

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

138

ZED

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LUMBRERAS  
FLOTADAS Y DE ANILLOS PARA EL SISTEMA DE  
DRENAJE PROFUNDO DE LA CD. DE MÉXICO

FALLA DE ORIGEN

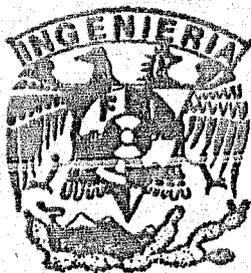
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

RICARDO DE LA ROSA PALACIOS



MÉXICO, D. F.

1995

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
60 1-155/95

Señor  
RICARDO DE LA ROSA PALACIOS  
Presente.

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

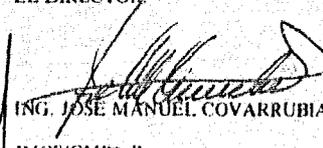
"PROCESO CONSTRUCTIVO DE LUMBRERAS FLOTADAS Y DE ANILLOS PARA EL SISTEMA DEL DRENAJE PROFUNDO DE LA CIUDAD DE MEXICO"

- INTRODUCCION
- I. ANTECEDENTES HISTORICOS
- II. TRABAJOS PRELIMINARES
- III. EXCAVACION
- IV. LUMBRERAS POR EL METODO DE FLOTACION
- V. LUMBRERAS POR EL METODO DE ANILLOS
- VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 16 de octubre de 1995.  
EL DIRECTOR/

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS  
JMCS/GMP\*nl

## DEDICATORIAS

A DIOS:

Por haberme dado sabiduría y paciencia en los momentos más difíciles de mis estudios y por haberme dado la vida

A MI PADRE:

**ALEJANDRO DE LA ROSA SALINAS**

Por tu confianza y generosidad que siempre me has brindado y que toda la vida llevaré en mi corazón, a ti viejo que me has formado como hombre de bien, te dedico esta victoria.

A MI MADRE:

**MIRIAM PALACIOS DE DE LA ROSA**

Por ser la bendición más grande que Dios me ha dado. Por tu amor, por tu dulzura, por tu apoyo,....., por todo; por que con todo ello he logrado realizar el sueño de ser un profesionalista y que hoy comparto contigo, y de ser posible seguiremos compartiendo muchos sueños mas.

A MI HERMANA:

SUSANANA VERONICA DE LA ROSA PALACIOS

Quien con su apoyo y confianza infinita, me alentó a luchar por este momento cumbre de mi vida. Gracias hermana.

A MI DIRECTOR:

ING. RAFAEL ABURTO VALDES

Por haber aceptado dirigir esta tesis.

A LA UNAM:

Gracias, a través de su Facultad de Ingeniería por haberme forjado como persona e Ingeniero.

AL:

ING. PABLO CUEVAS

Por haberme brindado su apoyo para poder desarrollar este tema de tesis.

"PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAMINERAS FLOTADAS Y DE ANILLOS  
PARA EL SISTEMA DEL DRENAJE PROFUNDO DE LA CD. DE MEXICO."

INDICE:

Introducción	1
<b>I.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS.</b>	<b>9</b>
<b>II.- TRABAJOS PRELIMINARES.</b>	<b>15</b>
<b>III.- EXCAVACIÓN.</b>	
III.1.- Construcción de brocales	20
III.2.- Perforación de secantes.	26
III.3.- Excavación de la zanja perimetral.	31
III.4.- Excavación del núcleo central.	34
III.5.- Mejoramiento del suelo a la llegada del escudo excavador.	42

#### IV.- LUMBRERAS POR EL MÉTODO DE FLOTACIÓN.

IV.1 - Fabricación del tanque de flotación.	52
IV.2 - Colocación del tanque de flotación (invertido y normal).	58
IV.3 - Construcción de losa de fondo en tanque de flotación (invertido y normal).	61
IV.4 - Revestimiento e inmersión de la lumbrera (incluye: portal de salida primera etapa).	66
IV.5 - Construcción de trabes de anclaje.	73
IV.6 - Inyección de mortero en zona anular.	75
IV.7 - Construcción del portal de salida segunda etapa.	81

#### V.- LUMBRERAS POR EL MÉTODO DE ANILLOS

V.1 - Fabricación y colocación de estructura de acero para base y guía de anillos.	86
V.2 - Fabricación y colocación de anillos en lumbrera (incluye: portal de salida primera etapa).	91
V.3 - Inyección de mortero en zanja perimetral.	98
V.4 - Revestimiento definitivo en lumbrera.	101
V.5 - Construcción del portal de salida segunda etapa.	107

#### VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Bibliografía.	115
---------------	-----

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

Es indiscutible que dentro del campo de acción de la ingeniería civil, la construcción de lumbreras es una de las obras más relevantes y que más dificultades presenta en su realización desde cualquier punto de vista que se analice, ya sea por su magnitud de dimensiones, por la profundidad que tienen, por los recursos que emplea, por la tecnología que se utiliza y que siempre está en constante desarrollo, por el alto factor de riesgo permanente y en general por un sin número de factores más.

En la actualidad, la construcción de lumbreras para el Sistema de Drenaje Profundo de la Cd. de México, se ha venido perfeccionando desde hace varios años dadas las necesidades que deben presentar éstas en materia de seguridad constructiva y que por lo consiguiente deben de presentar un presupuesto estable.

Las lumbreras flotadas son las que con mayor frecuencia se han construido, ya que éstas fueron las primeras con que se conto en su diseño y que han funcionado de manera muy aceptable, además de que contribuirán para el diseño de un tipo de lumbreras, llamadas: lumbreras de anillos.

En los últimos años, se han puesto en marcha la construcción de lumbreras de anillos, que con respecto a la anterior tienen el mismo principio de excavación, con la diferencia de la colocación de anillos y el proceso de cimbrado en el revestimiento final, con respecto a las lumbreras flotadas. Estas serán las que de hoy en adelante se construirán debido a su mejor manejabilidad en su proceso de construcción.

Los principales usos que tienen las lumbreras del Sistema del Drenaje Profundo de la Cd. de México son:

- a).- Poder introducir el escudo de excavación al Sistema del Drenaje Profundo, así como la salida del mismo cuando éste haya concluido su trabajo.
- b).- Dar mantenimiento al escudo a su llegada a la lumbreira, para así continuar su excavación sin contratiempos en los túneles del Sistema de Drenaje Profundo.
- c).- El de interceptar y recolectar las aguas de diferentes puntos de la ciudad, y de ahí desalojarlas a través del drenaje.

d) - Ventilar las aguas del drenaje mediante chimeneas de 11.00 a 15.00 mts. de altura.

De esta forma, en el capítulo I se encuentran referidos los antecedentes históricos del Drenaje Profundo de la Cd. de México comenzando por la historia de los túneles en ésta ciudad, en donde es posible contemplar un panorama de lo que hicieron nuestros antepasados para solucionar el problema de drenaje que se tenía en esa época y en donde existía un serio problema de inundaciones frecuentes.

En el capítulo II se describe de manera general los trabajos preliminares que se realizan en cualquier tipo de obra, y dentro de éstos las instalaciones de campamento.

Durante el capítulo III se presenta el proceso de excavación que llevan las lumbreras, desde, la construcción de brocales hasta el mejoramiento del suelo. En éste capítulo se señalan los problemas de derrumbes o caídos de material (suelo), que se pueden presentar durante el proceso de excavación de la lumbrera, así como las causas que lo producen y presentando las soluciones adecuadas para evitar éstos problemas.

Terminando el proceso de excavación, en el capítulo IV se describe el proceso constructivo que se realiza en las lumbreras flotadas, desde la fabricación del tanque de flotación hasta la construcción del portal de salida segunda etapa. En este capítulo se menciona el problema de volteo que pueden sufrir las lumbreras flotadas en su proceso de inmersión, así como las causas que originan el problema, presentando también las soluciones adecuadas en el momento que se pueda presentar el volteo.

Cabe señalar que la construcción de lumbreras flotadas, se basa en la hidrostática de los cuerpos flotantes y sumergidos cuya formulación se apoya en "El Principio de Arquímedes".

En el capítulo V se describe de igual forma al capítulo anterior, el proceso constructivo que se realiza en las lumbreras de anillos, desde la fabricación de la estructura de acero para base y guía de anillos hasta la construcción del portal de salida segunda etapa; señalando también los problemas aberturas que sufren los anillos al ser colocados, así como las causas que originan éste problema y solucionando adecuadamente éstas aberturas.

Finalmente en el capítulo VI, se dan las conclusiones y recomendaciones de este trabajo, tomando en cuenta la importancia de las lumbreras para el Sistema de Drenaje Profundo de la Cd. de México.

Así mismo, cabe aclarar que los temas presentados en el presente trabajo, se enfocan principalmente al procedimiento constructivo de los dos tipos de lumbreras existentes (flotadas y de anillos), del Sistema de Drenaje Profundo de la Cd. de México y no pretende profundizar demasiado en los aspectos técnicos de diseño (estructurales y de materiales), los cuales requerirían por su complejidad de otro tipo de investigación por lo que, esperando de que sea del agrado del lector y que despierte su interés en el tema, se presenta a su consideración el presente trabajo.

#### **DIMENSIONES GENERALES DE LAS LUMBRERAS:**

**Diámetros: 12.00 a 20.00 mts.**

**Profundidad: 11.18 a 216.97 mts.**

**Nota: Para mayor información ver el Plan Maestro del Sistema de Drenaje Profundo de la Cd. de México que se presenta a continuación y las tablas donde se enmarcarán las lumbreras constuuidas, en operación, en construcción y en proyecto, así como sus dimensiones.**



**TABLA DE LUMBRERAS EN INTERCEPTORES**

INTERCEPTORES	LUMBRERAS CONSTRUIDAS	LUMBRERAS EN OPERACIÓN	LUMBRERAS EN CONSTRUCCIÓN	LUMBRERAS EN PROYECTO	DIÁMETRO (M)	PROFUNDIDAD (M)
I. OTE - OTE				5	12	15.48 A 23.70
I. OTE SUR	9				12	19.73 A 23.15
I. OTE	13	13		14	12	11.18 A 44.00
I. CENTRAL	14	14		4	12	15.64 A 46.61
I. CENTRO PTE	8	8			12	29.80 A 52.14
I. CENTRO - CENTRO	3	3			12	24.46 A 25.65
I. PTE.	27	27			12	31.52 A 55.70
EMISOR CENTRAL	22	22			12.00 A 20.00	45.608 A 210.97

TOTAL DE LUMBRERAS = 119 U.

**TABLA DE COLECTORES**

COLECTORES	COLECTORES CONSTRUIDOS	COLECTORES EN OPERACION	COLECTORES EN CONSTRUCCION	COLECTORES EN PROYECTO	DIAMETRO (M)	PROFUNDIDAD (M)
C. SUR				5	5.00 A 9.00	10.01 A 16.50
C. CANAL DEL SUR	7	7		9	5.00 A 9.00	10.90 A 18.07
C. IZTAPALAPA	6	6			5.00 A 9.00	19.46 A 22.50

TOTAL DE COLECTORES = 27 U.



**CAPÍTULO I**  
**ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

## I.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

### EPOCA PREHISPANICA.

"La mar" que vieron los primeros españoles que llegaron al Valle de México era el lago de Texcoco, cuyas aguas eran saladas por el contenido de salitre de su lecho, y el lago de Chalco.

En aquella época, estos lagos formaban parte de una gran planicie rodeada de montañas cubiertas de pino, encinos, robles y numerosos ríos pequeños. Como los lagos estaban a diferente altura, el agua de Chalco se desbordaba con frecuencia sobre el de Texcoco.

Desde entonces comenzó la lucha de los habitantes del Valle con el agua, ya aunque no ocurrieran tormentas extraordinarias, bastaba con que durante varios años se presentaran veranos lluviosos para que el nivel de los lagos se elevara peligrosamente, ya que no existían desagües.

Los primeros asentamientos indígenas se localizaron en los islotes y riveras de los lagos, pero como se acentuó el predominio de los aztecas, Tenochtitlán se extendió hacia las superficies que ganaba el agua. Entonces el aumento en los niveles de los lagos comenzó a ocasionar daños cuantiosos.

