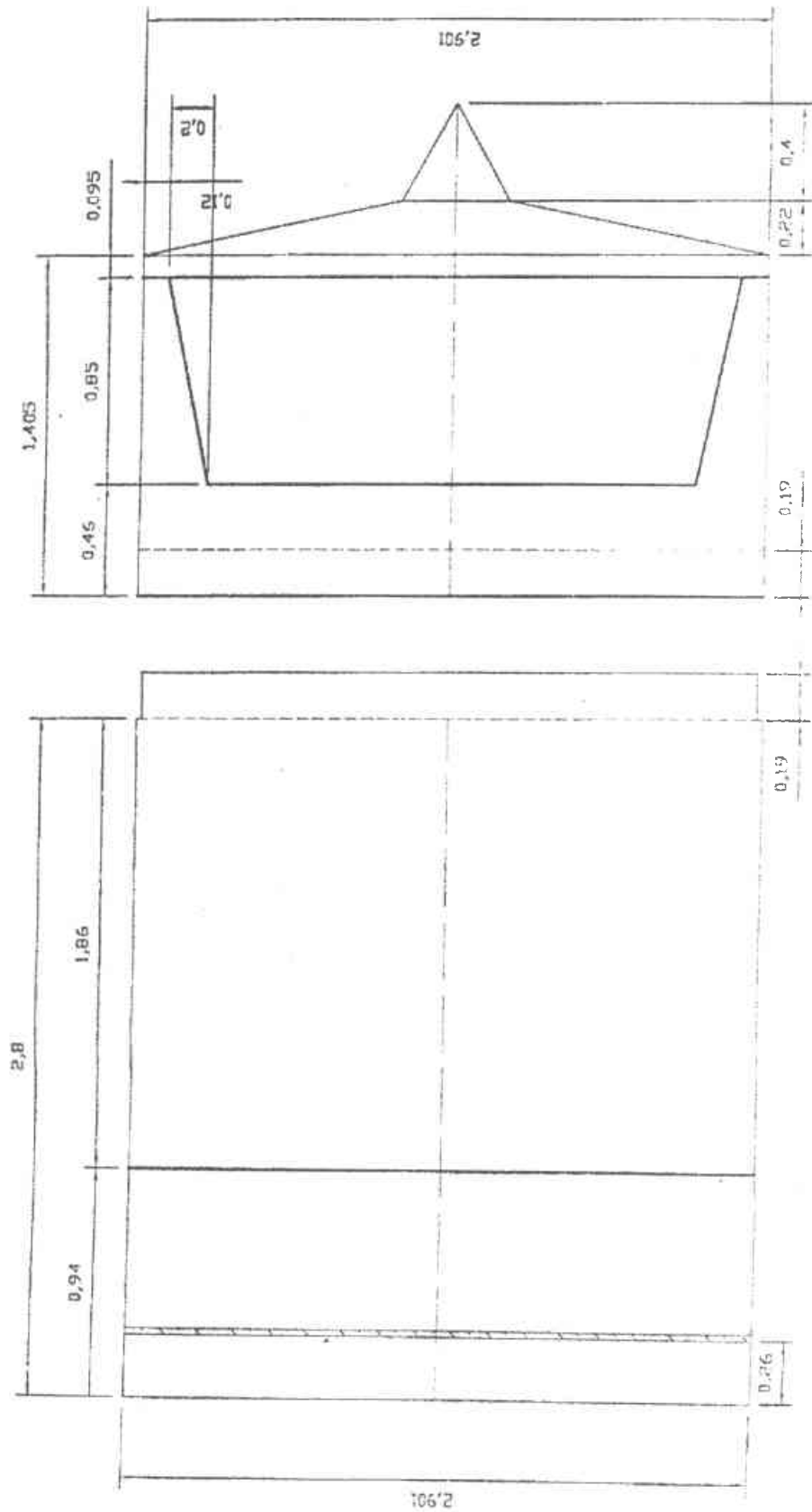
- |  |  |   |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Carpetas asfáltica</li> <li> Relleno</li> <li> Arcilla oscura</li> <li> Arcilla café Claro</li> <li> Arcilla gris</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Arena gris</li> <li> Arcilla gris oscuro</li> <li> Arcilla café claro compacta</li> <li> arena negra</li> <li> Limo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Arcilla café oscura</li> <li> Arcilla semi oscura</li> <li> Arcilla café rajizo</li> <li> Arcilla café con franjas muy plásticas</li> </ul> |
|--|--|---|

## de la lumbrera L-4'



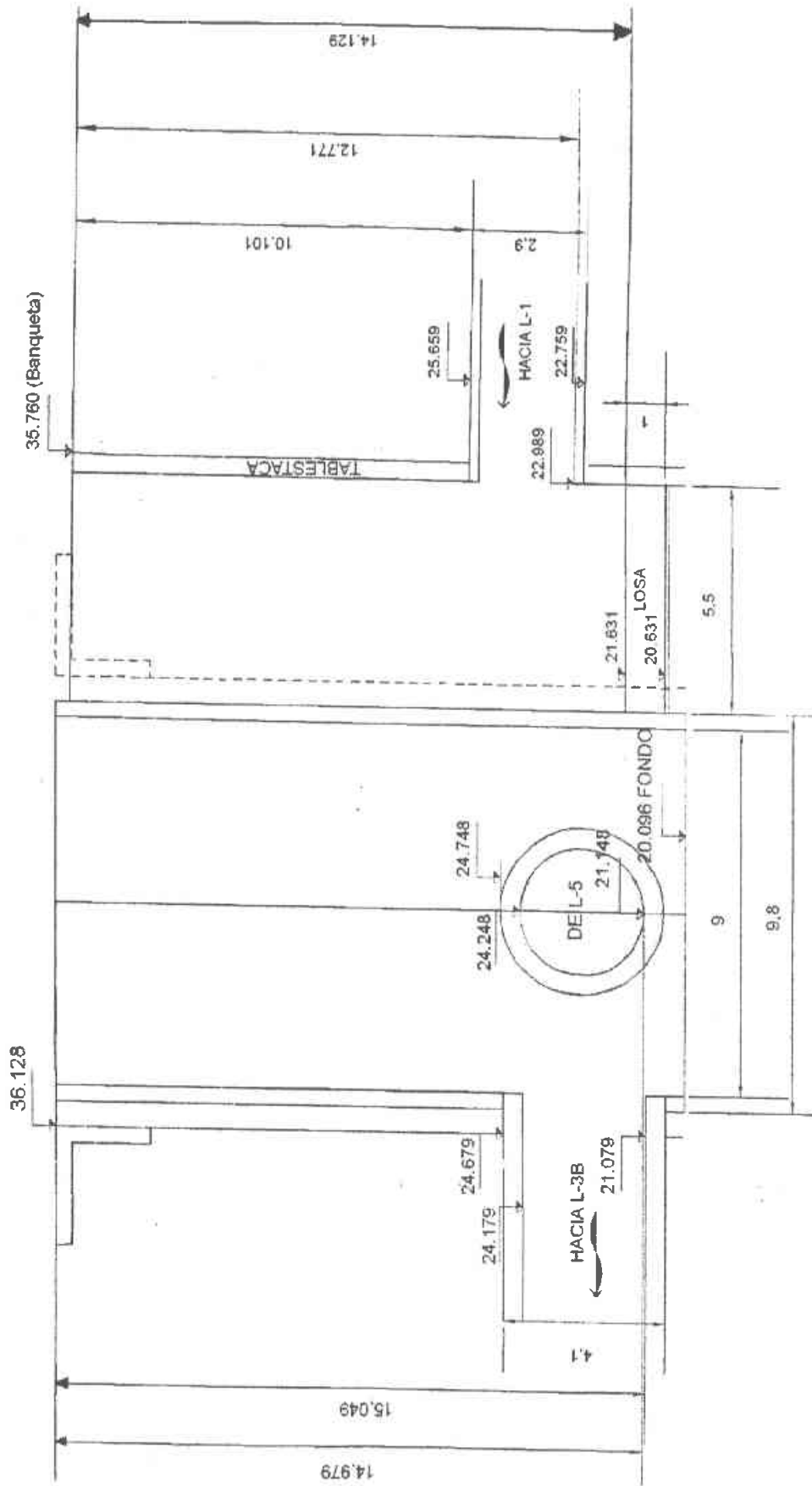
- |   |                    |   |                             |   |  |
|---|--------------------|---|-----------------------------|---|--|
|  | Carpete asfáltica  |  | Arena gris                  |  | Arcilla café oscuro                        |
|  | Relleno            |  | Arcilla gris oscuro         |  | Arcilla semi oscura                        |
|  | Arcilla oscura     |  | Arcilla café claro compacta |  | Arcilla café rajizo                        |
|  | Arcilla café Claro |  | arena negra                 |  | Arcilla café con franjas muy plásticas     |
|  | Arcilla gris       |  | Limo                        |  | Arcilla y arena gris con material orgánico |