Ante este problema se construyeron bordos y diques de contención. En 1450 Netzahualcōyotl, rey de Texcoco, por encargo del rey azteca Moctezuma, diseñó y dirigió la construcción de un albardón de más de 12 Kms. de longitud y cuatro metros de ancho para proteger a la gran Tenochtitlán del azote de las inundaciones. EL dique dividió desde entonces el lago de Texcoco y a la parte occidental se le dió el nombre de laguna de México. Esta obra también contribuyó a disminuir la salinidad del agua que rodeaba a la ciudad, beneficiando a los cultivos.

Tenochtitlán era una ciudad lacustre cuyos habitantes aceptaban esas circunstancias naturales, por lo que sólo pensaron en contener las aguas, sin crear ningún sistema para desalojarlas del Valle.

Pero todo cambió al iniciarse la conquista. Durante el asedio a la ciudad por Hernán Cortés en 1521, se abrieron varios boquetes en el albardón de Netzahualcōyotl para permitir el paso a las embarcaciones españolas. Posteriormente, las lluvias torrenciales alertaron a las autoridades coloniales sobre el grave problema de inundaciones que afectaba a la ciudad de México, por lo que en 1555 el Virrey Velasco ordenó la construcción del alabarredón de San Lázaro y se hizo el primer proyecto para el desagüe del Valle de México.

Sin embargo, en 1604 y 1607 ocurrieron grandes inundaciones, provocadas principalmente por los escurrimientos del río Cuautitlán, que ocasionaron numerosas muertes y cuantiosos daños materiales. Alarmado el virrey envió una proposición al Cabildo para que se procediera a construir un desagüe de la ciudad.

Enrico Martínez propuso a las autoridades un proyecto consistente en la construcción de un túnel en la zona de Nochistongo, al noroeste del Valle de México. El plan fué aceptado y el 29 de noviembre de 1607 el virrey dio la primera azadonada de ésta gran obra, que fué terminada en menos de un año. Así, el valle de México dejó de ser una cuenca cerrada para contar con su primera salida artificial de agua. Pero por falta de revestimiento, poco tiempo después ocurrieron derrumbes que inutilizaron el túnel. Entonces se decidió sustituirlo por un tajo o zanja, que pudo ser terminado después de 160 años de trabajo interrumpidos por frecuentes derrumbes inundaciones y problemas.

Finalmente, a partir de 1789 se dio salida permanente a las aguas de la cuenca de México, para seguridad de sus habitantes.

En 1803 y 1804, Humbolt, luego de inspeccionar las obras hidráulicas llegó a la conclusión de que había que completar el plan de Enrico Martínez para drenar el Valle con un gran canal de desagüe. Pero la lucha por la independencia retrasó este ambicioso proyecto casi un siglo.

#### EL SIGLO XIX.

La salida de la cuenca por el tajo de Nochistongo empezó a alterar la ecología del Valle e inició un nuevo proceso: el nivel de los lagos ya no crecía como antes, los diques crearon áreas seguras para que la ciudad se extendiera sobre las planicies y la población se concentró aún más en las orillas de los antiguos lagos. Estas zonas sufrían cuantiosos daños cuando los ríos atravesaban la ciudad se desbordaban.

Hacia 1856 las inundaciones eran cada vez más alarmantes; en algunas zonas el nivel alcanzaba hasta tres metros de altura. A principios de ese año se abrió concurso para el proyecto de las obras de desagües, ofreciéndose premio de doce mil pesos oro al vencedor. El plan más completo y mejor calificado fué el del Ing. Francisco de Garay, que comprendía el Gran Canal del desagüe y el Primer Túnel de Tequisquiac. Ambas obras se

inauguraron en 1900. Se trataba de un esfuerzo colosal, pero de ninguna manera se había logrado la solución total.

#### LA HISTORIA RECIENTE.

En 1930 se terminó la primera red de drenaje por gravedad, consistente en un sistema de tuberías que descargaban al Gran Canal y en el Lago de Texcoco.

Pero como consecuencia del crecimiento demográfico y de la expansión urbana, este sistema se volvió insuficiente para una población que se había duplicado en diez años y en 1940 era casi de dos millones de habitantes.

En esa época hubo varias inundaciones graves en las partes bajas de la ciudad, ya que además otro problema se había añadido: el hundimiento cada vez más acelerado del suelo, ocasionado por la sobreexplotación de recursos acuíferos, que deterioró el sistema y disminuyó su capacidad para desalojar las aguas del Valle, lo que motivó la ampliación del Gran Canal y la construcción del segundo túnel de Tequisquiac.

## EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD.

Desde principios del siglo hasta 1936, los hundimientos de la Ciudad de México se mantuvieron en el orden de cinco centímetros por año. Al aumentar la demanda de agua, se inició la perforación de pozos profundos, y entre 1936 y 1948, el hundimiento en el centro del DF se incrementó a 18 cms. por año, para llegar después a 30 y 50 cms. anuales. Como consecuencia, el drenaje proyectado para trabajar por gravedad requirió de bombeo para elevar las aguas hasta el nivel del Gran Canal, con gran incremento en los costos de operación y mantenimiento. En 1960 se construyeron el interceptor y el Emisor del Poniente, con el objeto de recibir y desalojar las aguas del oeste de la cuenca, descargándolas a través del tajo de Nochistongo. No obstante, el desmesurado crecimiento de la ciudad volvió insuficiente las capacidades de drenaje del Gran Canal y del Emisor Poniente en 1970; ya que el hundimiento había sido tal que el nivel del lago de Texcoco, que en 1910 se hallaba 1.90 mts. por debajo del centro de la ciudad, se encontraba 5.50 mts. más arriba. Se requería de un sistema de drenaje que no fuera afectado por los asentamientos del terreno, que no necesitarán bombeo y que expulsara las aguas por una cuarta salida artificial: era necesario construir el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México.

**CAPÍTULO II**  
**TRABAJOS PRELIMINARES**

## II.- TRABAJOS PRELIMINARES.

Este tipo de trabajo es el comienzo de la realización de cualquier tipo de obra, donde este consiste en preparar el terreno en donde se realizará la construcción. Los trabajos preliminares a realizar en la construcción de lumbreras del Sistema de Drenaje Profundo de la Cd. de México serán:

- a).- Trabajos de Superficie.
- b).- Trazo y Nivelación del Terreno.

Cabe mencionar que éstos tipos de trabajos se realizarán antes y durante la obra, sobre todo el de trazo y nivelación, ya que éste será de especial importancia durante la obra, dado que la brigada topográfica esta ligada a los trabajadores subsecuentes de la construcción. A continuación se describen los trabajos antes mencionados:

a).- Trabajos de Superficie.- Este es un trabajo que se realiza antes que cualquier otra, y que consiste en la limpieza y desenraíce de la obra teniendo como fin principal dejar limpio y descampado el área donde se construirá la lumbrera.

Otro trabajo de superficie importante, es el de asignar las áreas a las instalaciones generales que conformarán el campamento, cabe mencionar que

estas instalaciones también se harán pensando en la excavación del túnel, las cuales serán:

a 1).- Subestación de Energía Eléctrica.- Esta es una instalación necesaria para el funcionamiento del equipo que requiere de ella, como son: las bombas, plantas de tratamiento, etc., además de que servirá más adelante para el abastecimiento de energía eléctrica al escudo de excavación en el túnel.

a.2).- Planta de Emergencia.- Esta es una importante opción, ya que nos da la posibilidad de contar con energía suficiente para que, en caso de un corte temporal en el suministro normal de energía eléctrica, puedan seguir adelante los trabajos que se estén realizando con o sin equipo que necesite energía eléctrica.

a.3).- Patio de Almacenamiento.- Como en cualquier tipo de obra es necesario un área de almacenamiento, y ésta no es la excepción. En este patio tendrán lugar actividades como la construcción del tanque de flotación, la fabricación de anillos, almacenamiento de dovelas y anillos, etc., de ahí su importancia. El área de este patio estará regida por el área disponible para el campamento, esto también incluye: oficinas, talleres, baños, etc.

a.4).- Compresor.- Se requiere de instalación de un compresor en superficie, con capacidad suficiente para alimentar a las bombas de achique que se localizarán tanto alrededor como en el fondo de la lumbrera.

a.5). - Tendido de Tubería y Cisterna para Agua Potable. - Debido a que se requieren grandes volúmenes de agua para la excavación de la lumbrera. Para tal efecto, es necesario tender una tubería de suministro de la línea de conducción de agua potable más cercana hasta el campamento, aquí el agua se almacena en una cisterna, en lo posible con capacidad suficiente para proveer a la planta de lodos durante la excavación de la lumbrera, cuando el gasto de la línea de alimentación sea bajo o nulo.

En el caso de excavación de túneles la cisterna será para agua tratada, como una capacidad aproximada de 340 m<sup>3</sup>.

a.6). - Sistema de Circulación y Planta de Tratamiento de Lodos. - Como en la construcción de cualquier túnel o lumbrera, el material producto de la excavación debe retirarse del frente, extraerse de la lumbrera o túnel según sea el caso, y ser depositado en superficie, en espera de ser acarreado al tiro asignado.

El lodo extraído de la lumbrera o túnel se deposita en una planta de tratamiento, cuya función es separar por medio de sedimentación, el material producto de la excavación del lodo que se utiliza en la estabilización del frente. EL primero se retira de la planta por medio de camiones de volteo y pipas; el resto es reacondicionado para continuar con la excavación.

La planta se localiza en un espacio cercano a la lumbrera y se componen básicamente de:

a.6.1).- Carcamo de Desecho o Descarga.- Lugar en que se recibe el lodo proveniente del frente de excavación y en el que se inicia la sedimentación de los grumos de arcilla que han sido acarreados por el lodo de suministro.

a.6.2).- Carcamo de Sedimentación.- Sitio en el cual se continúa el proceso de sedimentación de la arcilla en suspensión.

a.6.3).- Carcamo de Ajuste.- Para reducir aún más la densidad del lodo que ha pasado por el carcamo de sedimentación, en el carcamo de ajuste se adiciona agua tratada proveniente de la cisterna y se le homogeniza, para lo cual se emplean agitadores verticales o la inyección de aire a presión.

a.6.4).- Carcamo de Suministro.- Lugar en el que se almacena el lodo con las características necesarias para ser enviado nuevamente al frente de la excavación.

a.6.5).- Caseta Central de Control.- Sitio que aloja la consola central, en la cual se recibe la información que se genera durante la excavación de la lumbrera o túnel y se controla todo el sistema de circulación de lodos.

La caseta se instala junto a la planta de lodos, a una altura desde la cual se dominen los carcamos y de tal forma que la consola quede debidamente protegida.

b) - Trazo de Nivelación del Terreno.- Como se mencionó anteriormente este trabajo es de especial importancia, ya que el trazo y nivelación del terreno debe ser preciso, dado que de esto dependerá primeramente el buen trazo de los límites de brocales, zanja perimetral y núcleo central de la lumbrera, es decir, la brigada topográfica deberá ser especialista en este tipo de trabajo, ya además de esto efectuarán actividades tales como:

- Colocación de Perforación de Secantes.
- Colocación de Viguetas y Trabes de Anclaje.
- Verificación de Niveles en Excavaciones y en las Inmersiones de la Lumbrera.
- Verificación de aberturas en la Colocación de Anillos en la Lumbrera.
- Verificación del Portal de Llegada y Salida del Escudo

Como se podrá observar, la topografía en éste tipo de trabajos es de mucha relevancia, ya que de esto dependerá la correcta construcción de la lumbrera. En síntesis la continua verificación de niveles por parte de la brigada topográfica, es de suma importancia para evitar que existan errores irreparables, ocasionando con ello hasta la pérdida de una lumbrera durante el proceso constructivo.

## **CAPÍTULO III**

### **EXCAVACIÓN**

## III. EXCAVACIÓN

### III.1. CONSTRUCCIÓN DE BROCALES.

Terminando los trabajos preliminares, se continúa con la construcción de brocales, denominados: brocal exterior y brocal interior, el brocal exterior es permanente y circunscribe al brocal interior separados entre si a 80 cms., cada brocal está constituido por dos elementos, denominados alerón y faldón, formando una estructura a base de concreto reforzado con acero en forma de escuadra, constituyendo el alerón una losa horizontal y el faldón una pared vertical. Cabe señalar que para construir estos brocales es necesario con el trazo y la nivelación del terreno donde se construirá la lumbrera, además de que será de especial importancia por que marcara los límites de excavación de la zanja perimetral y el núcleo central.

Ambos brocales tienen la finalidad en el proceso constructivo de la lumbrera de evitar deslaves en la parte superior del terreno y en la pared de la excavación, y así en conjunto funcionan como guías para la maquinaria que se utilizará en las perforaciones de secantes de 60 cms. de diámetro, así como en la propia excavación de la zanja perimetral; además de que servirá también como losa de apoyo para el equipo utilizado, posteriormente el brocal exterior

se ligará a la estructura mediante traves de anclaje para compensar el peso y evitar el proceso de flotación o ahogamiento de la lumbrera hacia la superficie, en el caso del brocal interior éste se demolerá para así poder excavar el núcleo de la lumbrera a la profundidad que marque el proyecto (Ver fig. 1 y plano No. 1)

Como ya se mencionó anteriormente, los brocales sirven como guías para la excavación de la zanja perimetral, además de que el brocal exterior confinará la excavación del núcleo central esto mediante la función de ligar la estructura base de traves de anclaje que quedarán ligadas al propio brocal (Ver plano No.2)

La construcción de brocales, es a través de una draga equipada con cucharón de almeja de 3/4 y D3, afinando paredes y fondo de la excavación en forma manual a base de pico y pala, en caso de encontrarse con el nivel de aguas freáticas ésta se abatirá con una bomba centrífuga de 2" de diámetro para mantener seca el área de la excavación, teniendo especial cuidado en ademar las paredes, a fin de evitar caídos de material en las paredes de la excavación.

Para la construcción del brocal interior se dejan preparaciones de unisei, para después facilitar la demolición o extracción de dicho brocal en forma seccionada.

Conjuntamente con la construcción del brocal exterior, se efectúa la preparación de los dados muertos de concreto cuya dimensión es de 2.50 mts. de longitud, 1.00 m. de ancho y 1.00 m. de peralte, armado con acero de refuerzo ligado al brocal exterior, dentro de este dado se colocará una viga tipo "I" con una sección de 20 X 38 cms., la cuál quedara ahogada, cada una de estas estructuras cumplirán con la función de sustentar junto con las plumas con malacates manuales el conjunto de la lumbrera, donde la viga tipo "I" será la vigueta de sujeción, estas viguetas serán colocadas a cada 18° hasta completar un total de veinte (Ver plano No.2)

Las vigas tipo "I" están construídas por perfiles y placas de acero estructural de acuerdo con las normas del ASTM A-36, así como los electrodos para la soldadura de campo y de taller deberán cumplir con los requisitos indicados en las normas de ASTM A-283 clase E - 60 de la AWS, y todas las vigas laminadas serán perfiles IPR de acuerdo con las especificaciones del ASTM A-36 de la AHMSA. Estos requisitos deberán cumplirse en la fabricación de viguetas de sujeción, y son determinantes para la buena sustentación de la

lunbrera a través de ellas en conjunción con el brocal exterior, ya que también en éstas se apoyará perimetralmente el tanque de flotación en su posición inicial y durante las etapas de inmersión de la lunbrera.

Por último las generalidades que se presentan en los brocales son las siguientes:

a).- La forma real de los brocales en planta será poligonal con los lados iguales para facilitar el uso de la almeja guiada.

b).- Las dimensiones y el número de lados del polígono que forman el brocal exterior e interior se definirá en la obra de acuerdo con la geometría del equipo guiado disponible.

c).- Las dimensiones de los brocales se ajustarán de acuerdo con la localización de los puntos donde se incorporarán las placas de fijación de traveses- guías verticales.

d).- Al determinar el polígono para excavar la zanja perimetral, se recomienda que los lados donde se alojen las traveses de las guías verticales, sean paralelos a la base de la traves respectiva.

#### **CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL BROCAL EXTERIOR.**

Longitud del Alerón : 3.00 a 3.60 mts.

Espesor del Alerón: 0.50 mts.

Altura del Faldón: 2.44 a 4.00 mts.

Espesor del Faldón: 0.50 m.

#### CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DEL BROCAL INTERIOR.

Longitud del Alerón: 1.40 a 1.70 mts.

Espesor del Alerón: 0.20 mts.

Altura del Faldón: 1.70 a 2.80 mts.

Espesor del Faldón: 0.20 mts.

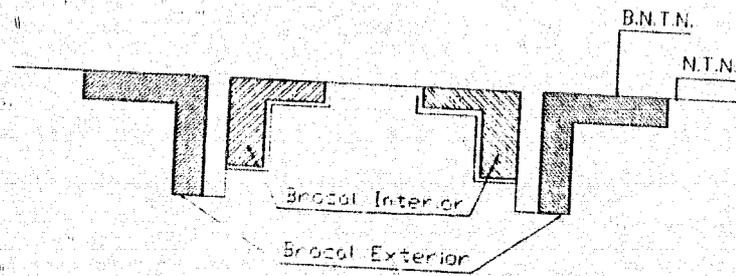
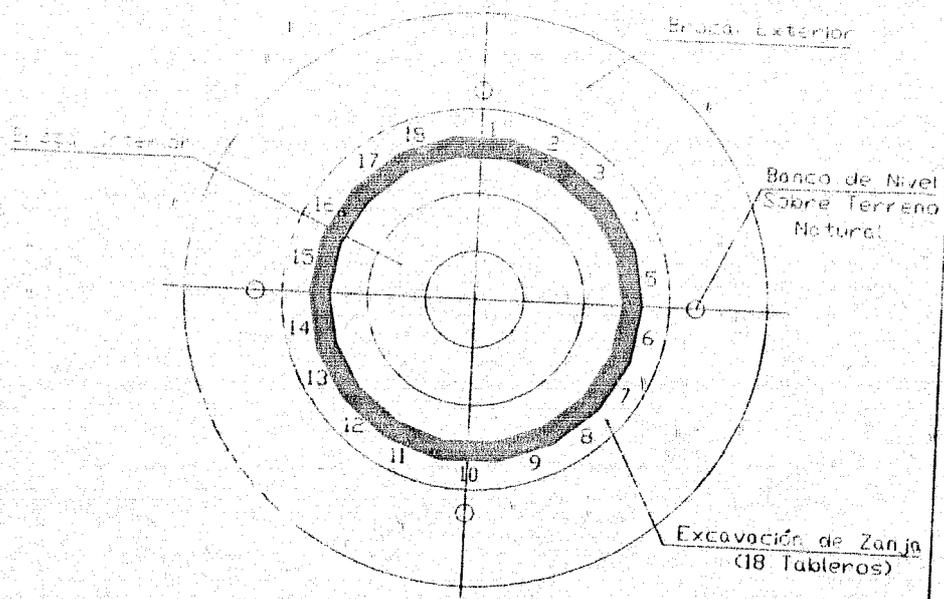


Fig. 1: Construcción de Braceras

### III.2 - PERFORACIÓN DE SECANTES

En el área comprendida entre los brocales (exterior e interior), se efectuarán 20 perforaciones de 60 cms. de diámetro, uniformemente distribuidas hasta la profundidad que marque el proyecto y ésta deberá ser abajo del paño inferior de la losa fondo de la lumbrera. (Ver plano No. 1 y fig. 2A del plano No. 2)

Esta actividad es de una relevancia muy importante, debido a que de esto dependerá la verticalidad de la lumbrera, es decir, habrá una correcta estabilidad en las paredes de la excavación y donde el equipo será el llamado tipo Cadwell (Ver fig. 2).

Estas perforaciones únicamente se efectuarán en la unión de tablero con tablero que constituyen la zanja perimetral, y es precisamente en estas uniones donde se le puede dar la verticalidad a la lumbrera, además de que el material extraído de estas perforaciones deberá ser sustituido por lodo bentonítico.

La garantía de obtener buenos resultados en el ademe (sustitución del material excavado por lodo bentonítico), en estas excavaciones, se deberá a que el lodo bentonítico cumpla con las siguientes especificaciones:

a).- Debe ser una suspensión coloidal estable, es decir, que no se sedimente al quedar en reposo.

b).- Su viscosidad debe quedar controlada dentro de ciertos límites para facilitar su bombeo y manejo durante la excavación, así como facilitar también su desplazamiento durante el colado evitando la formación de bolsas de lodo.

c).- Debe tener una densidad adecuada para crear suficiente presión sobre las paredes de la excavación evitando flujo plástico y caídas de material.

d).- El espesor de la costra (cake) no debe ser excesivo.

e).- Debe mantenerse limpio, libre de arenas y grumos de arcilla que produzcan sedimentos, formando bolsas de lodo.

Para lograr lo anterior es común el empleo de bentonita envasada, sin embargo, la experiencia actual ha demostrado la efectividad del empleo de las arcillas coloidales provenientes de la formación arcillosa superior, generada durante la excavación, para lo cual se requiere observar las siguientes recomendaciones:

a).- Seleccionar la materia prima utilizando solamente arcilla coloidal, libre de arenas y limos, estas arcillas corresponden a la formación superior y

deberán tener un límite líquido superior al 250% y una viscosidad Marsh de 40 a 85 seg., inmediatamente después del mezclado.

b).- Utilizar agitador de alta turbulencia "licuadora", para garantizar que se produzca disgregación de los floculos de arcilla. El número y capacidad de licuadoras serán necesarias para satisfacer el consumo de la obra.

c).- Controlar mediante pruebas de laboratorio, las propiedades físico-químicas de la suspensión coloidal formada.

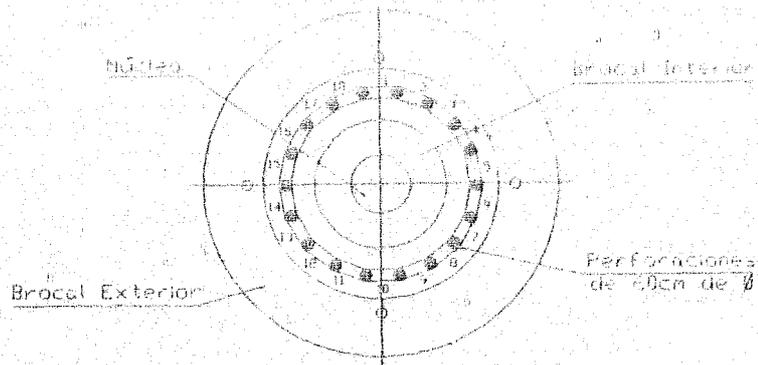
Las propiedades de los lodos deberán quedar comprendidas en los siguientes límites:

Viscosidad Plástica	10 a 15 cps.
Límite de Fluencia	5 a 25 lb/ 100 ft .
Viscosidad Marsh	40 a 85 seg.
Contenido de Arena	inferior al 10% .
Volumen de Agua Filtrada	20 cm <sup>3</sup> .
Densidad	mínimo de 1.10 ton/m <sup>3</sup> .
Espesor de la Costra	1 a 2 mm.
P.H	7 a 10.

Además de que el lodo bentonítico debe cumplir con las características antes mencionadas, es necesario contar como ya se mencionó antes con tuberías para desalojo del material producto de la excavación, una cisterna de

agua potable para poder suministrar agua a la planta de lodos y así desazotar la planta, un sistema de circulación y planta de tratamiento de lodos para así poder desazotar el material producto de la excavación y mediante la planta poder separar las partículas contaminantes del lodo que se utilizará para la estabilización del frente de una excavación. Estos aditamentos serán necesarios tanto en la perforación de secantes, zanja perimetral y núcleo central.

A las perforaciones de secantes, cabe aclarar que además de dar un buen control de la excavación en la zanja perimetral y dar consistencia uniforme y buena a ésta, otra de sus funciones principales, es la detectar discontinuidades en el subsuelo, esto se detecta mediante la pérdida de lodo bentonítico utilizando como ademe en las perforaciones ya que debe mantener el lodo lo más alto posible, siendo el mínimo de 40 cms., por abajo del nivel superior de los brecales y/o terreno natural.