4.13 Dimensiones físicas del escudo electro-hidráulico de 2.90 m. de diámetro.

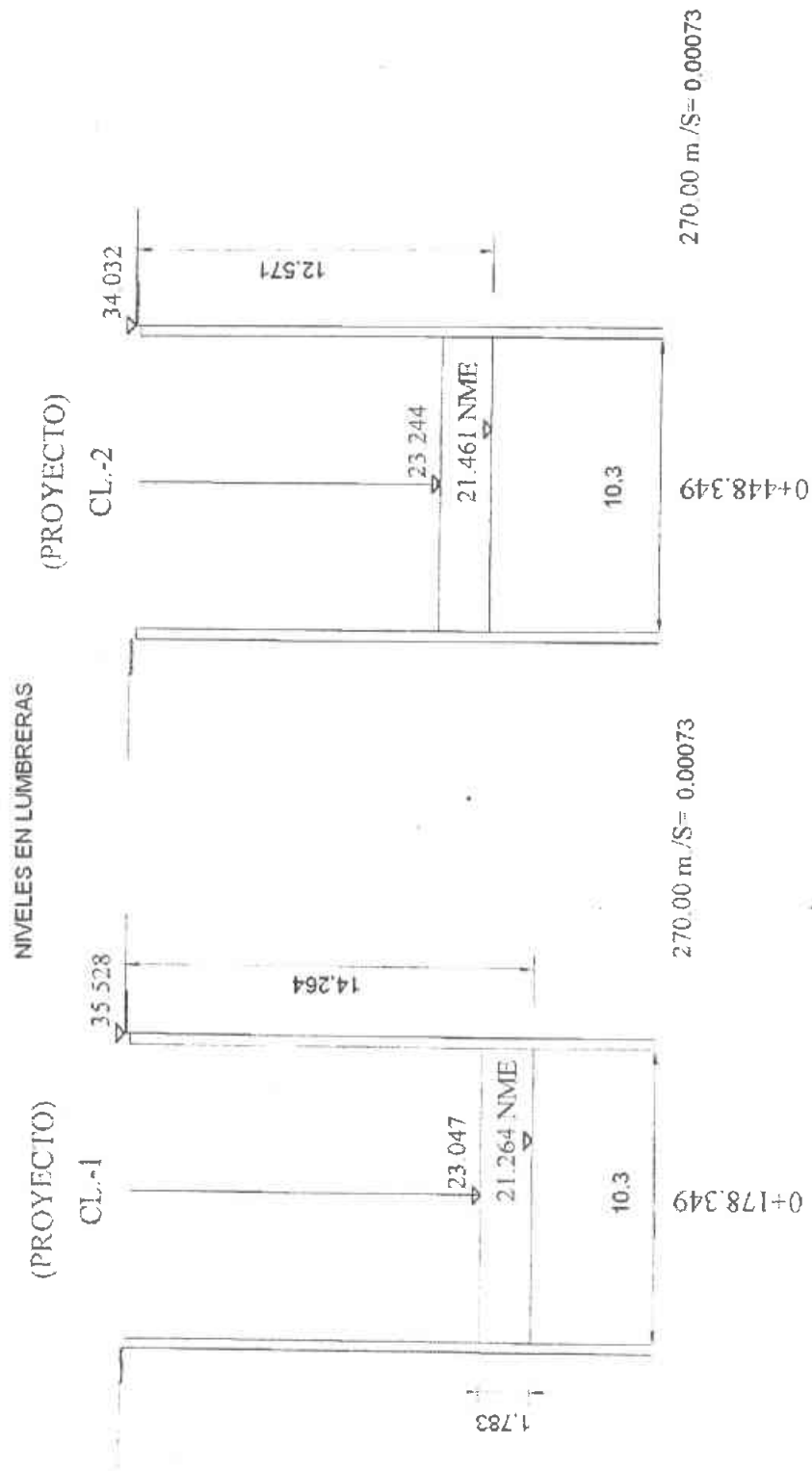


### 4.14 Niveles en lumbreras.

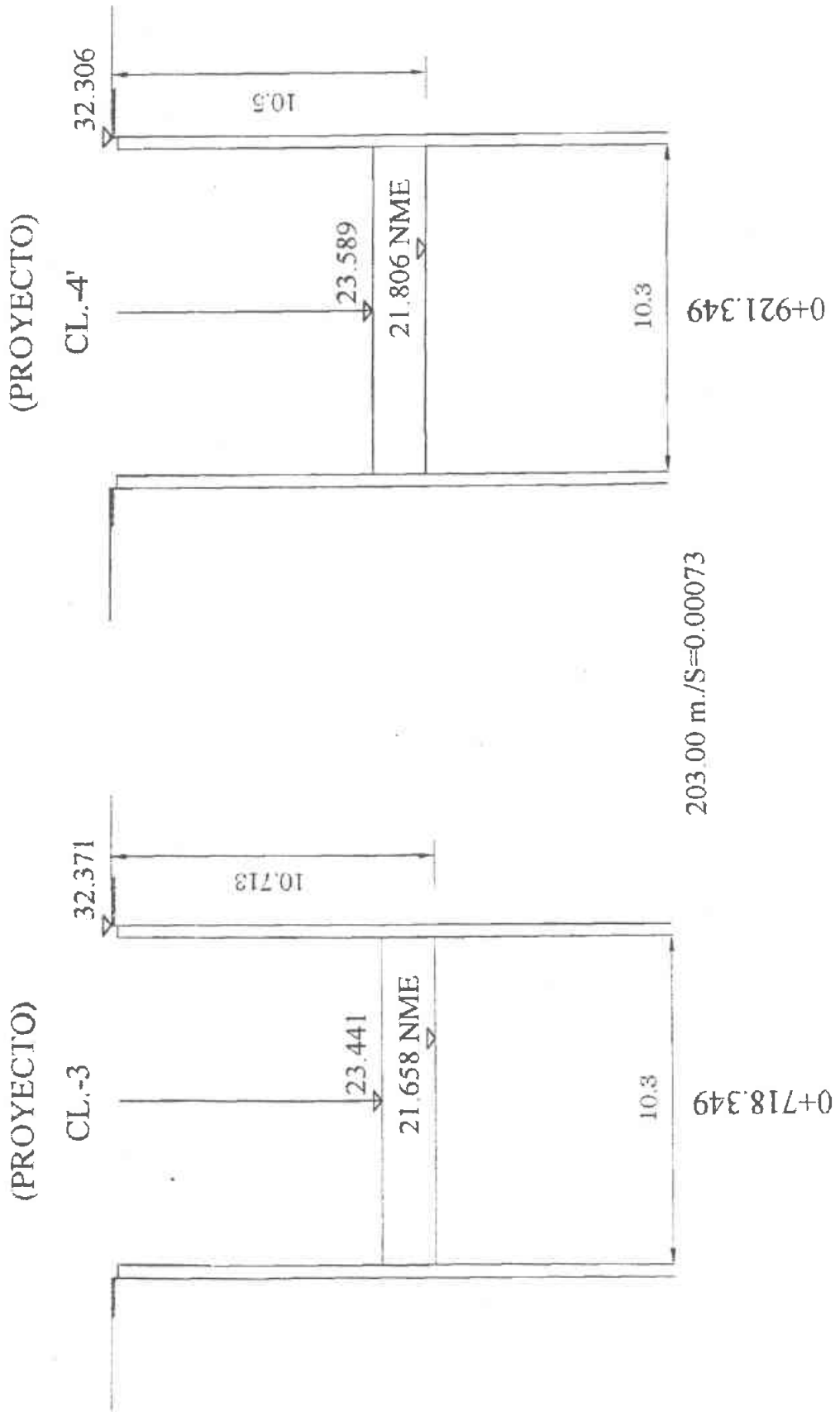
Niveles en L-4 y L-Adosada

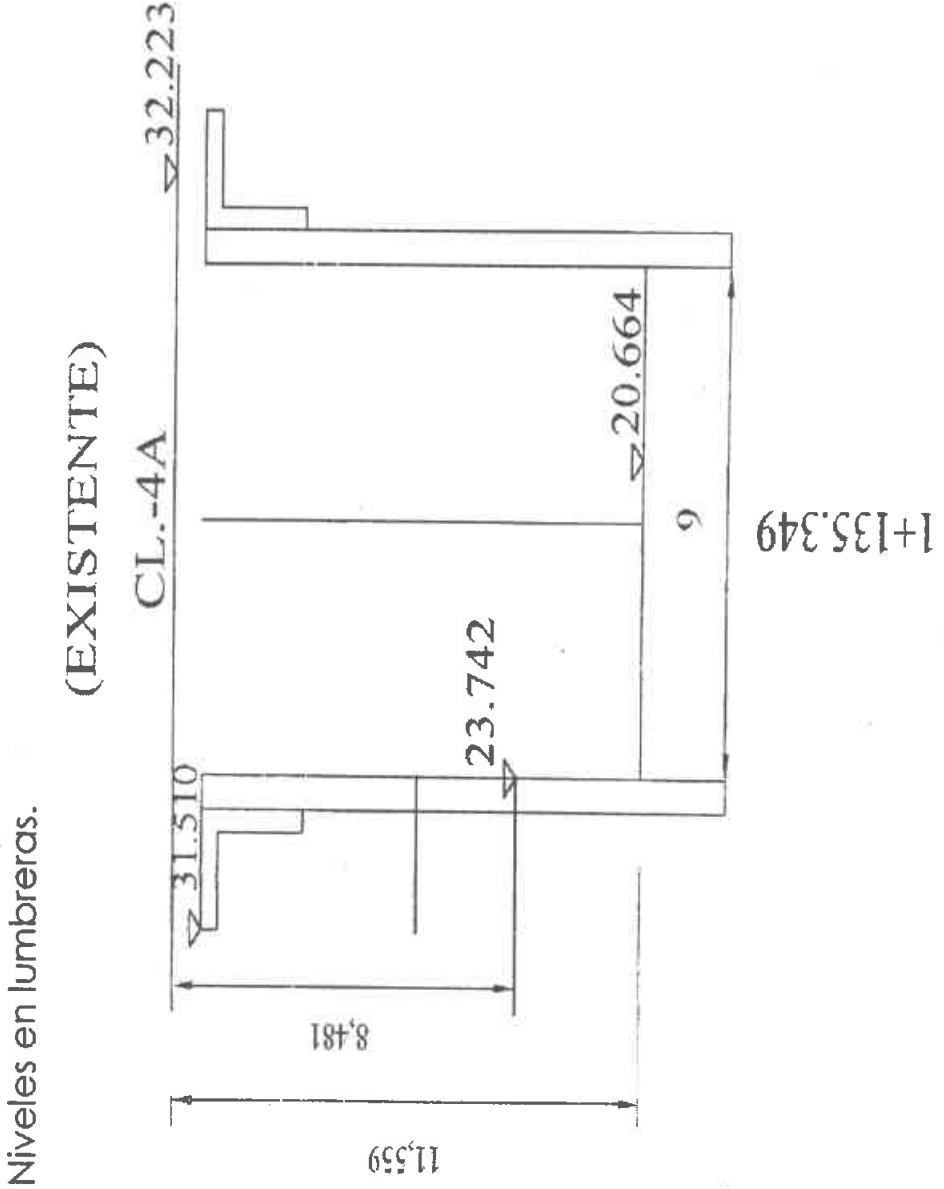






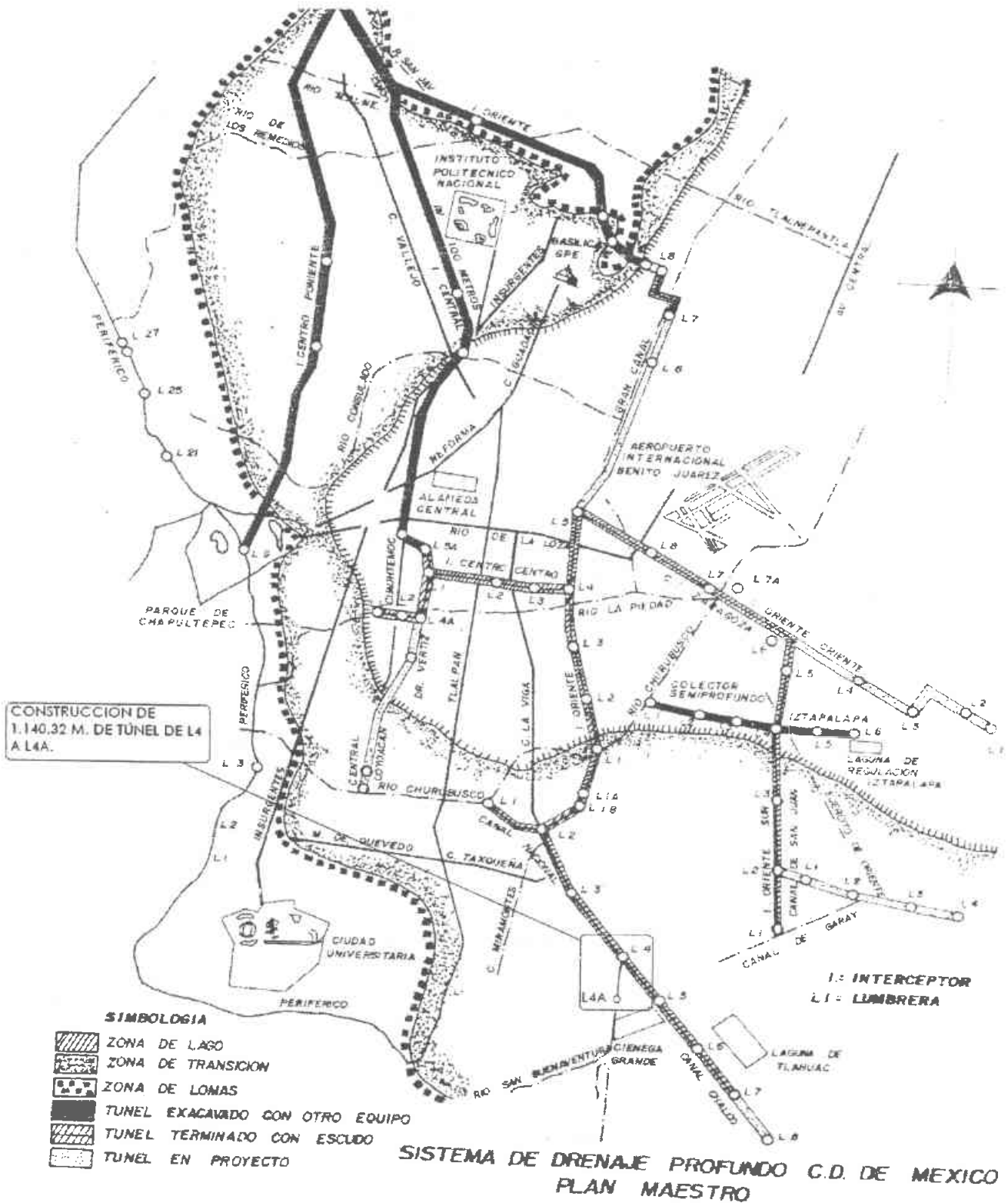
Niveles en lumbreras





214 m./S=0.000073

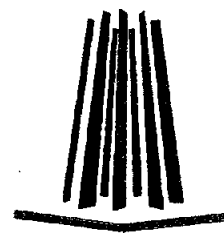
4.15 Croquis del sistema de drenaje de la Ciudad de México.





## V. CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y PROGRAMA DE OBRA

En el capítulo se muestra el catálogo de conceptos con sus cantidades y precios unitarios, el resumen del catálogo de conceptos, un programa de obra y finalmente el programa de obra para la terminación del túnel y captación.



ENEP ARAGÓN

5.1 Catálogo de conceptos

Catálogo de Conceptos y cantidades de obra para expresión de precios y monto de la proposición					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. en letra	Precio U Total
1	Construcción del colector semiprofundo canal nacional - canal chalco (ramal sur; tramo lumbrera 4A - lumbrera 4) del 0+000 al 1+140.32 de concreto reforzado de 2.44 m de Ø con recubrimiento interior de T-lock de pvc.				
1.1	Ejecución de proyecto ejecutivo.				
1.1.1	Ejecución de proyecto ejecutivo, incluye análisis de información existente, planos de propuesta del procedimiento constructivo, especificaciones correspondientes, revisión estructural, memorias, archivos electrónicos (planos en autocad), (archivos de escritura en Works), así como los cargos por la ingeniería y desarrollo del proyecto, incluye los estudios que pudieran requerirse.	proyect	1.00	Ciento cincuenta y nueve mil quinientos veintitrés pesos 77/100 M.N.	159,523.77
Total de ejecución de proyecto ejecutivo.					159,523.77
** Ciento cincuenta y nueve mil quinientos veintitrés pesos 77/100 M.N. **					
1.2	Excavación del colector semiprofundo Canal Nacional - Canal de Chalco tramo lumbrera 4A - lumbrera 4.				
1.2.1	Suministro de tubería de concreto reforzado de 2.44 m. de diámetro de junta hermética con recubrimiento interior a 360° de 1.6 mm de espesor de pvc T-lock tipo Ameron.	m.l	1,140.00	Diez mil doscientos sesenta y nueve pesos 78/100 M.N.	11' 707,549.20
1.2.2	Construcción de túnel de 2.20 m (114") de diámetro mediante hincado de tubería de concreto reforzado de 2.44m. diámetro nominal a base de empuje hidromecánico con escudo de frente cerrado, sistema de rezaga y de acarreo dentro del túnel, sistema de empuje, alineación con nivel	m.l	1,140.00	Quince mil trescientos sesenta y cinco pesos 79/100 M.N.	17' 528,400.60
Total de obra:					29' 395,473.57
Total acumulado:					29' 395,473.57

Catálogo de Conceptos y cantidades de obra para expresión de precios y monto de la proposición					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. en letra	Precio U Total
	automático con rayo láser. Incluye la excavación de la cavidad bajando a lumbrera e instalación de la tubería, bombeo de achique del N.A.F. durante el proceso de hincado, extracción de la rezaga dentro del túnel, así como las operaciones necesarias para su correcta ejecución.				
	Total de excavación del colector semiprofundo Canal Nacional - Canal de Chalco tramo de lumbrera 4A- lumbrera 4.				29' 235,949.80
	**Veintinueve millones doscientos treinta y cinco mil novecientos cuarenta y nueve pesos 80/100 M.N.**				
1.3	Mejoramiento del terreno				
1.3.1	Mejoramiento del terreno a la entrada y a la salida del es-cudo utilizando para la excavación del túnel, incluye todos los materiales, mano de obra, equipo herramienta, maquinaria y todo lo necesario para la ejecución de los trabajos a satisfacción de la dependencia.	cjfo.	1.00	Novecientos cincuenta y siete mil novecientos setenta y cinco pesos 68/100 M.N.	957,975.69
	Total de mejoramiento del terreno.				957,975.69
	**Novecientos cincuenta y siete mil novecientos setenta y cinco pesos 69/100 M.N.**				
1.4	Retiro de materiales de losa tapa de L4A y L4 del colector semiprofundo Canal Nacional - Canal de Chalco.				
1.4.1	Excavación y retiro de material de tepetate, demolición de concreto armado de losa tapa, chimenea y retiro de precolados tipo de losa tapa de L4A y L4 del colector semiprofundo Canal Nacional - Canal de Chalco, el precio unitario incluye: el suministro de todos los materiales puestos en	cjfo.	1.00	Ciento ochenta mil ciento trece pesos 80/100 M.N.	180,113.80
	Total de hoja :				1' 138,069.49
	Total acumulado :				30' 533,563.06