PLANTA

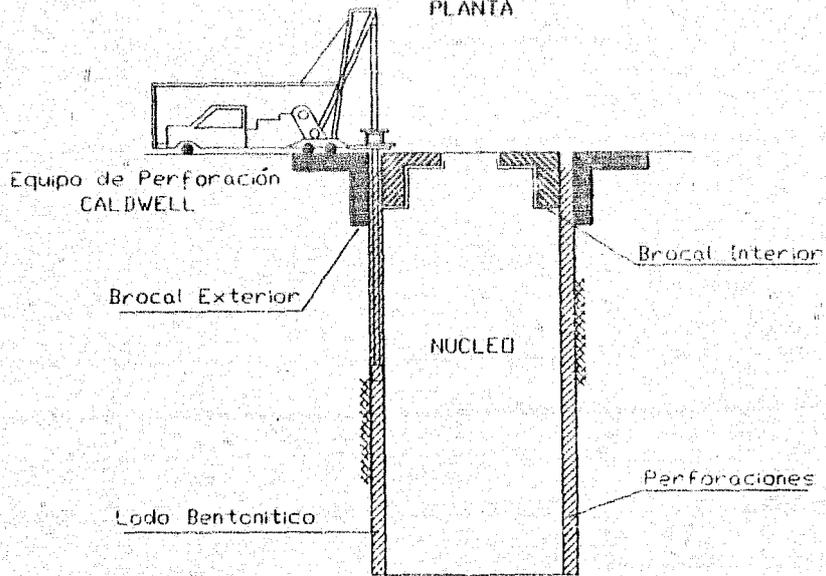


Fig. 2 Perforaciones de Secantes

### III.3.- EXCAVACIÓN DE LA ZANJA PERIMETRAL.

Una vez realizadas las perforaciones de secantes o guías en forma alternada se procede de igual manera con la excavación de la zanja perimetral hasta su terminación total a la misma profundidad, para delimitar la excavación del núcleo central de la lumbrera.

La excavación de tableros de la zanja perimetral, se lleva a cabo de igual forma a la de las perforaciones, es decir, en forma alternada, para posteriormente excavar los pendientes, teniendo el equipo guiado como apoyo los brocales (Ver fig. 3 y plano No. 1 y 2).

Conforme se excava la zanja perimetral, el material es sustituido por lodo bentonítico para ademar las paredes de la excavación ésta sustitución se hace mediante una tubería colocada a la planta de tratamiento de lodos, y se debe mantener el nivel del lodo a 40 cms. abajo del nivel superior de los brocales y/o terreno natural, en algunos casos es necesario efectuar la recirculación de lodos, mediante la inclusión de aire a presión para homogeneizar las propiedades de éstos, aún que esto puede traer como consecuencia desprendimiento del suelo por su baja resistencia, socavaciones de lentes de arena y azolvamiento en el fondo de la excavación.

Debido a la inclusión de aire de presión, trae consigo los problemas antes mencionados, a últimas fechas se ha tomado con ciertas reservas la homogenización, por éste método. Estas reservas son:

a).- Hacer el reciclaje o recirculación de lodos en la planta de tratamiento.

b).- Hacer el reciclaje o recirculación de lodos mediante el proceso de sedimentación.

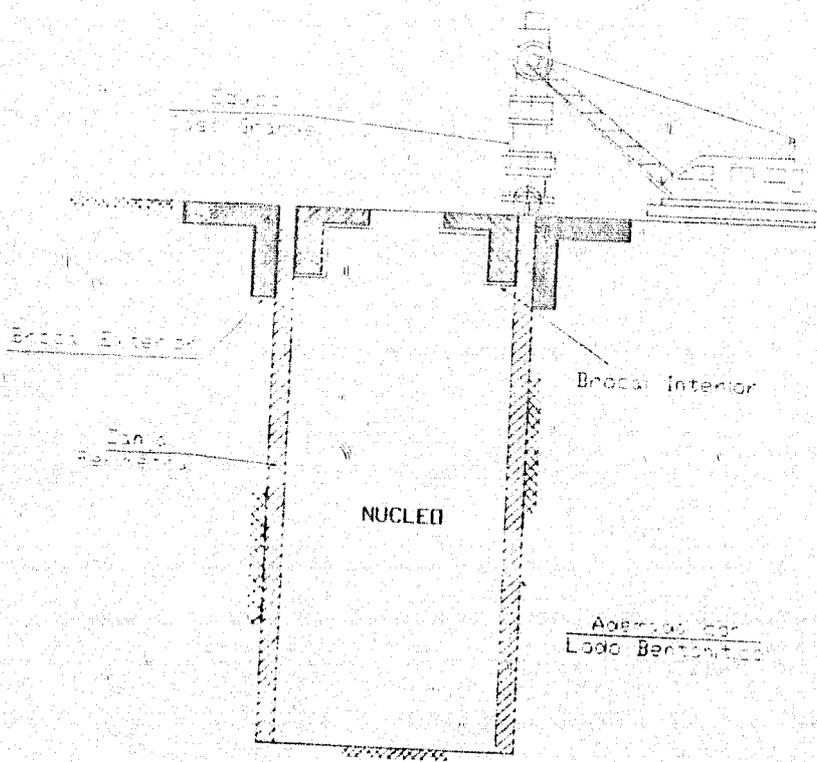


Fig. 3. Excavación de un pozo.  
Barrido.

FALLA DE ORIGEN

#### III.4. EXCAVACIÓN DEL NÚCLEO CENTRAL.

La excavación del núcleo, comienza con la demolición del brocal interior, el cual desde su etapa constructiva se le dejaron preparaciones a base de unisel, para facilitar la demolición o extracción en forma seccionada, finalizando ésta actividad, se procederá con la excavación propiamente del núcleo de la lumbrera, aprovechándose las instalaciones que se emplearon durante la excavación de la zanja perimetral. El equipo a utilizar es una draga con almeja loca, lo que nos permite una mejor manejabilidad en el proceso de excavación del núcleo (Ver fig. 4).

Esta excavación se hará hasta 4.00 mts. abajo del paño inferior de la losa fondo de la lumbrera, cuidando de mantener el nivel de lodo bentonítico a no más de 40 cms. de profundidad con respecto al nivel del terreno natural (Ver plano No. 1).

Pevio a las actividades del núcleo, se arma una estructura metálica de dos aguas y en sus extremos se instalan dos licuadoras utilizadas en la mezcla homogénea de arcillas, es importante mencionar que durante el proceso de extracción de material de la zanja perimetral se debe obtener un perfil estratigráfico del suelo, a fin de poder seleccionar el material arcilloso que se

utilizara como adorno de excavación del núcleo central previo a la inclusión de bentonita, este todo lo llamamos todo mejorado, que al igual que el todo bentonítico cumple con su objetivo.

Cabe mencionar que cada metro cúbico del material extraído del núcleo de la lumbrera es sustituido por todo, para garantizar una correcta estabilidad de las paredes de la excavación.

Para verificar la profundidad que tiene excavado el núcleo de la lumbrera, es necesario hacerlo a través de un puente metálico, el cual cuadrícula el área de la excavación y mediante un cable graduado que en un extremo tiene contrapeso, se sondea el fondo de la excavación; obteniéndose un perfil que nos indica la zona faltante por atacar, éste proceso es repetitivo hasta que se alcanza el nivel máximo de excavación que se indica en el proyecto.

En resumen la excavación del núcleo central, inicia inmediatamente después de terminar la excavación de la zanja perimetral, teniendo el siguiente proceso constructivo:

a).- Retiro del brocal interior, el cual fué unido mediante bases de unisel, este retiro es en forma seccionaria cuidando no remoldear el material, para así evitar que existen fuertes movimientos de tierra que en este momento forman al núcleo.

b).- Se inicia la excavación del núcleo con una draga que contiene en su extremo una almeja loca.

c).- Se aplica lodo bentonítico durante el proceso de excavación conforme se va extrayendo el material excavado, como ya se expuso anteriormente (perforación de secantes), el lodo debe cumplir con ciertas características o ciertas especificaciones para poder cumplir su función de ademar correctamente las paredes de la excavación, además de cuidar que el nivel de lodo permanezca en 40cms. abajo del brocal exterior y/o terreno natural. Este proceso será repetitivo hasta concluir con la excavación.

d).- Ciclicamente se debe estarse haciendo un mejoramiento del lodo bentonítico durante el tiempo que dure la excavación y después de terminada, cuidando que no haya sedimentación en el fondo de la lumbrera, y evitando que se formen espejos de agua limpia provocando con ello caídos en las paredes de la excavación ocasionando con ello, un grave problema al suelo donde se construirá la lumbrera.

El mejoramiento del lodo bentonítico es base de mezclar agua potable con bentonita, de acuerdo a las proporciones indicadas en el proyecto. El mezclado de agua potable y bentonita es ejecutado en licuadoras especiales, para este tipo de actividad, y este se hace retirar el agua en forma de espejo que se encuentra en la lumbrera, posteriormente la mezcla es enviada a la lumbrera, removiendo el material con suficiente cuidado a chiflonas de la propia mezcla.

La excavación no deberá permanecer mucho tiempo abierta, debido a los caídos de suelo que pueden presentarse, por lo general después de la terminación de la excavación del núcleo central solamente se consideran 24 hrs. para la colocación del tanque de flotación, que es fabricado simultáneamente con el proceso de excavación del núcleo central.

Una actividad importante es la de realizar sondeos en el núcleo excavado, para verificar que el fondo es totalmente uniforme esto se hace mediante un puente metálico el cual cuadrícula el área de excavación y mediante un cable que tiene contrapeso en el extremo, como se mencionó anteriormente, y en caso de existir montículos de material en el fondo del núcleo éste será retirado en su oportunidad.

Cabe señalar que en caso de que existiera un colapso en el núcleo que trajera como consecuencia la pérdida de la lumbrera, afectando el programa de tiempo y financiero, es recomendable construir nuevamente la misma lumbrera enseguida de la colapsada.

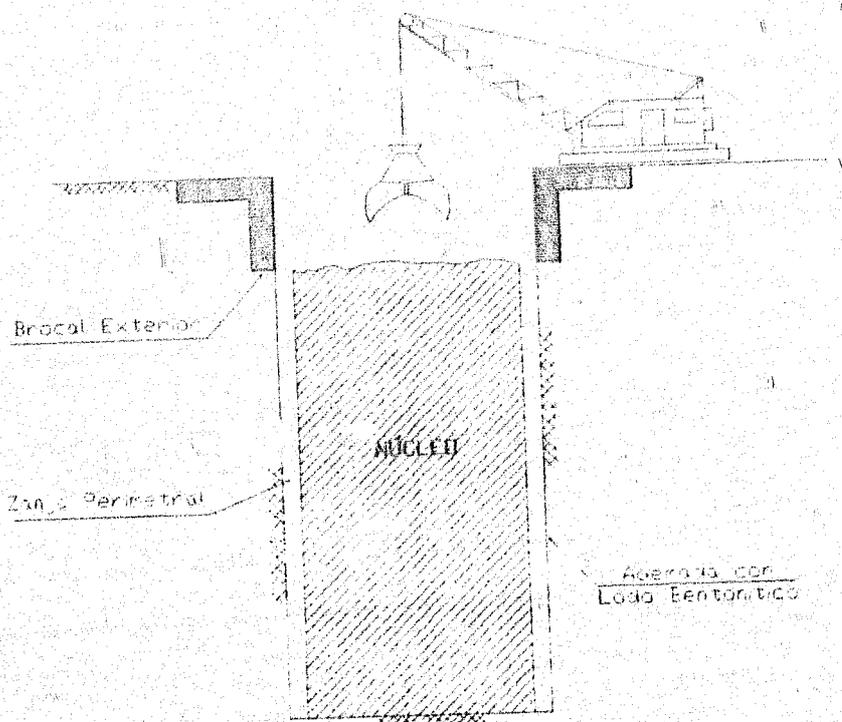


Fig. 4. Excavación del Núcleo Central

FALLA DE ORIGEN



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
ANALISIS DE LODO BENTONITICO

CONTRATISTA: A.Y.U.S.A. LOCALIZACION: AV. TERCERO ENTRE LAS CALLES 25 Y 27. HORA: 8:20

TRAMO: LUJBRERA "0" I.O.O. FRETE: MARCA:

POZO  ZANJA:  NUCLEO  DOSIFICACION: FECHA: 02 JULIO 1992 INFORME:

CONCEPTO	RESULTADO					LIMITE	ESPECIFICACION
	PROFUNDIDAD EN MTS.						
	5	12	15	20	24		
VISCOSIDAD PLASTICA (CENTIPOSES)	16	18	18	19	19	15-20	
LIMITE DE FLUENCIA (lb/100 ft <sup>2</sup> )							
VISCOSIDAD MARSH (SEGUNDOS)	40	43	47	49	52	40-120	
CONTENIDO DE ARENA (%)	0.5	0.5	0.55	0.7	0.7	MAX. 2	
VOLUMEN DE AGUA FILTRADA (cm <sup>3</sup> )							
DENSIDAD TN/MS	1.05	1.06	1.065	1.07	1.075	1.0 - 1.15	
ESPESOR DE LA COSTRA (CM.)	15	15	16	16	16	1-2	
P.H.	7	7	7	8	8	7-10	

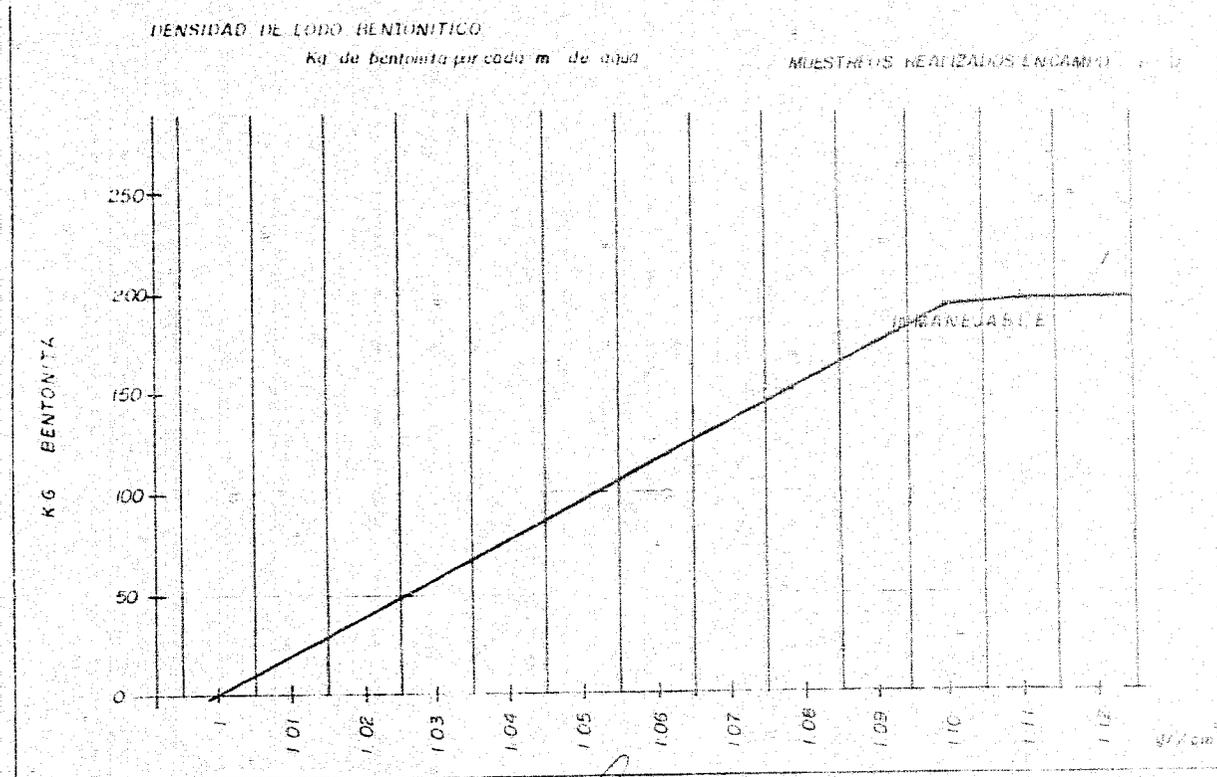
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS OBTENIDAS, CORRESPONDEN A LA BANDA PERIFERICA, A LA LUJBRERA, EXCAVACION POR TABLEROS, PROFUNDIDADES DE 5, 10, 15, 20 Y 24 M.  
SE SOLICITA A LA CONTRATISTA MEJORE EL LODO BENTONITICO

REVISADO: *[Signature]* DARYE  
 ENTERADO: *[Signature]* 454051074  
 ENTERADO: *[Signature]* DARYE



**PABVE**, S. A. de C. V.  
Construcción y Supervisión de Obra Civil

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA DE...  
17 JUNIO 1992



*[Handwritten signature]*  
PABVE

*[Handwritten signature]*  
Luis  
BYUSA

*[Handwritten signature]*  
CON

### III.5 - MEJORAMIENTO DEL SUELO A LA LLEGADA DEL ESCUDO

#### EXCAVADOR.

Al finalizar los trabajos de construcción de lumbrera, se procede a trazar la zona por donde llegará el escudo (eje del túnel y centro de la lumbrera), este tratamiento o mejoramiento consiste en trazar un área aproximada de 40 m<sup>2</sup> (9.00 x 4.60 mts.), en ésta área se excavará a una profundidad de 3.00 mts. más abajo del nivel superior de la losa fondo de la lumbrera, además de que se hará por medio de tableros para evitar que se excaven áreas muy grandes y con ello evitar serios problemas de tipos económicos que pudieran ocasionar los derrumbes.

Durante el proceso de excavación se sustituirá el material excavado por lodo bentonítico, elemento que se utilizará para ademar las paredes de la zona excavada, el material producto de la excavación se retirará en camiones de volteo hacia los tiros asignados por las autoridades correspondientes.

El procedimiento de excavación y colado de mortero en lodos se hará de la siguiente forma:

a).- Después de aislada el área en la que se construirá el tablero, manteniendo siempre el nivel de lodo bentonítico 40 cms. abajo del borde superior del brocal y/o terreno natural.

b).- La excavación de tableros se realizará en forma alternada.

c).- La excavación se hará de un equipo dotado de herramientas de corte guiada, con objeto de garantizar la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de excavación y que permite alcanzar sin problemas la profundidad del despliegue del tablero. Se requiere de herramienta capaz de cortar el mortero que en parte forma el anillo que rodea la lumbrera.

d).- La herramienta de excavación deberá deslizarse con suavidad, sin cabeceo ni golpes en el lodo o las paredes de la excavación, a fin de evitar desprendimientos o caídos; se meterá y extraerá sin brusquedad para impedir efectos de émbolo en el lodo; cortará firmemente el suelo, hincándola a presión, sin sacudirla ni arrancarla súbitamente.

e).- El bloque se excavará en tableros, no se excavará ningún tablero hasta que el mortero del tablero contiguo haya alcanzado su fraguado inicial.

f).- Los tableros serán de las dimensiones indicadas en la fig.5. El ajuste al número y dimensiones de tableros podrán plantearse en función del tamaño de las herramientas de corte.

g).- Continuamente, durante la excavación se controlarán las propiedades del lodo, efectuando las pruebas para verificar que cumplan con

los límites especificados. Se harán por lo menos dos pruebas por tablero, la primera al iniciar la excavación, y la segunda al terminarla. Esta frecuencia puede variarse según se requiera, dependiendo de la consistencia de los resultados obtenidos. Si los resultados de las pruebas indican que el lodo no cumple con los valores especificados, deberá recircularse desde la excavación hasta la batería de los hidrociclones desarenadores y adecuarse.

h) La densidad del lodo bentonítico se medirá con una balanza de todos, calibrada para leer 0.005 gr/cm<sup>3</sup>. La densidad del lodo se calculará con la expresión:

$$\rho_f = \rho - ((4c - 2q) / (H * F_s))$$

- donde:  $\rho_f$  densidad del lodo, en ton/m<sup>3</sup>
- $\rho$  peso volumétrico promedio del suelo, en ton/m<sup>3</sup>
- c resistencia al corte no drenada, en ton/m<sup>2</sup>
- q carga uniforme repartida en la superficie, en ton/m<sup>2</sup>
- H profundidad de la excavación, en m
- F<sub>s</sub> factor de seguridad, mínimo de 1.80

Ejemplo:

Si  $\rho = 1.2 \text{ ton/m}^3$        $\rho_f = 1.2 - [(4 * 2.10) - (2 * 2.00)] / (26.00 * 1.80)$

$c = 2.10 \text{ ton/m}^2$

$q = 2.00 \text{ ton/m}^2$

$H = 26.00 \text{ mts.}$        $\rho_f = 1.11 \text{ ton/m}^3$

Este valor de  $\rho_f$  será el mínimo aceptable.

La viscosidad se medirá con el cono Marsh, en el rango 30-90 segundos.

La resistencia al corte del gel, a los 10 minutos de reposo debe estar comprendida entre 0.15 y 1.00  $\text{kg/m}^2$ , determinada con "shearómetro".

El PH estará comprendido en el rango de 9.50-12.00 y se medirá con cintas reactivas o medidor eléctrico.

Cuando las pruebas muestren resultados consistentes, las pruebas para determinar la resistencia al corte y el PH pueden ser discontinuadas, pero las pruebas para conocer la densidad y viscosidad deben continuarse. En el caso de un cambio en el patrón de trabajo establecido, las pruebas de resistencia al corte y PH se harán nuevamente por el tiempo necesario.

i).- El lodo bentonítico de primer uso deberá tener un periodo de reposo mínimo de 8 horas y se preparará con agua limpia.

j).- En ningún momento se permitirá abatir el nivel de la bentonita indicado en el inciso a, ya que puede producir succiones y flujo del agua del subsuelo que favorecen la desintegración y el derrumbe de las paredes. En el

caso de fugas extraordinarias la excavación se llenará sin demora. Podrá usarse aserrín en el lodo para sellar las grietas. El aserrín se agragará al lodo en los recipientes de mezclado y no después, para evitar la formación de grumos.

k).- Si ocurrieran fugas de lodo se anotarán en el registro de sus características, señalándose de inmediato en la bitácora. No se admitirá colocar el tramo en el que se haya detectado fugas, sin antes haberlas tratado adecuadamente y asegurado su eliminación.

l).- Al terminar la excavación se extraerá el azolve del fondo de la excavación, utilizando un tubo eyector y el cucharón de almeja.

m).- No deberá transcurrir más de 24 hrs. entre el inicio de la excavación y el colado del tablero, ni más de 6 hrs. entre el momento en que sea alcanzado el fondo final de la excavación y el inicio del colado de mortero.

n).- Deberán tomarse precauciones para evitar el derrame del lodo bentonítico y del material excavado en el área exterior de trabajo. Esta deberá mantenerse limpia.

ñ).- El procedimiento de colocación y trabajabilidad del mortero serán tales que se formen tableros monolíticos y continuos. Por otra parte, el mortero se proporcionará para que una vez fraguado alcance una resistencia final mínima de  $10.00 \text{ kg/cm}^2$  y máxima de  $30.00 \text{ kg/cm}^2$ , en promedio de  $20.00 \text{ kg/cm}^2$ .

o).- Antes de la colocación del mortero se harán mediciones para asegurar que no haya acumulación de azolves y de material en el fondo de la excavación y que no se ha generado lodo bentonítico contaminado que impida el flujo libre del mortero.

p).- Se introducirán las trompas de colado o tubos tremie. Los coples de unión de cada tramo de las trompas deben ser perfectamente herméticos, para impedir la succión de aire o lodo al bajar el mortero. La longitud máxima de cada tramo será de 2.00 mts. y el diámetro no menor de 20 cms.. El tramo que sobresale de la superficie es conectado a un embudo o toiva. La toiva quedará a una altura tal que pueda descargarse directamente el mortero. El conjunto se subirá o bajará durante el colado, por lo que en la obra deberá contarse con el equipo necesario para efectuar estos movimientos.