Catálogo de Conceptos y cantidades de obra para expresión de precios y monto de la proposición						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. en letra	Precio U	Total
	<p>la obra, materiales de consumo, equipo, maquinaria, herramienta, mano de obra, andamios, etc., previo a la ejecución de los trabajos en losa tapa, el contratista deberá iniciar con el retiro del material de tepetate que se encuentra sobre la losa tapa, posteriormente continuara con la demolición de concreto armado de losa tapa, chimenea y finalmente realizará el retiro de los precolados existentes, en cada una de las etapas, el contratista deberá suministrar los equipos y la maquinaria necesaria, de acuerdo a las necesidades de la obra, dentro de los precios unitarios deberán incluir todas las maniobras necesarias, excavación y retiro del material de tepetate, el cual se colocara en el campamento que ocupa la lumbrera 4A del colector semiprofundo Canal Nacional - Canal de Chalco, para confinamiento del suelo, demolición de losa de concreto armado, chimenea y retiro del material producto de la demolición al tiro asignado por la dependencia, retiro y entongue de los precolados tipo que forman la losa tapa de la lumbrera, los cuales se colocaran en la zona de campamento que ocupa la lumbrera, suministro de energía eléctrica, suministro de agua potable, limpieza y extracción del material producto de las demoliciones en fondo de lumbrera 4A del colector semiprofundo Canal Nacional - Canal de Chalco, en general todo lo necesario, para la correcta ejecución de esta actividad, a entera satisfacción de la dependencia, cualquier actividad que se haya omitido en este concepto, el contratista participante deberá incluirla en su análisis de precios unitarios, por lo que cualquier reclamación al respecto, no procederá para su pago. La unidad de medición, será el con junto (citol).</p>					
<p>Total de hoja: 0,00</p> <p>Total acumulado: 30' 533,563,06</p>						

Catálogo de conceptos y cantidades de obra para expresión de precios y monto de la proposición						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. en letra	Precio U	Total
Total de refiro de materiales de losa tapa de L4A y L4 del co-lector semiprofundo Canal Nacional - Canal de Chalco.						180,113.80
1.5	Construcción de lumbreras circulares de acceso y salida del escudo.					
1.5.1	Construcción de lumbrera circular de empuje de 10.30 m de Ø de entre 12.00 m y 15.00 m de profundidad para el desplante de la base hincado para tubería de concreto reforzado. Incluye: tablestacado amachibrado de acero estructural, anillos de concreto reforzado, equipo de soldadura y corte, maquinaria para la instalación, corte de pavimento, ruptura y demolición de pavimento de pavimento, reposición de pavimento, excavaciones y rellenos, construcción de losa de fondo para estabilización de lumbrera, muro de apoyo para el empuje, bombeo de achique necesario para abatir el N.A.F., desmantelado de lumbrera (material recuperable a favor de la contratista).	pza	2.00	Un. millón ciento veintitín mil novecientos seis pesos 09/100 M.N.	1' 121,906.04	2' 243,812.18
1.5.2	Construcción de lumbrera rectangular de empuje de 5.00 x 8.00 m de hasta 12.00 m de profundidad para el desplante de la base hincado para tubería de concreto reforzado. Incluye: tablestacado amachibrado de acero estructural, traquelamiento, equipo de soldadura y corte, maquinaria para la instalación, corte de pavimento, ruptura y demolición de pavimento, reposición de pavimento, excavaciones y rellenos, construcción de losa de fondo para la estabilización de lumbrera, muro de apoyo para el empuje, bombeo de achique necesario para abatir el N.A.F., desmantelado de lumbrera (material recuperable a favor del contratista).	pza	3.00	Setecientos treinta mil ochocientos cincuenta y seis pesos 27/100 M.N.	730,856.27	2' 192,568.81
Total de hoja :						4' 436,380.99
Total acumulado :						34' 969,944.05

Catálogo de conceptos y cantidades de obra para expresión de precios y monto de la proposición						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. en letra	Precio U	Total
1.5.3	Bombeo inyector para abatir el nivel freático en lumbreras durante el proceso de excavación hasta el colado de la losa de fondo. Incluye: instalación, operación y retiro del sistema inyector, mano de obra, materiales, herramienta, maquinaria y equipo; y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. Por unidad de concepto de trabajo terminado.	Hora	960.00	Doscientos diecinueve pesos 26/100 M.N.	219.26	210,489.60
Total de construcción de lumbreras circulares de acceso y salida del escudo						4' 646,870.59
** Cuatro millones seiscientos cuarenta y seis mil ochocientos setenta pesos 59/100 M.N.**						
1.6	Señalamiento para protección vial y mantenimiento de la zona de obra:					
1.6.1	Fabricación, suministro y colocación de señales informativas de 60 x 180 cm. A base de lamina galvanizada cal. 16, con reflejante "catch-lite" grado ingeniería, con fondo en tinta serigrafía color naranja mate colorado sobre poste propio en pla 2' x 2'.	pza	6.00	Ochocientos setenta y cinco pesos 45/100 M.N.	875.45	5,252.70
1.6.2	Fabricación, suministro y colocación de señal restrictiva de 61 x 61 cm. A base de lamina galvanizada cal. 16, pintada en tinta serigrafica con fondo en color blanco, caracteres, filete y símbolos en color negro y circunferencia en color rojo colocada sobre poste propio en pla 2' x 2'.	pza	6.00	Quinientos treinta y nueve pesos 81/100 M.N.	539.81	3,238.86
Total de hoja:						218,981.16
Total acumulado:						35' 180,925.21

Catálogo de conceptos y cantidades de obra para expresión de precios y monto de la proposición						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. en letra	Precio U	Total
1.6.3	Fabricación, suministro y colocación de señal preventiva de 61 x 61 cm. Y placa adicional de 30 x 91 cm. A base de lamina galvanizada cal. 16 con reflejante "scotch-lite" grado ingeniería, con fondo en tinta serigrafica color naranja mate ubicada sobre poste propio en pla 2' x 2'	pza	6.00	Quientos sesenta y seis pesos 01/100 M.N.	566.01	3,396.06
1.6.4	Fabricación, suministro y colocación de señal informaliva de 60 x 180 cm. Una placa a base de lamina galvanizada cal. 16 con reflejante "scotch-lite" grado ingeniería, con fondo en tinta serigrafica color naranja mate ubicada sobre poste propio en pla 2' x 2'.	pza	10.00	Seiscientos noventa pesos 45/100 M.N.	690.79	6,907.90
1.6.5	Fabricación, suministro y colocación de barrera de protección de obra de 140 x 244 cms. A base de lamina galvanizada cal. 16 con reflejante "scotch-lite" grado ingeniería, con fondo en tinta serigrafica color naranja mate ubicada sobre poste propio en pla 2' x 2'.	pza	4.00	Un mil treinta pesos 91/100 M.N.	1,030.91	4,123.64
1.6.6	Fabricación, suministro y colocación de boya para protección de obra con varilla corrugada de 1/2" Ø y base de concreto hidráulico de 30 x 30 x 30 cm. Pintada en color esmalte blanco.	pza	6.00	Ochocientos setenta y cinco pesos 45/100 M.N.	875.45	11,845.20
Total de hoja:					26,272.80	
Total acumulado:					35' 215,198.01	

Catálogo de conceptos y cantidades de obra para expresión de precios y monto de la proposición						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. en letra	Precio U	Total
1.6.7	Suministro y colocación de lámpara para iluminación nocturna de obra de 1000 watts el precio unitario incluye: materiales para instalación eléctrica así como la reposición de los filamentos fundidos y la reposición de lámparas durante la ejecución de la obra la unidad de medición será la (pza) colocada.	pza	6,00	Ochocientos setenta y cinco pesos 45/100 M.N.	875.45	9,228.80
1.6.8	Suministro e instalación de varilla corrugada de 1/2" para pasos peatonales, el precio unitario incluye: todos los materiales puestos en obra maquinaria, equipo y lo necesario para su correcto funcionamiento, la unidad de medición será el metro lineal ( m.l )	m.l	900	Cuarenta y dos pesos 74/100 M.N.	42.74	38,466.00
Total de señalamiento para protección vital y mantenimiento de la zona de obra:						82,459.16
** Ochenta y dos mil cuatrocientos cincuenta y nueve pesos 16/100 M.N. **						
Total de construcción del colector semiprofundo Canal Nacional - Canal de Chalca ( Ramal sur; tramo lumbrera 4A - lumbrera 4 ) del 0+000 al 1+140.316 de concreto reforzado de 2.44 m de f con recubrimiento interior de T- Lock de pvc.						35' 262,892.81
**Treinta y cinco millones doscientos setenta y dos mil ochocientos noventa y dos 81/100 **						
Total de presupuesto						35' 262,892.81
**Treinta y cinco millones doscientos setenta y dos mil ochocientos noventa y dos 81/100 **						

5.2 Programa de obra

Clave	Concepto	Inicia	Duración	Termina	2003					
					Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	
1.1.1	Ejecución de proyecto ejecutivo.	01-Jun-03	25c	25-Jun-03	█					
1.2.1	Suministro de tubería de concreto reforzado de 2.44 m. de Ø.	24-Jul-03	90c	21-Oct-03		█	█			
1.2.2	Construcción de túnel de 2.90 m. (11'4") de Ø.	28-Jul-03	90c	25-Oct-03		█	█			
1.3.1	Mejoramiento del terreno a la entrada y a la salida del escudo	26-Jun-03	70c	03-Sep-03		█	█			
1.4.1	Excavación y retiro de material de tepetate, demolición de concreto armado de losa tapa.	26-Jun-03	15c	10-Jul-03		█				
1.4.1	Excavación y retiro de material de tepetate, demolición de concreto armado de losa tapa.	07-Oct-03	15c	21-Oct-03					█	
1.5.1	Construcción de lumbrera circular de empuje de 10.30 m de Ø.	04-Jul-03	30c	02-Ago-03		█				
1.5.1	Construcción de lumbrera circular de empuje de 10.30 m de Ø.	14-Ago-03	30c	12-Sep-03			█			
1.5.2	Construcción de lumbrera rectangular de empuje de 5.00 x 8.00 mts.	25-Jul-03	30c	23-Ago-03		█				
1.5.2	Construcción de lumbrera rectangular de empuje de 5.00 x 8.00 mts.	02-Sep-03	30c	01-Oct-03				█		
1.5.2	Construcción de lumbrera rectangular de empuje de 5.00 x 8.00 mts.	22-Sep-03	30c	21-Oct-03				█		
1.5.3	Bombeo evector para abatir el nivel freático en lumbreras.	26-Jun-03	16c	11-Jul-03		█				
1.5.3	Bombeo evector para abatir el nivel freático en lumbreras.	17-Jul-03	16c	01-Ago-03			█			
1.5.3	Bombeo evector para abatir el nivel freático en lumbreras.	06-Ago-03	16c	21-Sep-03				█		
1.5.3	Bombeo evector para abatir el nivel freático en lumbreras.	25-Ago-03	16c	09-Sep-03					█	

Clave	Concepto	Inicia	Dura	Termina	2003				
					Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
1.5.3	Bombeo evector para abatir el nivel freático en lumbreras.	14-Sep-03	16c	29-Sep-03					
1.6.1	Fabricación, suministro y colocación de señales informativas de 60 x 180 cms.	21-Jun-03	130c	28-Oct-03					
1.6.2	Fabricación, suministro y colocación de señales informativas de 61 x 61 cms.	21-Jun-03	130c	28-Oct-03					
1.6.3	Fabricación, suministro y colocación de señal preventiva de 61 x 61 cms.	21-Jun-03	130c	28-Oct-03					
1.6.4	Fabricación, suministro y colocación de señal informativa de 60 x 180 cms.	21-Jun-03	130c	28-Oct-03					
1.6.5	Fabricación, suministro y colocación de barrera de protección de obra de 140 x 244 cms.	21-Jun-03	130c	28-Oct-03					
1.6.6	Fabricación, suministro y colocación de boya para protección de obra con varilla corrugada de 1/2" Ø y base de concreto hidráulico de 30 x 30 x 30 cm.	21-Jun-03	130c	28-Oct-03					
1.6.7	Suministro y colocación de lámpara para iluminación nocturna de obra de 1000 watts.	21-Jun-03	130c	28-Oct-03					
1.6.8	Suministro e instalación de varilla corrugada de 1/2" Ø para pasos peatonales.	21-Jun-03	130c	28-Oct-03					

5.3 Programa de obra para la terminación del túnel y captación.

No	DESCRIPCION	DURA- CION	UNI- DAD	CANTI- DAD	JUNIO							JULIO			OBSERVACIONES										
					14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		24	25	26	27	28	29	30	1	2	3
1.0	Terminación total de L4A	17 días	Conjunto	1.00																					Falta coloc. de tubos 4" terminar de colocar el muro perimetral
2.0	Retiro de bardas L4, L3	2 días	Conjunto	1.00																					
3.0	Retiro de confinamiento de la L4A	1 día	Conjunto	1.00																					
4.0	Retiro de bardas L2	1 día	Conjunto	1.00																					
5.0	Terminar relleno de L1 (retiro de tablas, Resituir guarniciones y asfalto)	18 días	Conjunto	1.00																					Falta tapan baches por confinamiento y reabrir viabilidad al 100%
<b>LUMBRERA ADOSADA CON ESTRUCTURA DE CONTROL</b>																									
6.0	Terminación de colados de lumbrera adosada	18 días	Conjunto	1.00																					
7.0	Llegada y colocación de 1ra compuerta 2.0x2.0 m	13 días	pza	1.00																					
8.0	Llegada y colocación de 2da compuerta 2.0x2.0 m	9 días	pza	1.00																					
9.0	Demolición de muro de lumbrera 4 para conexión de colector de 2.44m φ	6 días	Conjunto	1.00																					Incluye instalación de mecanismos
10.0	<b>CAPTACION COLECTOR LAS BOMBAS</b> Construcción de caja de captación para colector de 1.22m diámetro. Y captación de colector de 0.61 m de diámetro	17 días	pza	1.00																					Incluye instalación de mecanismos Demolición en área de Galería a 15 cm de profundidad
<b>TRABAJOS COMPLEMENTARIOS</b>																									
11.0	Construcción de la barda perimetral y zona verde en la lumbrera 4 CN - CCH	17 días	conjunto	1.00																					Incluye portones y pintura
12.0	Retiro de casetas hacia el frente de la obra para concluir jardinado en la L4 CN-CCH	2 días	conjunto	1.00																					
13.0	Revelación y repavimentación entre ( L1 y L2 )	16 días	conjunto	1.00																					Falta bacheo y resitución de guarnición y banquetta
14.0	Reposición de jardines (incluye retiro de tablas-taca L Adosada) en la L4 CN-CCH.	3 días	conjunto	1.00																					

Avance programado

Avance real



# CONCLUSIÓN



ENEP ARAGÓN

## CONCLUSIÓN

La ampliación del interceptor Canal Nacional – Canal de Chalco esta contemplada como parte del plan Maestro del drenaje profundo de la ciudad de México. Con este tramo de túnel se operarán 166 km de drenaje profundo.

La Ciudad de México cuenta actualmente con un sistema de drenaje basándose en túneles profundos y semiprofundos con los que se ha podido captar y evacuar, en conjunto las aguas negras y pluviales. Una de las ventajas más importantes de un sistema profundo es que no está sujeto a los grandes asentamientos diferenciales que han dañado frecuentemente al drenaje superficial, lo que causa fuertes inundaciones.

En el tramo de la lumbrera L2 hasta a la lumbrera L4A se tenía en la mayoría del perfil estratigráfico fue de arcilla, por lo que facilitó el avance de hincado de tubería de concreto reforzado de manera constante, a diferencia del tramo de la lumbrera L4 a la lumbrera L2, cuya capa de arena oscura, dificultó el avance tanto que hubo la necesidad de construir las dos lumbreras rectangulares adicionales, como fueron la L1' y L1'', en consecuencia se amplió el programa de obra.

Este proceso constructivo se llevo a cabo en la vialidad, manteniendo sin afectación a la infraestructura de servicios básicos (luz, agua, y transportes).

La ventaja del método de tubo hincado es que se reduce considerablemente el volumen del manejo de los materiales, producto de la excavación ya que únicamente se considera el material producto de la excavación del túnel así como el de las lumbreras, evitando el retiro y suministro de los materiales de acostillado que por el método tradicional fuera necesario.

Se contó con un sistema de bombeo eyector para poder abatir el nivel freático del suelo, durante el proceso de excavación mediante cuatro pozos de 4" de diámetro hasta el nivel máximo de excavación.

Se conducirá un gasto de  $10.86 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , con una pendiente de  $0.00073 \text{ m}$ .

Con la realización de esta tesis se pretenden dar a conocer nuevas experiencias laborales que la escuela no se habrían podido tener, algunas gratas y unas no tanto como los cortos eléctricos que se produjeron en el interior del túnel, que afortunadamente no hubo una consecuencia mayor. El principal problema del retraso del túnel fue que el escudo no contaba con algún sello que impidiera la filtración de la arena oscura hacia el interior del escudo. Se instaló un fleje de laminas delgadas, pero no resultó, finalmente se colocó sello de neopreno junto con ocho graseras en el área perimetral del escudo.

Esperó que este trabajo de investigación sirva para las nuevas generaciones de ingeniería civil. Y a los que se dediquen a desarrollar este método de tubo hincado, tengan presente las diferentes dificultades que se enfrentan por el tipo de suelo y el buen sellado del escudo, para no tener retrasos en la construcción de túneles.

Este trabajo me deja una satisfacción de aprender los conocimientos teóricos y prácticos como son el proceso constructivo de las lumbreras y el hincado de tubería, así como clasificar la estratigrafía durante la excavación, también de tomar las medidas necesarias antes y durante la excavación de las lumbreras, se debe contar con un escudo perfectamente sellado para impedir la filtración del nivel freático.

El Interceptor Canal Nacional – Cañal de Chalco de la lumbrera 4 a la lumbrera 4A, fue inaugurado el 12 de Julio de 2004, por el Jefe de Gobierno de la Ciudad de México, posteriormente continuaron los últimos detalles para el cierre del finiquito de la obra.

ANEXOS



ENEP ARAGÓN

EJEMPLOS DE REPORTES  
MENSUALES DE PERSONAL  
MAQUINARIA Y EQUIPO.



ENEP ARAGÓN



MES: ENERO DEL 2004.

OBRA: CONSTRUCCION DE 1,140 32 M DEL TRAMO DE LA L4-L4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL-CANAL DE CHALCO  
 UBICACION: EJE 3 ORIENTE CALZADA DE LA VIRGEN Y CALZADA DE LAS BOMBAS

TRAMO: L4 - L4A.  
 LUMBRERA 1

**REPORTE MENSUAL DE PERSONAL**

	VIERNES 16	SABADO 17	DOMINGO 18	LUNES 19	MARTES 20	MIERCOLES 21	JUEVES 22	VIERNES 23	SABADO 24	DOMINGO 25	LUNES 26	MARTES 27	MIERCOLES 28	JUEVES 29	VIERNES 30	SABADO 31
CONCEP (C)	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T 2 <sup>o</sup> T
SORBESTANTE GENERAL																
SORBESTANTE MECANICO																
CARO	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00							
OP. ESQUDO																
OP. MAG. MAYOR	1.00	1.00	1.00			1.00	1.00	1.00	1.00							
OP. MAG. MENOR																
OF. SOLDADOR	2.00	2.00	1.00		2.00	1.00		1.00								
OF. ELECTRICISTA																
OF. PERFORISTA																
OF. MECANICO																
OF. INYECTISTA																
OF. BOMBERO																
OF. MANIOBRISTA	1.00		1.00													
OF. ALBAÑIL																
OP. U. POTENCIA																
OP. TOLVA																
OF. FERRERO																
AYUDANTE MECANICO																
AYUDANTE FERRERO																
AYUDANTE GENERAL	6.00	9.00	6.00	5.00	4.00	6.00	6.00	2.00	8.00	2.00	1.00					
BANDERERO																
TOPOGRAFO																
CADENERO																

MES: FEBRERO DEL 2004

OBRA: CONSTRUCCION DE 1.740.32 M DEL TRAMO DE LA L4-L4A DEL COLECTOR SEMIPROFUNDO CANAL NACIONAL-CANAL DE CHALCO  
 UBICACION: EJE 3 ORIENTE ENTRE CALZADA DE LA VIRGEN Y CALZADA DE LAS BOMBAS  
 CONSTRUCTORA: MICROTUNEL, S. A. DE C. V.  
 CONTRATO: 06-PO-SA-20-0175-1-03

TRAMO: L4 - L4A  
 LUMBRERA 1

REPORTE MENSUAL DE PERSONAL

CONCEPTO	DOMINGO		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>
SOBRESTANTE GENERAL																
SOBRESTANTE MECANICO																
CABO																
OP. ESCUDO																
OP. MAQ. MAYOR																
OP. MAQ. MENOR																
OF. SOLDADOR																
OF. ELECTRICISTA																
OF. PERFORISTA																
OF. MECANICO																
OF. INYECTISTA																
OF. BOMBERO																
OF. MANIOBRISTA																
OF. ALBANIL																
OP. U. POTENCIA																
OP. TOLVA																
OF. FERRERO																
AYUDANTE MECANICO																
AYUDANTE FERRERO																
AYUDANTE GENERAL																
BANDERERO																
TOPOGRAFO																
CADENERO																



MES: FEBRERO DEL 2004

OBRA: CONSTRUCCION DE 1,140.32 M DEL TRAMO DE LA L4-L4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL-CANAL DE CHALCO  
 UBICACION: EJE 3 ORIENTE ENTRE CALZADA DE LA VIRGEN Y CALZADA DE LAS BOMBAS

TRAMO: L4 - L4A  
 LUMBRERA 1

REPORTE MENSUAL DE PERSONAL

CONCEPTO	LUNES 16		MARTES 17		MIERCOLES 18		JUEVES 19		VIERNES 20		SABADO 21		DOMINGO 22		LUNES 23		MARTES 24		MIERCOLES 25		JUEVES 26		VIERNES 27		SABADO 28		DOMINGO 29		
	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	
SOBRESTANTE GENERAL																													
SOBRESTANTE MECANICO																													
CABO									1.00							1.00													
OP. ESCUDO																													
OP. MAQ. MAYOR																													
OP. MAQ. MENOR																													
OF. SOLDADOR																													
OF. ELECTRICISTA										1.00																			
OF. PERFORISTA																													
OF. MECANICO																													
OF. INYECTISTA																													
OF. BOMBERO																													
OF. MANOBRISTA																													
OF. ALBANIL																													
OF. U. POTENCIA																													
OF. TOLVA																													
OF. FERRERO																													
AYUDANTE MECANICO																													
AYUDANTE FERRERO																													
AYUDANTE GENERAL										3.00																			
BANDERERO																													
TOPOGRAFO																													
CADENERO																													

MES: MARZO DEL 2004

OBRA: CONSTRUCCION DE 1,140.32 M DEL TRAMO DE LA L4-L4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL.- CANAL DE CHALCO.  
UBICACIÓN: EJE 3 ORIENTE ENTRE CALZADA DE LA VIRGEN Y CALZADA DE LAS BOMBAS.

TRAMO: L4-L4A  
LUMBRERA 1

REPORTE MENSUAL DE PERSONAL

CONCEPTO	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO		LUNES	
	1 <sup>o</sup> T	2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T	2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T	2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T	2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T	2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T	2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T	2 <sup>o</sup> T	1 <sup>o</sup> T	2 <sup>o</sup> T
SOBRESTANTE GENERAL																
SOBRESTANTE MECANICO																
CABO		1.00				0.25		1.00		1.00		1.00				
OP. ESCUDO																
OP. MAQ. MAYOR		1.00				1.00		1.00		1.00		1.00				
OP. MAQ. MENOR								1.00		1.00		1.00				
OP. SOLDADOR								1.00		0.50		3.00		1.00		
OP. ELECTRICISTA																
OP. PERFORISTA																
OP. MECANICO																
OP. INYECTISTA																
OP. BOMBERO																
OP. MANIOBRISTA																
OP. U. POTENCIA																
OP. TOLVA																
OP. FERRERO																
AYUDANTE MECANICO																
AYUDANTE FERRERO																
AYUDANTE GENERAL		2.00						1.00		3.00		3.00				
BANDERERO										1.00						
TOPOGRAFO																
CADENERO																

MES: MARZO DEL 2004.

OBRA: CONSTRUCCION DE 1,140.32 M DEL TRAMO DE LA L44 DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL CANAL DE CHALCO  
 UBICACION: EJE 3 ORIENTE CALZADA DE LA VIRGEN Y CALZADA DE LAS BOMBAS

TRAMO: L4 - L4A  
 LUMBRERA 1

REPORTE MENSUAL DE PERSONAL

CONCEPTO	MARTES 16		MIÉRCOLES 17		JUEVES 18		VIERNES 19		SABADO 20		DOMINGO 21		LUNES 22		MARTES 23		MIÉRCOLES 24		JUEVES 25		VIERNES 26		SABADO 27		DOMINGO 28		LUNES 29		MARTES 30		MIÉRCOLES 31			
	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>				
SOBRESTANTE GENERAL																																		
SOBRESTANTE MECANICO																																		
CABO																																		
OP. ESCUDO																																		
OP. MAQ. MAYOR																																		
OP. MAQ. MENOR																																		
OF. SOLDADOR																																		
OF. ELECTRICISTA																																		
OF. PERFORISTA																																		
OF. MECANICO																																		
OF. INYECTISTA																																		
OF. BOMBERO																																		
OF. MANOBRISTA																																		
OF. ALBAÑIL																																		
OP. U. POTENCIA																																		
OP. TOLVA																																		
OF. FIERRO																																		
AYUDANTE MECANICO																																		
AYUDANTE FIERRO																																		
AYUDANTE GENERAL																																		
BANDERERO																																		
TOPOGRAFO																																		
CADENERO																																		

MES: ABRIL DEL 2004

OBRA: CONSTRUCCION DE 1.140 32 M DEL TRAMO DE LA L4-L4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL-CANAL DE CHALCO  
UBICACION: IE 3 ORIENTE ENTRE CALZADA DE LA VIRGEN Y CALZADA DE LAS BOMBAS.

TRAMO: L4-L4A.  
LUMBREKA 1

**REPORTE MENSUAL DE PERSONAL**

CONCEPTO	JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
SOBRESTANTE GENERAL																																	
SORRESTANTE MECANICO		0.50																															
CARO			1.00	1.00	1.00	1.00																											
OP ESCUDO																																	
OP MAQ MAYOR			1.00	2.00		0.17																											
OP MAQ MENOR					1.00	1.00																											
OF SOLDADOR																																	
OF ELECTRICISTA		0.50																															
OF PERFORISTA									1.00	1.00	1.00																						
OF MECANICO		0.75																															
OF INYECTISTA		1.00								1.00																							
OF BOMBERO		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
OF MANIOBRISTA																																	
OF AL RANIL																																	
OP LI POTENCIA																																	
OP TOLVA																																	
OP FERRERO																																	
AYUDANTE MECANICO																																	
AYUDANTE FERRERO																																	
AYUDANTE GENERAL		4.00	4.00	5.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
BANDERERO		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
TOPOGRAFO																																	
CADENERO																																	

EJEMPLOS DE REPORTES MENSUALES DE PERSONAL, MAQUINARIA Y EQUIPO

MES: ABRIL DEL 2004.

OBRA: CONSTRUCCION DE 1.140.32'M DEL TRAMO DE LA L4-L4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL-CANAL DE CHALCO.  
UBICACIÓN: EJE 3 ORIENTE ENTRE CALZADA DE LA VIRGEN Y CALZADA DE LAS BOMBAS.