Dos trompas de colado serán suficientes para el colado de un tablero de 9.00 X 4.60 mts. de longitud en planta, debido las pendientes que desarrolla el mortero fluido dentro del lodo. Las dos trompas se operarán simultáneamente; una vez iniciado el colado no deberán desplazarse lateralmente.

q).- Antes de iniciar el colado, el extremo inferior de la trompa se apoyará en el fondo de la excavación. Entre la toiva y el tubo se colocará un

tapón constituido por un balón latex, el cual descenderá obligado por el peso de mortero, evitando así su segregación y contaminación. Se evitará la descarga brusca del mortero que pueda dar lugar a la mezcla con el lodo. Para iniciar el flujo de mortero la rompa se levantará 30 cms. del fondo de la excavación.

r) - El mortero será suficientemente fluido para que sin vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente a lo largo del tablero. El extremo inferior de la trompa quedará en todo momento sumergido por lo menos 1.50 mts. en el mortero que se cuela. Para facilitar al principio el flujo del mortero pueda desplazarse la trompa verticalmente, hacia arriba y hacia abajo, vigilando que permanezca siempre suficientemente sumergida en el mortero, para impedir su contaminación con el lodo. A medida que el mortero fluya se agragará más mortero a la tolva, manteniendo la columna a la altura conveniente para regular la rapidez del flujo, de modo que el lodo sea desplazado hacia la superficie por la diferencia de densidades, prácticamente sin mover la tubería. El impulso del primer vaciado de mortero producirá el desplazamiento del lodo en el fondo del tablero. Un buen procedimiento de colado evitará la mezcla del mortero con el lodo, desplazando a éste siempre por arriba del mortero. En todo momento se mantendrá la suficiente cantidad de mortero en los tubos tremies para asegurar que la presión que produce sea mayor que la del lodo bentonítico. El lodo desplazado se recibirá en un recipiente colector o se succionará con una bomba de lodos. El colado de un tablero será ininterrumpido.

a) - Se llevará un riguroso control de colados, midiendo continuamente la variación del nivel de la superficie del mortero y anotándolo en un registro, con objeto de decidir el retiro oportuno de los tramos de colado y programar el suministro apropiado del mortero.

t) - En cada tablero es recomendable que 10 cms. de traslape de mortero, para que haya adherencia entre los materiales colados.

u) - El mortero colocado en la zona de mejoramiento es de baja resistencia para que cuando llegue el escudo excavador, no tenga problemas de excavar en éste tipo de material.

v) - Los mejoramientos en tableros para el Sistema de Drenaje Profundo de la Cd. de México, se están llevando a cabo de la manera explicada en los incisos anteriores, dado las características del suelo de la Cd. de México que es de tipo arcilloso.

w) - Por recomendaciones de estudios de Mecánica de Suelos, las zonas excavadas no deberán permanecer mucho tiempo abiertas, para así evitar serios problemas que pudieran presentarse siendo estos principalmente derrumbes.

Siendo los incisos anteriores el procedimiento de excavación y colado de tableros, éstos repetirán en cada uno de los tableros existentes en la lumbrera. (Ver fig. 5)

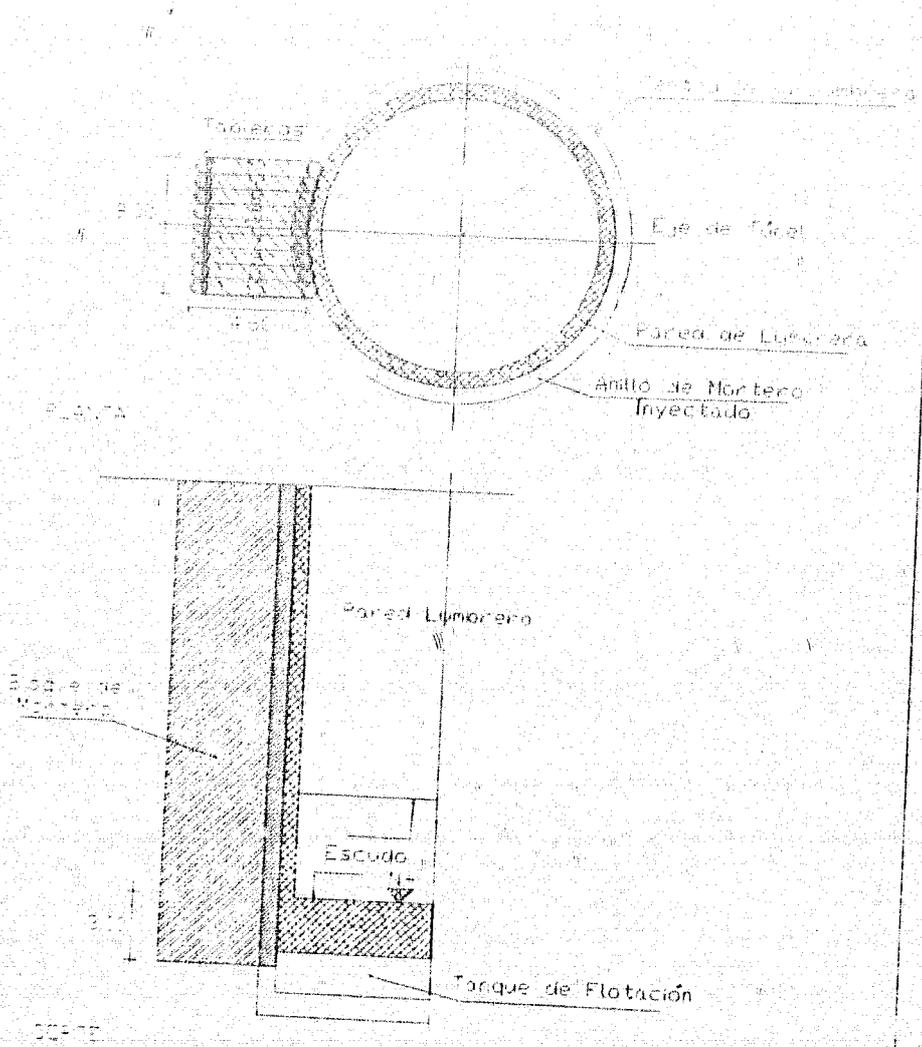
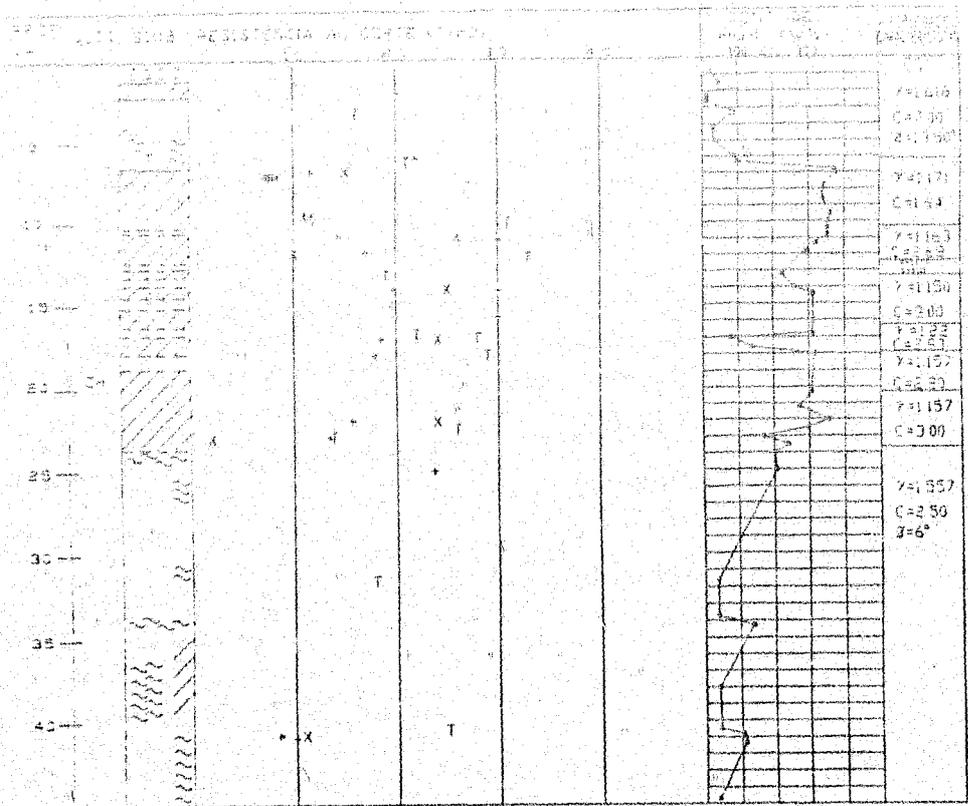


Fig. 5 Disposición de tableros en el Mejoramiento del Cuadro de Legajos de Escalas.

FALLA DE ORIGEN



SIMBOLOGIA

TORCONE TRD

qu/2 -->

u u -x

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO DE UNA LUMBRERA

## **CAPÍTULO IV**

# **LUMBRERAS POR EL MÉTODO DE FLOTACIÓN**

#### IV.- LUMBRERAS POR EL MÉTODO DE FLOTACIÓN.

##### IV.-1. FABRICACIÓN DEL TANQUE DE FLOTACIÓN.

Simultáneamente a la excavación del núcleo central de la lumbrera, se debe llevar a cabo en la obra la fabricación del tanque de flotación, mediante una estructura metálica con una altura de aproximadamente 3.00 mts. y un diámetro que estara en función de la lumbrera, en uno de sus extremos tiene una tapa, la cual servirá de base para desplantar la estructura de la lumbrera. Cabe señalar que este tanque está compuesto por perfiles angulares y placas de acero estructural de 4" x 1/4" y 2 1/2" x 1/4" ( Ver plano No.3)

Las paredes y tapa del tanque de flotación deberán ser herméticas, de tal forma que no presenten fugas de aire, ya que su función principal de ésta estructura es: servir como cámara de flotación mediante la inclusión de aire a presión, para evitar que se presenten fugas se lleva a cabo un estudio radiográfico minucioso, seleccionándose aquellos tramos de soldaduras que a juicio del personal calificado pudieran presentar problemas, dependiendo de éstas, se harán las correcciones pertinentes a fin de que la estructura sea hermética (Ver fig. 6).

Otro de los cuidados que se deben tener para evitar fugas en el tanque de flotación, es que en las uniones de placas que forman la tapa la pared lateral del tanque se llave a cabo una soldadura en forma continua sellándola totalmente.

El objetivo principal que tiene el tanque de flotación, es el de recibir y transmitir las cargas al suelo, correspondiente a la losa fondo, muros, y en algunos casos la losa tapa y chimenea de la lumbrera, elementos primordiales que están considerados dentro de los cálculos estructurales de las lumbreras flotadas.

Previo a la colocación del tanque de flotación en la losa excavada, ésta deberá contener ménsulas en su perímetro para sujetarlo mediante las viguetas de sujeción y así poder realizar la primera etapa de colado.

El diámetro del tanque de flotación corresponde al de la lumbrera en construcción medida al exterior del muro. El número de apoyos perimetrales puede variar en función del diámetro de la lumbrera, pero éste número debe ser múltiplo de seis con el objeto de llevar a cabo una distribución uniforme de carga en cada apoyo.

El tanque de flotación se construirá con perfiles y placas de acero estructural de acuerdo con las normas de ASTM A-36, así como los electrodos para su soldadura de campo y taller deberán cumplir con los requisitos indicados en las normas del ASTM A-283 clase E-60 de la AWS. LA soldadura de taller o de campo deberá hacerse con las piezas sostenidas rigidamente y al realizarlas se verificará que las superficies a soldar estén totalmente limpias de escorias, costras, grasas, pinturas, etc., además de que la soldadura deberá ser aplicada evitando torceduras, flambes y requemado de material, las piezas que presenten éstos defectos se repondrán en forma parcial o total, según sea el caso. La fabricación del tanque se hará de acuerdo a las especificaciones del AISC y AWS excepto otra que indique el proyecto para evitar problemas durante la inmersión de la lumbrera (Ver plano No.3).

El tanque de flotación contiene once tuberías de 2" de diámetro, de las cuales cuatro serán perimetralmente al exterior del tanque colocadas a 60° con respecto a la horizontal de éste, cuatro se localizarán en el perímetro interior del tanque y las tres restantes estarán ubicadas en el centro del tanque, todas estas tuberías se prolongan conforme avancen los trabajos de construcción de la lumbrera.

Por medio de estas tuberías (tremies) se inyecta:

- a) - Aire a presión, para hacer que la lumbrera flote como una boya en el mar.
- b) - Agua a presión, para aplicar peso al tanque y este baje al fondo de la zona excavada.
- c) - Inyección de mortero, se aplica esta mezcla de materiales para incrementar el peso al tanque y a la vez, evitar que éste flote a la superficie, cuando éste se encuentra en el fondo de la excavación.

Las tuberías mencionadas son de vital importancia para la correcta ejecución de las lumbreras flotadas, las tuberías centrales están a diferentes profundidades: 2.50 mts., 1.50 mts. y 0.50 mts., contados a partir del fondo del tanque de flotación, mismas que serán utilizadas para el llenado de mortero al tanque (Ver plano No.3).

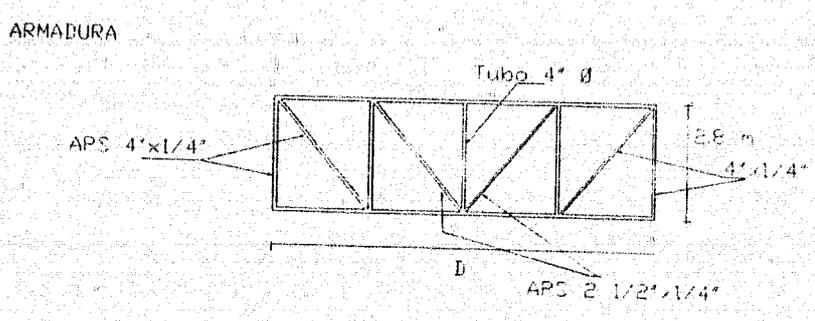
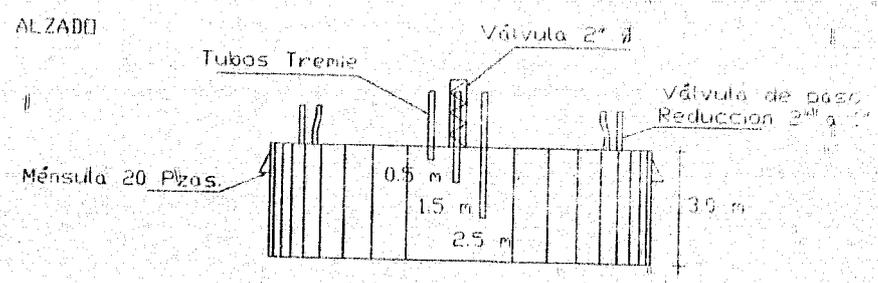
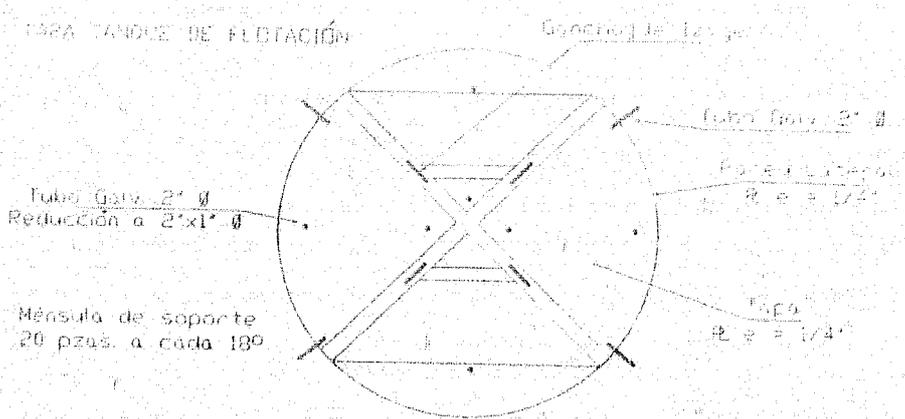


Fig. 6 Fabricación del Tanque de Flotación.

FALLA DE ORIGEN



**P. E. B.**, S. A. de C. V.  
 Construcción y Supervisión de Obra Civil

DATOS GENERALES			
Cliente: <u>P. E. B. S. A. de C. V.</u>	Fecha: <u>05/07/22</u>	Obra: <u>LUMBRERA "C" I. Q.</u>	
Departamento: <u>DOS</u>	Zona: <u>ORIENTE</u>	No. de Placas: <u>12</u>	Turno: <u>11 21 31</u>

CRITERIOS DE EXPOSICION			
CODIGO ASME SECCION: <u>API</u>	ANSI	OTRO	
FUENTE: <u>BL 192</u>	<u>X</u>	RAYOS X radial	RAYOS X direccional
TAMANO: <u>Avant</u>	afecto de diámetro		
PANTALLAS: <u>Calcio</u>		Plomo: <u>X</u>	
ESPESOR PANTALLAS: <u>Fuente</u>		Huespado	

IDENTIFICACION	%	ESPESOR	SOLDADURA BUENA	MAA	DEFECTO	LOCALIZACION DE DEFECTO
1 TANQUE DE FLOTACION			X		P.S.	
2			X		S.P.IE	
3			X		S.P.IE	
4			X		SI.O.P.	
5				X	FF.Q.P.	
6			X		S.P.IE	
7			X		SI.S.IE	
8			X		SI.P	
9			X		SI.P	
10			X		SI.P	
11			X		CR.SI.P.	
12			X		P.S.	
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

CB-CORONA BAJA  
 CC-CORONA EN LA RAIZ  
 DL-DOBLE LINEA DE ESCORIA  
 DP-DESALINEAMIENTO EN PLACAS  
 DS-DESALINEAMIENTO SOLDADURA  
 DT-DESALINEAMIENTO TUBOS  
 FF-FALTA DE FUSION  
 FP-FALTA DE PENETRACION  
 FE-ENTORNO DE ESCORIA  
 LE-LINEA DE ESCORIA  
 P-POROSIDAD

PC-PORO CLINDRICO  
 PE-PENETRACION EXCESSIVA  
 Q-QUEMADA ATRAVES DE LA RAIZ  
 RC-ROTURA EN CRATER  
 RD-ROTURA DIAGONAL  
 RE-REFUERZO EXCESSIVO  
 RL-ROTURA LONGITUDINAL  
 RP-ROTURA EN PLACA  
 RT-ROTURA TRANSVERSAL  
 S-SOCAVADO  
 SI-SOCAVADO INTERNO  
 SC-SOCAVADO ENTRE CORDONES

NOMBRE: RAFAEL LAGO  
 FECHA: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

#### IV.2 - COLOCACIÓN DEL TANQUE DE FLOTACIÓN (INVERTIDO Y NORMAL).

Estando concluida la excavación de la lumbrera y limpia de obstáculos, procedemos a colocar las vigas de sujeción las cuales soportarán al tanque a través de las ménsulas que tiene el mismo.

El tanque de flotación es trasladado de su lugar de fabricación dentro de la zona del campamento y colocado en la zona excavada (núcleo central), empleando para ello grúas que puedan llevar a cabo las maniobras para la colocación del tanque; el cual tiene un peso aproximado de 40.00 ton., aunque esto también está en función del diámetro de la lumbrera, además de que debe tener especial cuidado en no dañar las tuberías del tanque, dejándolo descansar sobre las viguetas de sujeción previamente instaladas en el brocal exterior (Ver fig. 7).

Otro objetivo por el que se debe montar el tanque de flotación con toda precaución, es para evitar la introducción de esfuerzos residuales por efectos de pluma o malacate, tornillo o soldaduras en las juntas, no deberá mostrarse ninguna pieza que este deformada por efectos de golpes durante el montaje.

Después de colocar el tanque de flotación, se procede a colocar plumas o matorcates manuales empleados para el control de los movimientos de inmersión de la lumbrera, los cuales son instalados sobre el brocal exterior, con la inclinación hacia el centro del muro de la lumbrera, fijándolos por medio de cables de acero en los muertos o dados colocados en la zona del brocal exterior, con la finalidad de que no existan movimientos verticales, horizontales o desbalanceos en la lumbrera durante inmersiones.

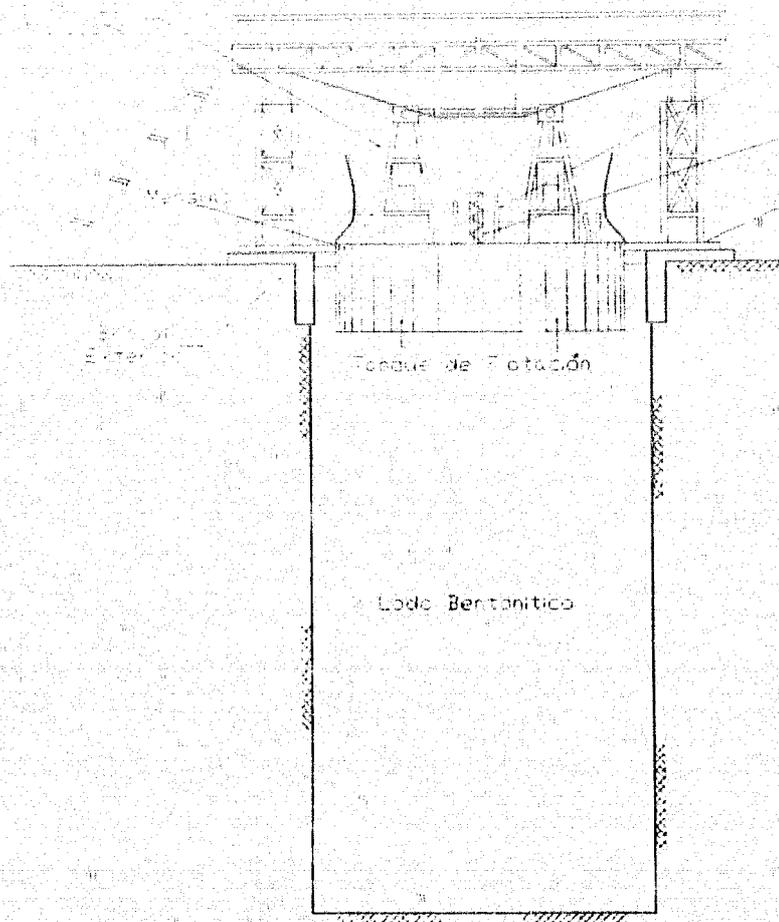


Fig. 7. Diagrama de Torque de Rotación

FALLA DE ORIGEN

#### IV.3 - CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE FONDO EN TANQUE DE FLOTACIÓN (INVERTIDO Y NORMAL).

Una vez colocado el tanque de flotación en su posición inicial apoyándolo perimetralmente en las viguetas de sujeción, se colocarán 60 cms. de losa de fondo más 1.80 mts. de muro con las preparaciones (huecos en el muro) de 25 x 40 x 15 cms., necesarias para apoyarse en las viguetas de sujeción (Ver plano No.2).

En el segundo y tercer colado se colocarán otros 60 y 80 cms. de losa de fondo, más 1.50 y 1.60 mts. de muro respectivamente, es decir, que durante estos tres colados e inmersiones respectivas la losa de fondo quedará con un espesor de 2.00 mts. y un muro revestido de 4.90 mts. de altura, aunque cabe señalar también que el espesor de la losa de fondo va de acuerdo con las características geométricas de la lumbrera (Ver figs. 8,9 y 10).

Durante la colocación de acero de refuerzo se fijan las cajas metálicas donde se colocarán las viguetas de sujeción para sustentar todo el conjunto, misma que deben estar alineadas, a fin de evitar contratiempos durante el descenso y la sujeción de la misma durante esta etapa el proceso constructivo

es convencional, es decir, losa y muro de la lumbrera son de concreto armado y al cimbra utilizada es de madera.

Una vez que se inicia el armado del lecho inferior de la losa de fondo de la lumbrera, al mismo tiempo se colocan las plumas o malacatas, así como las poleas que se usarán para equilibrar la lumbrera. También en ese momento es colocado el puente metálico en el que se distribuirá a través de un equipo de bombeo el concreto, tanto a la losa de fondo como a el muro de la lumbrera.