TRAMO: L4-L4A  
LUMBRERA 1

REPORTE MENSUAL DE PERSONAL

CONCEPTO	VIERNES 16		SABADO 17		DOMINGO 18		LUNES 19		MARTES 20		MIÉRCOLES 21		JUEVES 22		VIERNES 23		SABADO 24		DOMINGO 25		LUNES 26		MARTES 27		MIÉRCOLES 28		JUEVES 29		VIERNES 30			
	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T	1ª T	2ª T		
SOBRESTANTE GENERAL																																
SOBRESTANTE MECANICO	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
CABO	1.00	1.00	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
OP. ESCUDO																																
OP. MAQ. MAYOR	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
OP. MAQ. MENOR	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
OP. SOLDADOR	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
OP. ELECTRICISTA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
OP. PERFORISTA																																
OP. MECANICO																																
OP. INYECTISTA																																
OP. BOMBERO	1.00																															
OP. MANOBRISTA																																
OP. AL RAMIL																																
OP. U. POTENCIA	1.00																															
OP. TOLVA																																
OP. FERRERO																																
AYUDANTE MECANICO	3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00	
AYUDANTE FERRERO																																
AYUDANTE GENERAL	6.00	5.00	11.00	6.00	6.00	8.00	5.00	12.00	6.00	12.00	6.00	9.00	5.00	8.00	6.00	5.00	7.00	11.00	6.00	11.00	6.00	9.00	5.00	6.00	11.00	6.00	11.00	6.00	12.00	2.00		
BANDERERO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
TOPOGRAFO																																
CADENERO																																

REPORTE DE MAQUINARIA Y EQUIPO

OBRA: CONSTRUCCION DE 1,140.32 M DEL TRAMO DE LA L4-L4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONALES - CANAL DE CHALCO

TRAMO: LUMBRERA 1  
 TURNO: PRIMERO Y SEGUNDO  
 FECHA: 07 Y 08 DE ENERO 2004

No.	EQUIPO Y/O MAQUINARIA	CANTIDAD	FRETE	ACTIVIDAD	HORAS		OBSERVACIONES
					ACTIVAS	INACTIVAS	
	07-Ene-04						
1	GRUA TELESCOPICA 80 TON	1.00	L-1	MOVIMIENTO DE EQUIPO	13.00		
2	CARRO MECANICO	1.00	L-1	ACARREO DE MATERIAL	8.00		
3	BOMBA SUMERGIBLE 2"Ø	2.00	L-1	BOMBEO DE ACHIQUE	18.00		INTERIOR DEL TUNEL Y FONDO DE L-1
4	BOMBA SUMERGIBLE 5 HP	1.00	L-1	BOMBEO DE ACHIQUE	9.00		INTERIOR DEL TUNEL
5	HERRAMIENTA MENOR		L-1	APOYO PARA ACTIVIDADES			
	08-Ene-04						
1	GRUA TELESCOPICA 60 TON	1.00	L-1	MOVIMIENTO DE EQUIPO	14.00		
2	CARRO MECANICO	1.00	L-1	ACARREO DE MATERIAL	9.00		
3	BOMBA SUMERGIBLE 2"Ø	2.00	L-1	BOMBEO DE ACHIQUE	16.00		
4	BOMBA SUMERGIBLE 5 HP	1.00	L-1	BOMBEO DE ACHIQUE	15.00		
5	CARGADOR FRONTAL	1.00	L-1	ACARREO DE MATERIAL	2.00		
6	HERRAMIENTA MENOR		L-1	APOYO PARA ACTIVIDADES			

HORAS INACTIVAS: ESPERA, MANTENIMIENTO, REPARACION, CAMBIO TURNO, COMIDA, OCIOSAS, ETC.

REPORTE DE MAQUINARIA Y EQUIPO

OBRA: CONSTRUCCION DE 1,140.32 M DEL TRAMO DE LA L.L.4.A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL - CANAL DE CHALCO  
 TRAMO: LUMBRERA 1  
 TURNO: PRIMERO Y SEGUNDO  
 FECHA: 16 Y 22 Y 23 Y 29 DE FEBRERO

No.	EQUIPO Y/O MAQUINARIA	CANTIDAD	FRETE	ACTIVIDAD	HORAS		OBSERVACIONES
					ACTIVAS	INACTIVAS	
16 Y 22 FEBRERO 2004							
1	BOMBA SUMERGIBLE 2"Ø	1.00	L-1	BOMBEO DE ACHIQUE	8.00		
2	GRUA TELESCOPICA DE 60 TON	1.00	L-1	MOVIMIENTO DE EQUIPO Y MATERIAL	1.00		
3	HERRAMIENTA MENOR	1.00	L-1				
23 Y 29 FEBRERO 2004							
1	BOMBA SUMERGIBLE 2"Ø	1.00	L-1	BOMBEO DE ACHIQUE	24.00		
2	PERFORADORA BERETTA	1.00	L-1	PERFORACION DE BARRENOS	36.00		
3	BOMBA MOYNO	2.00	L-1	INYECCION DE BARRENOS	36.00		
4	AGITADORES	2.00	L-1	INYECCION DE BARRENOS	36.00		
5	GRUA TELESCOPICA DE 60 TON	1.00	L-1	MOVIMIENTO DE EQUIPO Y MATERIAL	1.00		
6	EQUIPO DE TOPOGRAFIA	1.00	L-1	TRAZO DE BARRENOS	5.00		

HORAS INACTIVAS: ESPERA, MANTENIMIENTO, REPARACION, CAMBIO TURNO, COMIDA, OCIOSAS, ETC.

REPORTE DE MAQUINARIA Y EQUIPO

OBRA: CONSTRUCCION DE 1.140.32.M DEL TRAMO DE LA L4-L4A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL - CANAL DE CHALCO

TRAMO: LUMBRERA 1  
 TURNO: PRIMERO Y SEGUNDO  
 FECHA: 02 Y 03 DE NOVIEMBRE 2003

No.	EQUIPO Y/O MAQUINARIA	CANTIDAD	FRENTES	ACTIVIDAD	HORAS		OBSERVACIONES
					ACTIVAS	INACTIVAS	
1	1er AGITADORES	2.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	0.00	11.00	SUSPENDIDO POR FALTA DE AGUA
2	1er BOMBA MOYNO	1.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	0.00	11.00	SUSPENDIDO POR FALTA DE AGUA
3	1er DEPOSITO PIAGUA	1.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	0.00	11.00	SUSPENDIDO POR FALTA DE AGUA
4	2do AGITADORES	2.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	0.00	11.00	SUSPENDIDO POR FALTA DE AGUA
5	2do BOMBA MOYNO	1.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	0.00	11.00	SUSPENDIDO POR FALTA DE AGUA
6	2do DEPOSITO PIAGUA	1.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	0.00	11.00	SUSPENDIDO POR FALTA DE AGUA
03 NOVIEMBRE 2003							
7	1er AGITADORES	2.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	5.00	6.00	SUSPENDIDO POR TAPARSE LA JERINGA HASTA LAS 15.00 HORAS
8	1er BOMBA MOYNO	1.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	5.00	6.00	SUSPENDIDO POR TAPARSE LA JERINGA HASTA LAS 15.00 HORAS
9	1er DEPOSITO PIAGUA	1.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	5.00	6.00	SUSPENDIDO POR TAPARSE LA JERINGA HASTA LAS 15.00 HORAS
10	2do AGITADORES	2.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	7.30	3.30	SUSPENDIDO POR POR CORTO CIRCUITO
11	2do BOMBA MOYNO	1.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	7.30	3.30	SUSPENDIDO POR CORTO CIRCUITO
12	2do DEPOSITO PIAGUA	1.00	L-1'	INYECCION DE MEZCLA FLUIDA EN PORTAL DE SALIDA	7.30	3.30	SUSPENDIDO POR CORTO CIRCUITO

HORAS INACTIVAS: ESPERA, MANTENIMIENTO, REPARACION, CAMBIO TURNO, COMIDA, OCIOSAS, ETC.



REPORTE DE MAQUINARIA Y EQUIPO

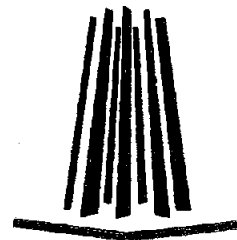
OBRA: CONSTRUCCION DE 1.140,32 M. DEL TRAMO DE LA L-14A DEL INTERCEPTOR CANAL NACIONAL - CANAL DE CHALCO

TRAMO: LUMBRERA 1  
 TURNO: UNICO  
 FECHA: 22 SEP - 30 SEP DEL 2003.

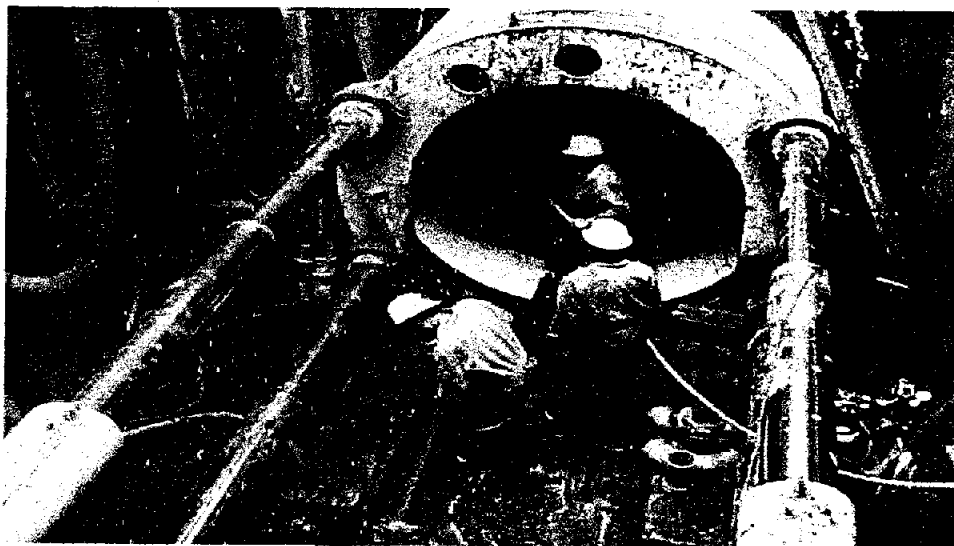
No.	EQUIPO Y/O MAQUINARIA	CANTIDAD	FRENTE	ACTIVIDAD	HORAS		OBSERVACIONES
					ACTIVAS	INACTIVAS	
1	DRAGA LINK BELT	1.00	L-1	MANOBRAS PARA TRANSPORTE	8.00		PARA TRANSPORTAR TUBOS DE CONCRETO DE Ø=2.41 M.
2	GRUA TELESCOPICA 60 TON	1.00	L-1	MOVIMIENTO Y TRASLADO DE MATERIAL	14.00		PARA TRANSPORTAR TUBOS
3	GRUA TELESCOPICA 45 TON	1.00	L-1	MOVIMIENTO Y TRASLADO DE MATERIAL	12.00		
4	EQUIPO DE CORTE	1.00	L-1	CORTE DE PLACAS DE ACERO	13.00		SE DESOLDAN Y CORTAN PLACAS Y PIEZAS PARA SOLDAR PIEZAS ESPECIALES
5	EQUIPO DE SOLDAR	2.00	L-1	SOLDANDO PLACAS DE ACERO	11.00		
6	GENERADOR DE 350 W	1.00	L-1	SUBMINISTRO DE ENERGIA			
7	UNIDAD DE POTENCIA	1.00	L-1	HINCADO DE TABLESTACA			
8	ROTOPARTILLO	1.00	L-1	DEMOLICION	10.00		SE ROMPE CONCRETO DE L-4
9	BOMBA 2 Ø ASHP	1.00	L-1	SE BOMBEA AGUA	12.00		TRANSPORTE DE AGUA PARA RESAGA DE MATERIAL
10	VIBROMARTILLO	1.00	L-1	HINCADO DE TABLESTACA	14.00		
11	MARTILLO ELECTRICO	1.00	L-1	DEMOLICION	9.00		HINCADO DESHINCADO DE TABLESTACAS
12	CARGADOR FRONTAL	1.00	L-1				
13	HERRAMIENTA MENOR		L-1	APOYO BASICO DE ACTIVIDADES			

HORAS INACTIVAS: ESPERA, MANTENIMIENTO, REPARACION, CAMBIO TURNO, COMIDA, OCIOSAS, ETC.

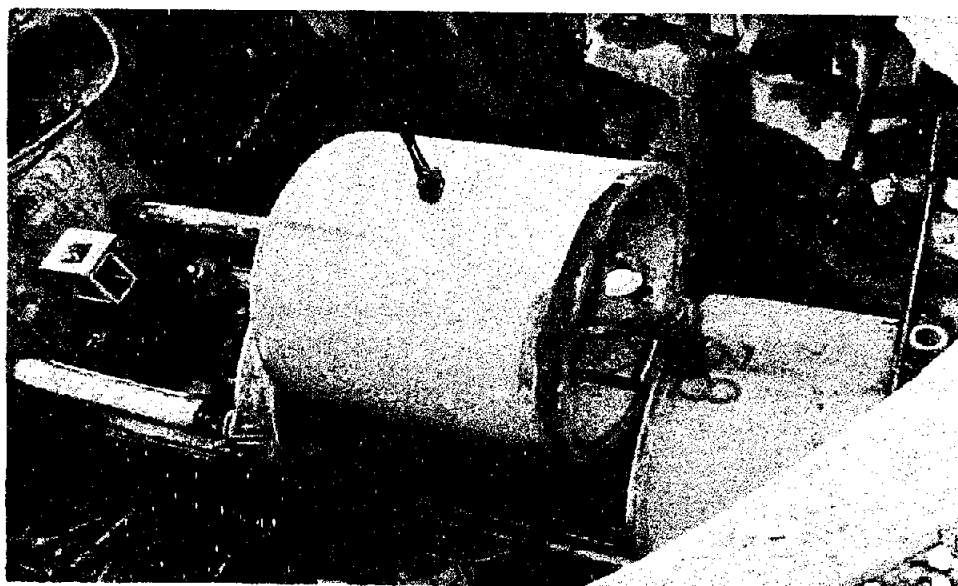
ÁLBUM FOTOGRÁFICO DEL  
PROCESO CONSTRUCTIVO



ENEP ARAGÓN



Empuje por medio de gatos hidráulicos.



Esta foto muestra el proceso constructivo de hincado de tubería, en un extremo del tubo de concreto reforzado se marca la numeración consecutiva de hincado de tubería, los gatos telescópicos están retraídos para permitir las maniobras del tubo, estando colocado abajo inician a extenderse los gatos telescópicos para hincar el tubo.



Antes de iniciar los trabajos de excavación para la construcción de la lumbrera, se debe realizar una cala de 2.50 m. de profundidad por 10.30 mts. de largo por 1m. De ancho, para verificar que no se encuentre ninguna tubería que interfiera en la excavación.



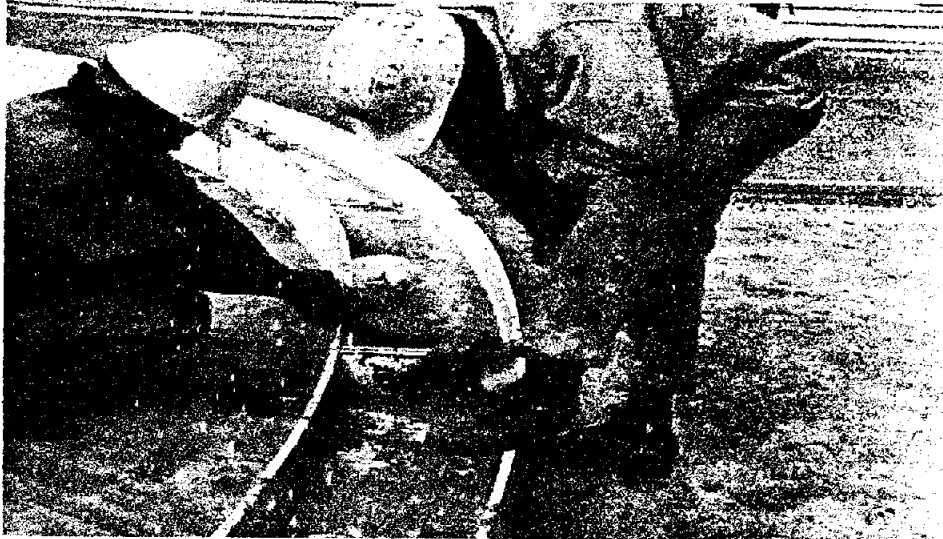
Después realizar la cala y sólo se localizó tubería de agua tratada, se puede observar el recorte de pavimento para la lumbrera circular y para el desvío de agua tratada.



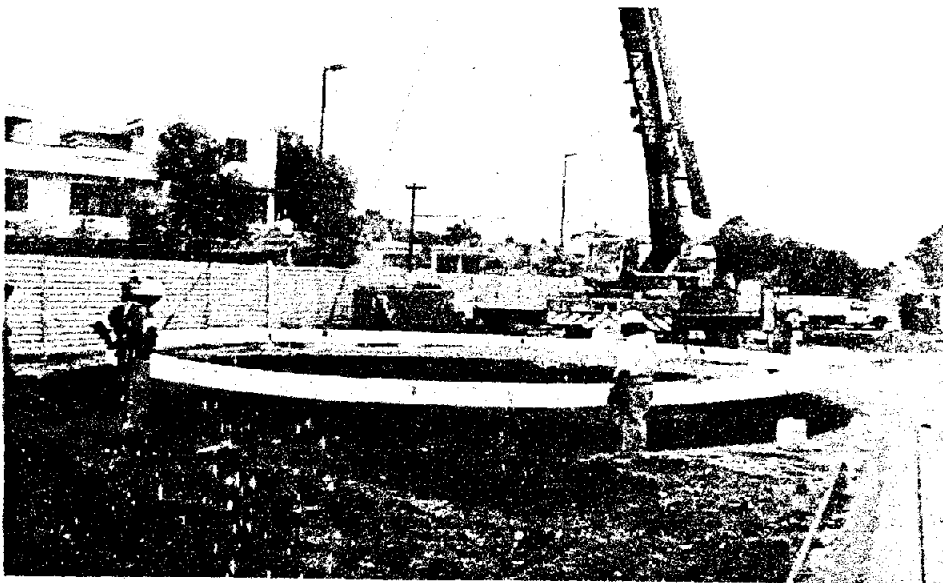
Excavación con retroexcavadora 225 LB en el perímetro de la lumbrera circular.



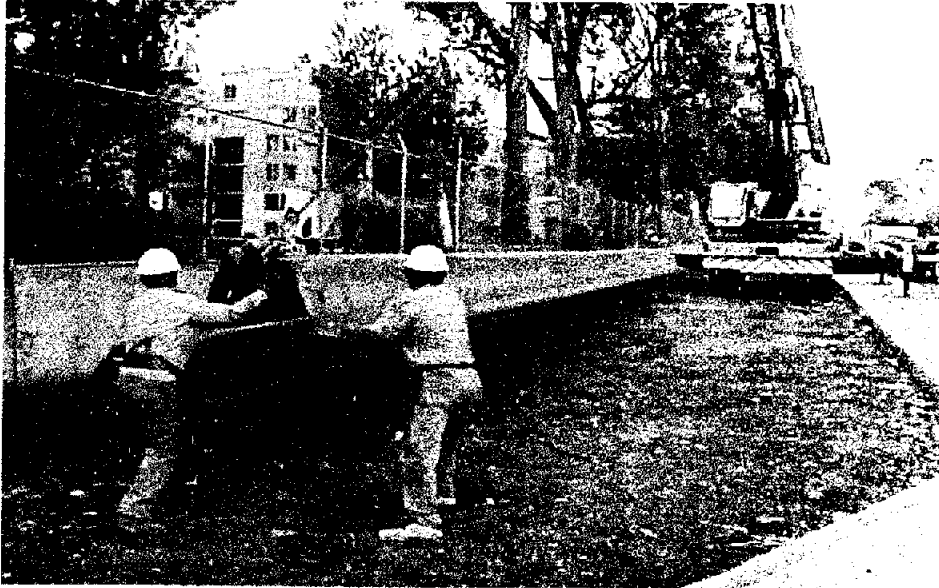
Afine de excavación a una profundidad de 2.00 m.



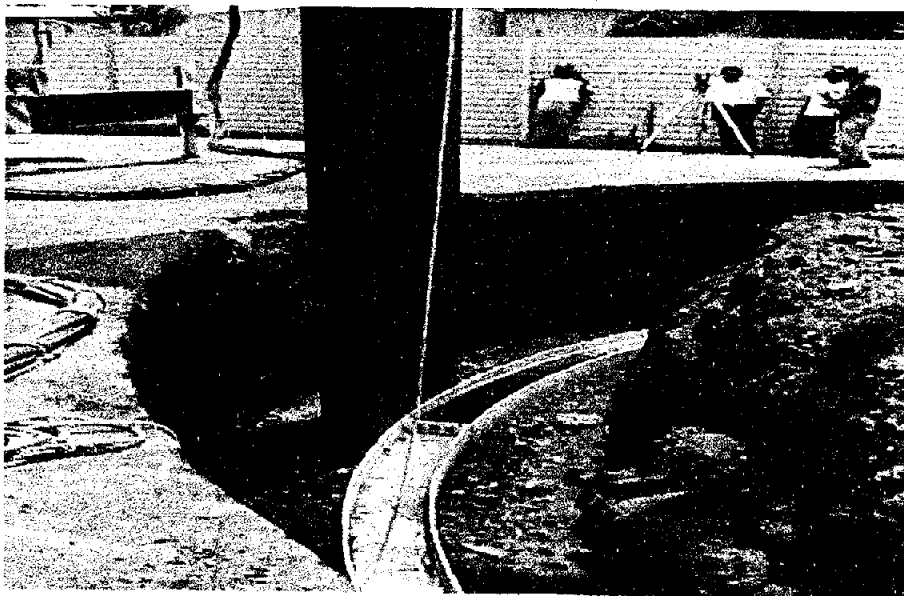
Se aseguró las tuercas para armar el anillo guía metálico.



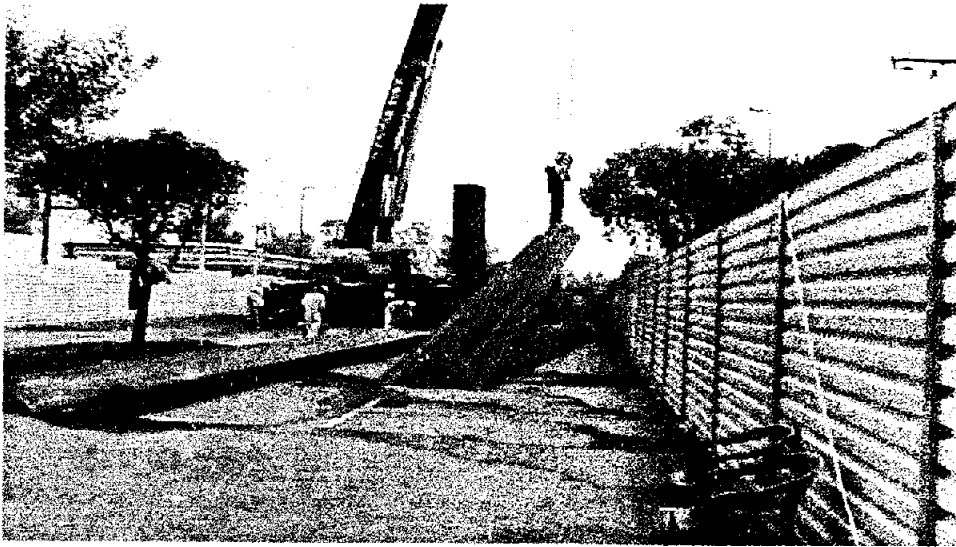
Después del afir.e de excavación a 2.00 m, se procede a bajar el anillo guía de perfil IPR 13" X 10".



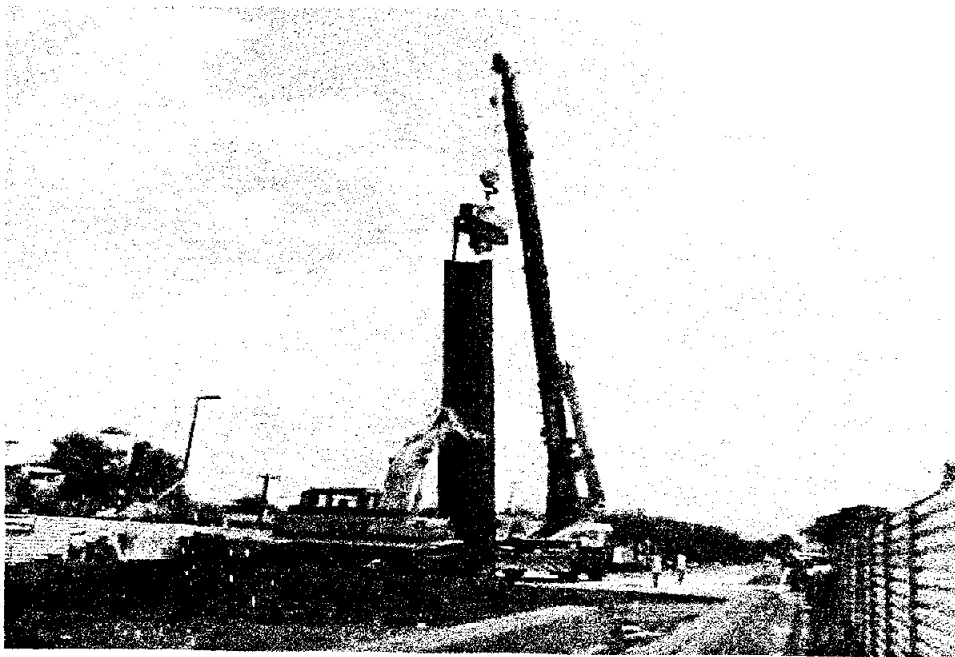
Suministro de tablestaca AZ de 18 m.



Hincado de tablestaca guiado con el anillo guía de perfil IPR.



La grúa realiza maniobras y colocarlas las tablestacas en forma vertical y así poder hincarlas.

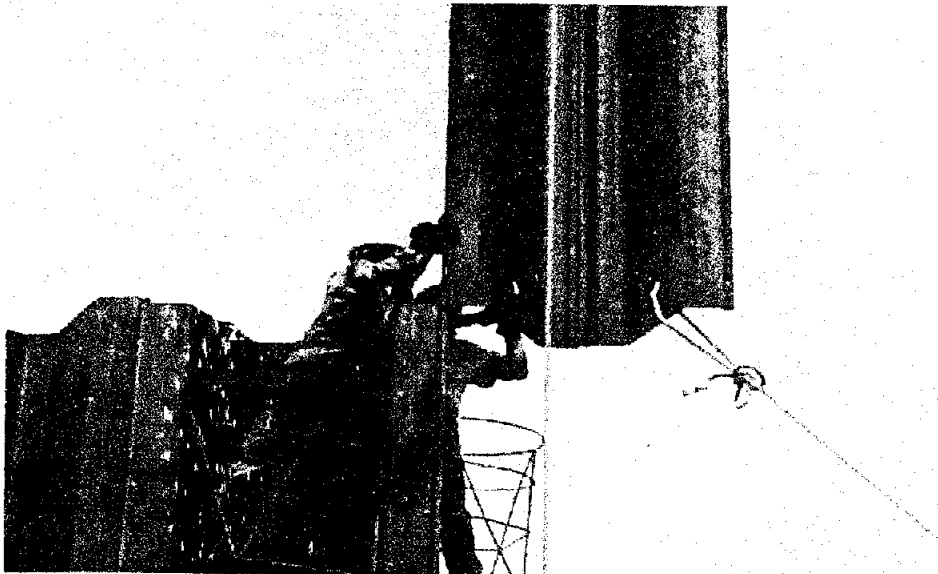


Hincado de tablestaca apoyada por una retroexcavadora y la grúa sostiene al vibromartillo.





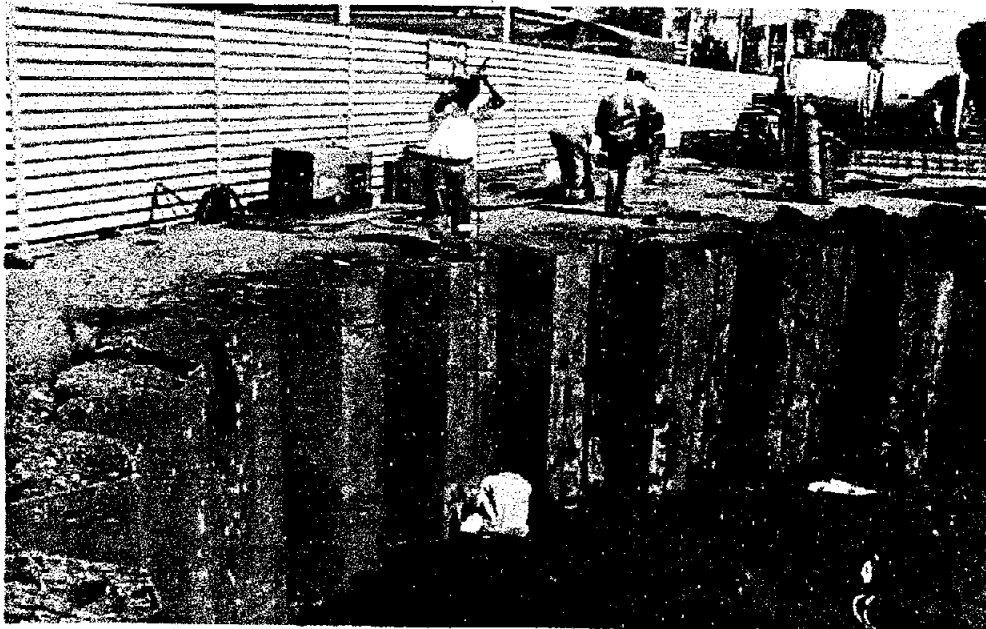
La tablestaca hincada a una profundidad de 18 m.



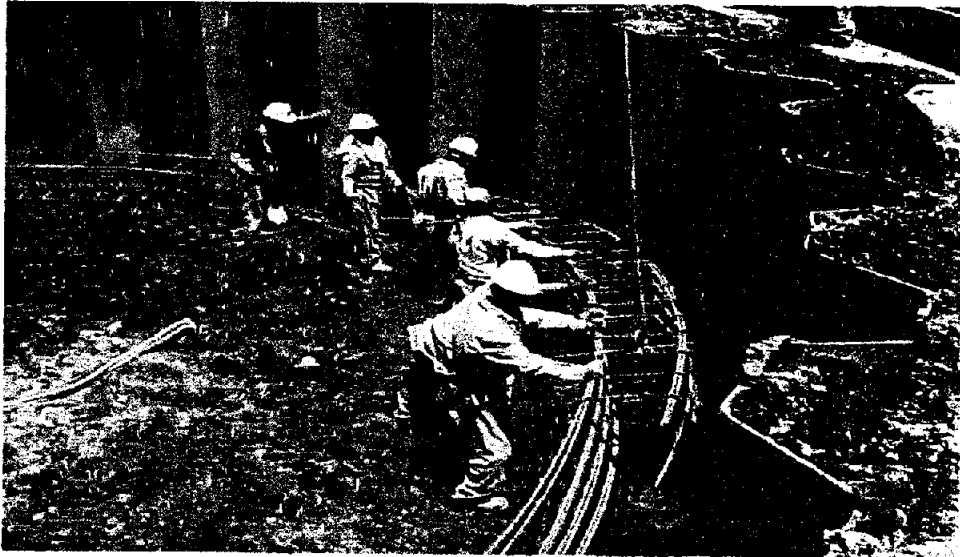
Machihembrado de tablestaca.



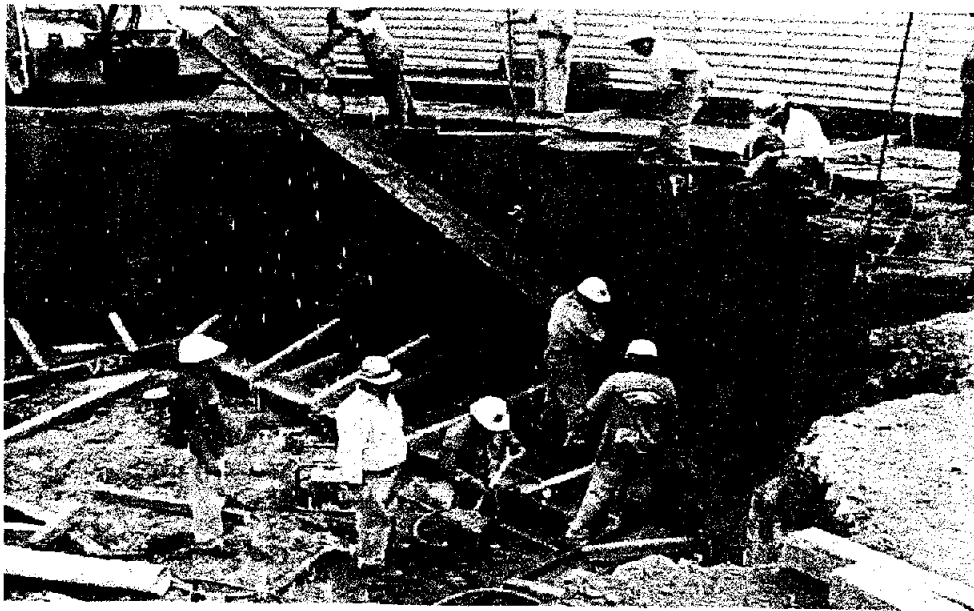
Terminado el hincado de tablestaca a una profundidad de 18 m. se procede la excavación y poder retirar el anillo guía



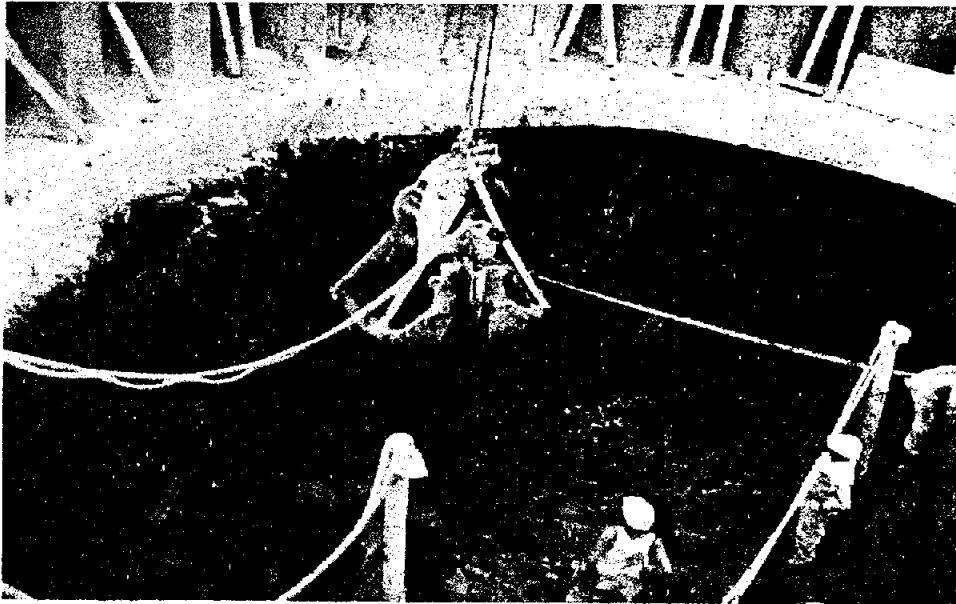
Se sacan niveles para marcar el primer anillo de concreto reforzado.



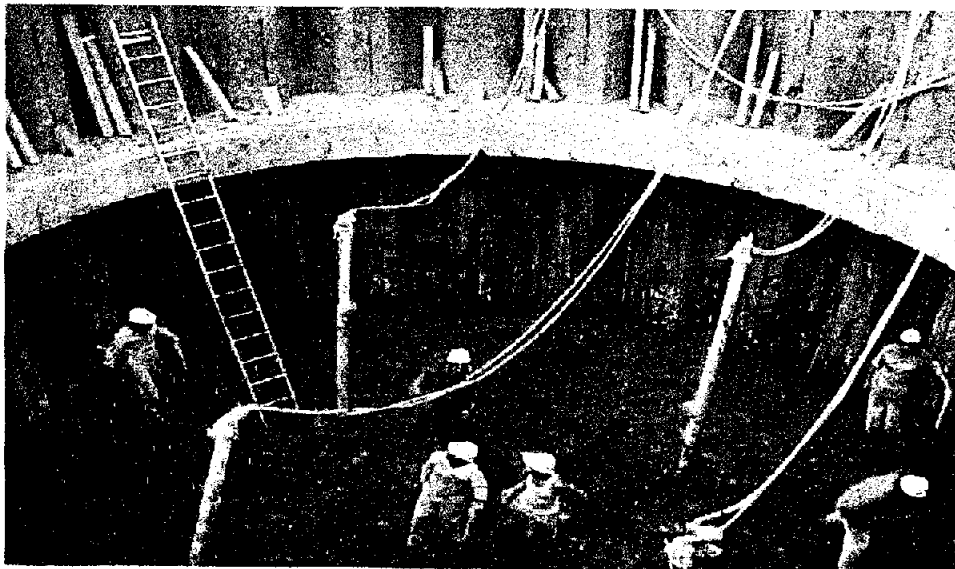
Se baja el armado del anillo perimetral.



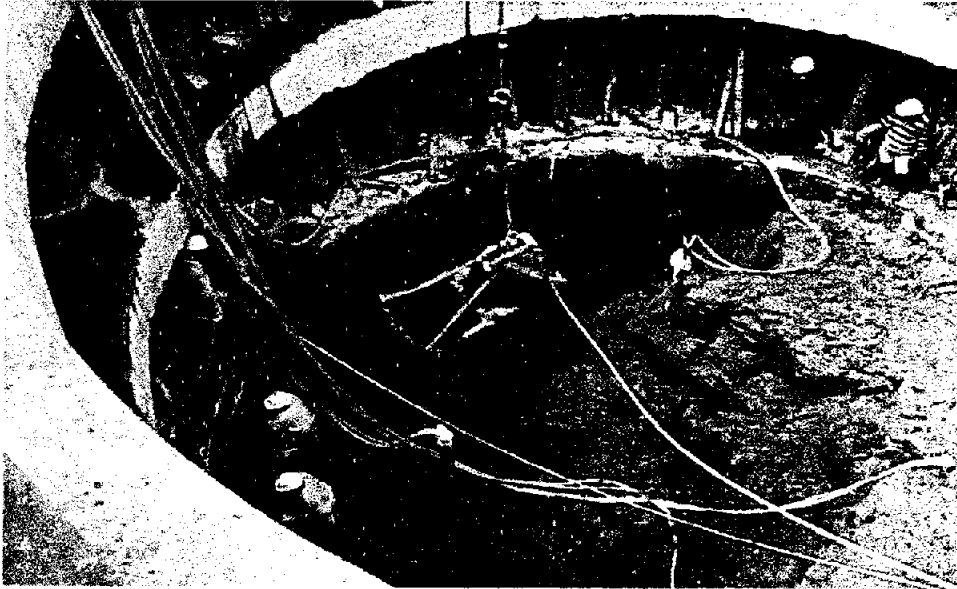
Colado del primer anillo de refuerzo con un  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y un t.m.a.  $3/4"$ .



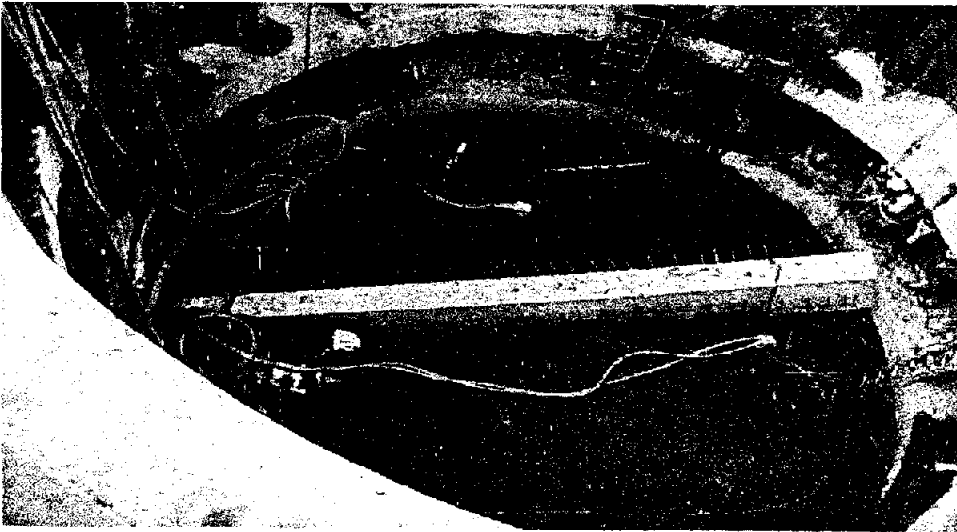
A una profundidad mayor de 3.00 m. se debe de emplear una almeja que sujeta por una draga.



Se puede observar en la foto cuatro pozos para el abatimiento del nivel freático.



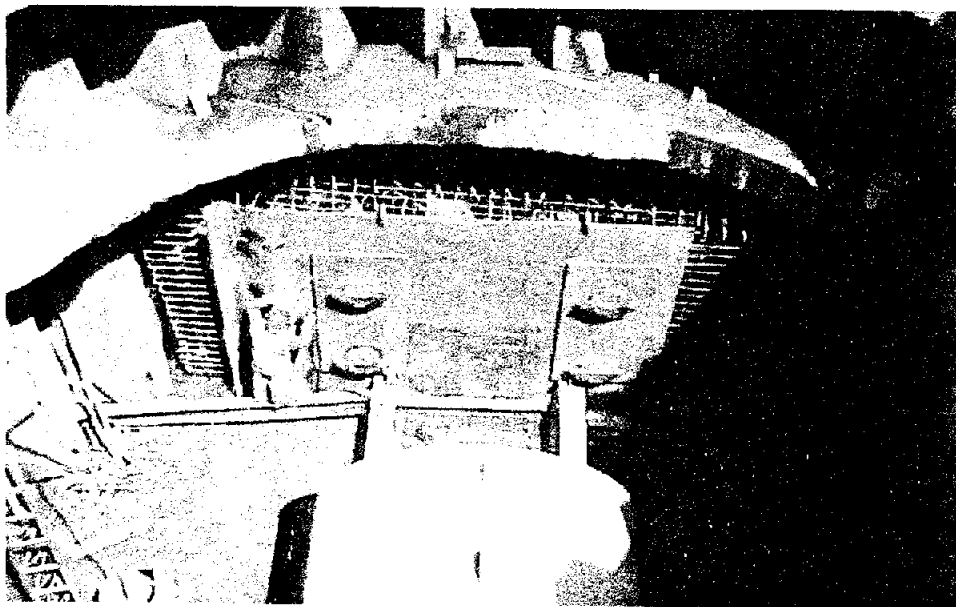
Continúa la excavación hasta llegar a una profundidad de 14.00 m.



Bajan la trabe precolada con dificultades para bajarla hasta el fondo de lumbrera.



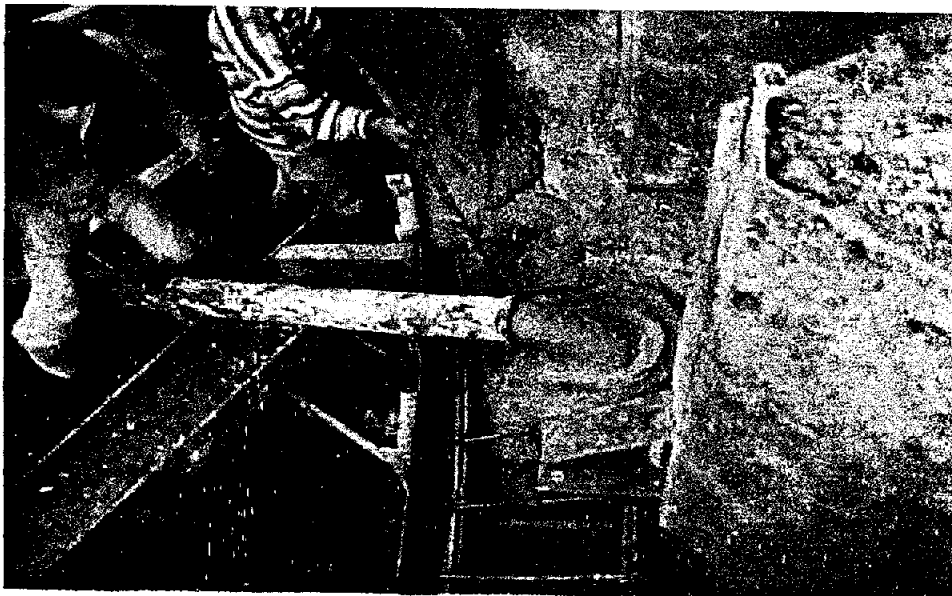
Así es como queda la trabe precolada que va unida a una viga IPR de 12" X 6" en el fondo de lumbrera.



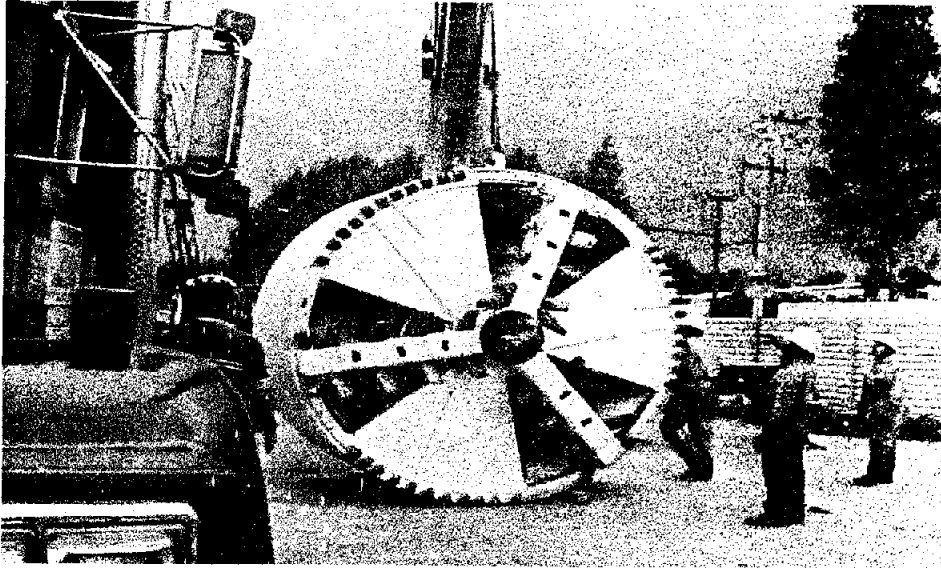
Preparación para el muro de reacción en el fondo de la lumbrera, se observa la placa de apoyo.



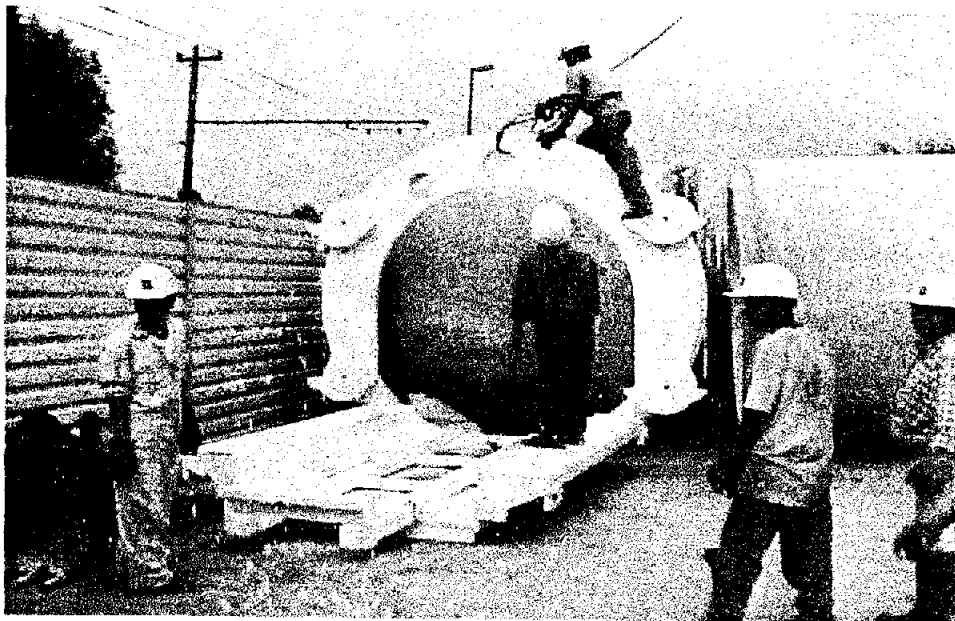
Ménsula de fijación con placa de 1 cm. de espesor y 4 anclas con varilla # 4, L=30 cm.



El colado para el anillo perimetral, se muestra la ménsula de apoyo que esta unida a la tablestaca por medio de soldadura.



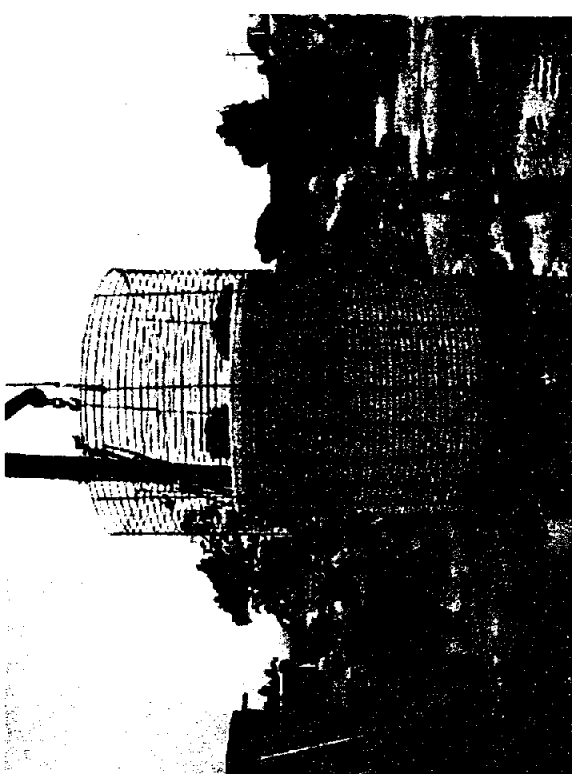
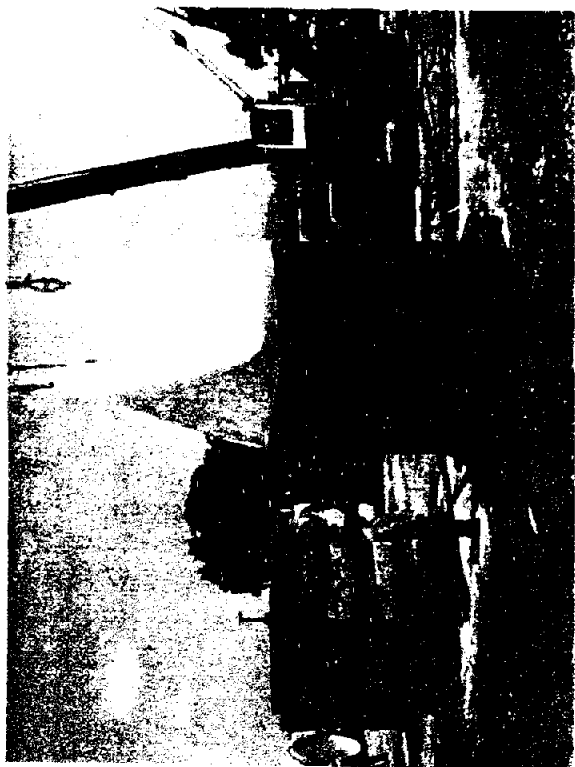
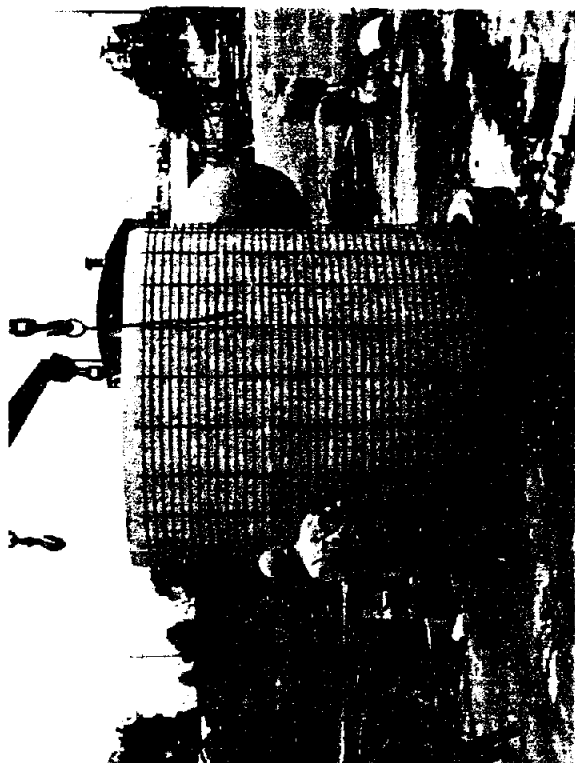
Ingreso a la obra el escudo electro hidráulico.



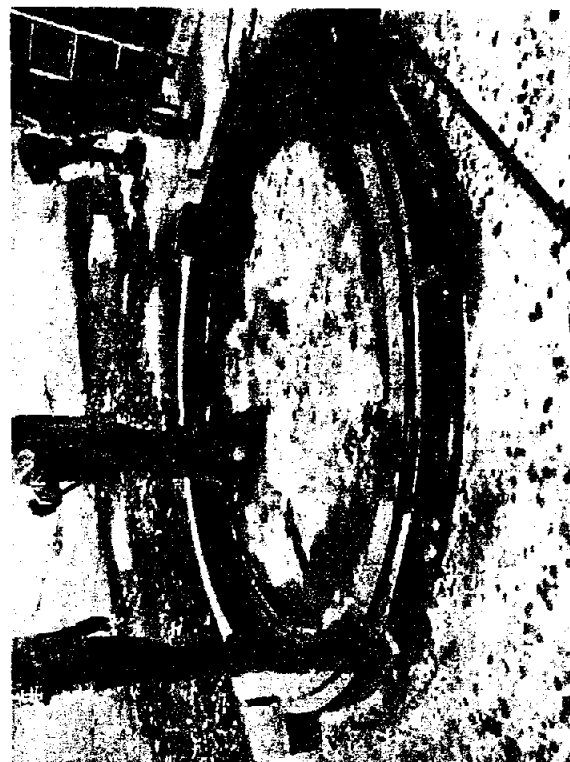
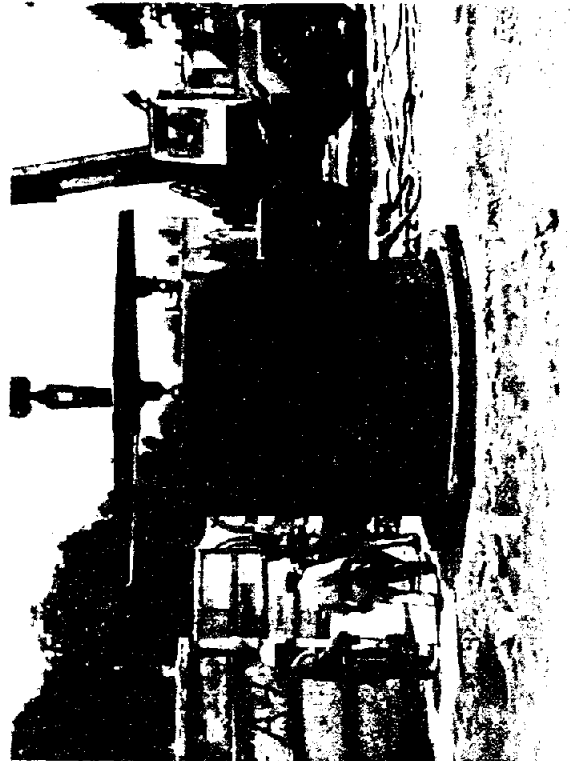
Suministro del Joncker para apoyar los gatos telescópicos.



FABRICACION DE TUBERIA DE 2.44 M Ø EN PLANTA "LOS REYES"



FABRICACION DE TUBERIA DE 2.44 M Ø EN PLANTA "LOS REYES"



# BIBLIOGRAFÍA



**BIBLIOGRAFÍA**

- Planeación, diseño y construcción Túneles volumen 1  
T. M. Megaw J. V Bartlett  
Limusa 1ª ed. 1998
- Mecánica de suelos  
Juárez Badillo – Rico Rodríguez, tomo 2  
Editorial. Limusa Noriega, 2000.
- Modernización de la carretera México-Querétaro, tramo palmillas-Querétaro. Manuel Antonio López Rojas. Tesis profesional UNAM, ENEP ARAGÓN 2003.
- Experiencias sobre algunos túneles construidos en la Republica Mexicana. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. México 1987.
- Tratado de procedimientos generales de construcción de cimentaciones y túneles  
Galabru
- Excavación de túnel de frente mixto de 66.38 m L3A – L3B C. Nacional – C. de Chalco. Rodolfo Valerio Barrera. Tesis profesional UNAM, ENEP ARAGON 1996.
- Manual del ingeniero civil.  
Frederick S. Merrit.  
Editorial. McGraw-hill
- El sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México.  
Secretaria General de Obras del DDF y la Dirección General de Operación Hidráulica.  
2ª Edición, Corregida y actualizada, Noviembre de 1990.
- www. Programa delegacional de desarrollo urbano de coyoacán.