El concreto con el que se construyen las lumbreras está elaborado con cemento tipo V y debe ser de resistencia rápida. El peso del volumen de concreto del primer colado es definitivo en base a la capacidad de carga del tanque en esta etapa, y una vez que se ha realizado el primer colado y el descimbrado se inicia con la inmersión de la lumbrera.

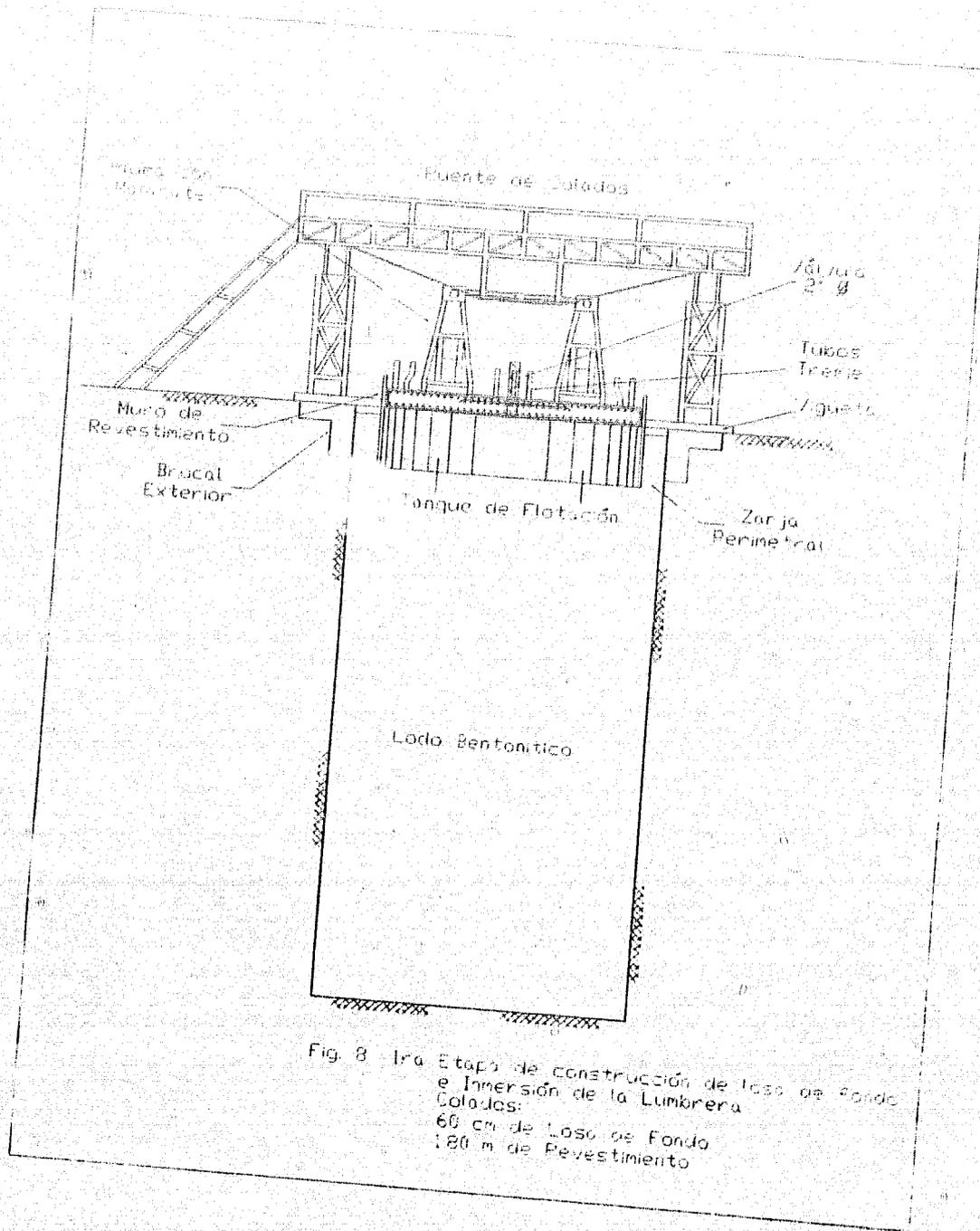


Fig. 8 - 1ra Etapa de construcción de losa de fondo e Inmersión de la Lumbrena Coladas:  
 60 cm de Losa de Fondo  
 120 m de Revestimiento

FALLA DE ORIGEN

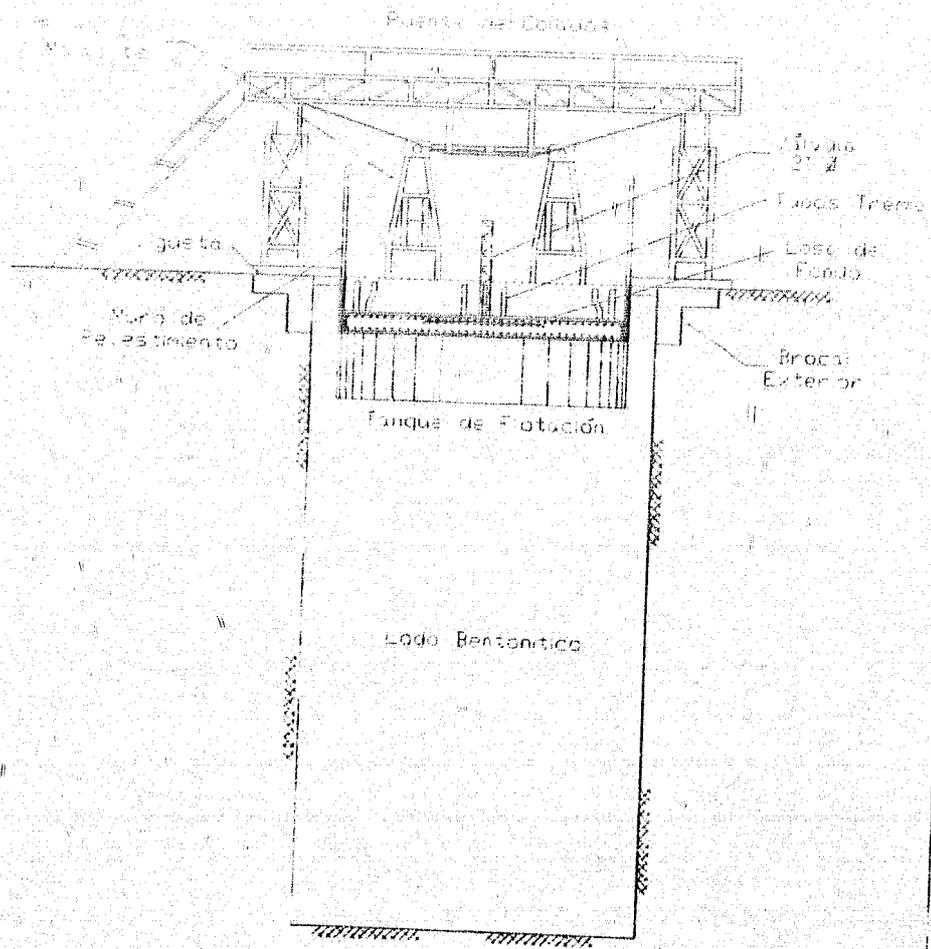


Fig. 9 - Esta Etapa de construcción de Lodo de Formo e Inmersión de los Cimientos.  
 60 cm de Lazo de Formo  
 150 cm de Peleostimento

FALLA DE ORIGEN

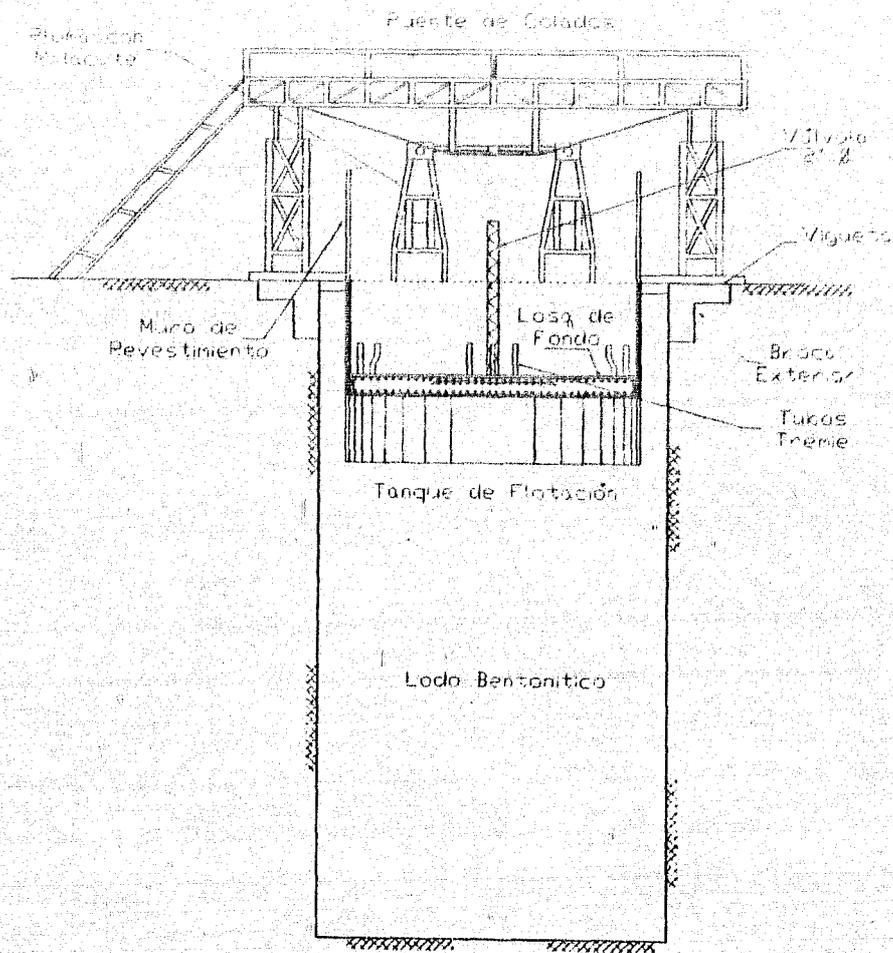


Fig. 10 3ra Etapa de construcción de losaj de Fondo e Inmersión de la Lumbreros Colados:  
 60 cm de Losaj de Fondo  
 160 m de Revestimiento

FALLA DE ORIGEN

#### IV.4. REVESTIMIENTO E INMERSIÓN DE LA LUMBRERA (INCLUYE: PORTAL DE SALIDA PRIMERA ETAPA).

Después del colado una parte del muro (1.8 mts), durante la construcción de la losa de fondo se proceda de igual forma al armado y colado del muro restante de la lumbrera haciendo inmersiones que más adelante se describirán.

Durante la fabricación del tanque de flotación, se habilita la cimbra de madera que será utilizada en la construcción de la lumbrera, misma que al terminar la colocación del acero y cajas metálicas se instala teniendo especial cuidado con el plomeo de ésta para evitar errores subsecuentes, ésta se fija con pasadores y polines y al terminar de verificar la posición de la cimbra, procedemos a colocar el concreto hidráulico a través de un equipo de bombeo colocado en el puente metálico y es de ahí desde donde se hace el colado del muro de la lumbrera; este proceso es repetitivo hasta llenar el total de la cimbra que tiene una altura de 2.44 mts. y un espesor de 60 cms. que es lo que tiene el muro de la lumbrera, dejando en reposo la lumbrera por un término de 12 hrs., para iniciar el desclimbado de la misma y estar en posibilidades de bajar la estructura.

Para bajar la primera etapa se le inyecta aire al tanque a través de los tubos tremies colocados a diferentes alturas con respecto al fondo del tanque, para que éste flote y de esa forma retirar las vigas dado que el centro de gravedad del conjunto lumbrera tanque está por arriba del centro de flotación por lo que también se requiere de la ayuda de las cuatro plumas con malacates colocados anteriormente para así darle estabilidad al tanque. Simultáneamente se lleva a cabo la extracción de lodo bentonítico de la lumbrera; al retirar la última viga, se abren las válvulas para expulsar el aire comprimido dentro del tanque permitiendo así, la inclusión de agua para el descenso de la estructura, al mismo tiempo que operan las plumas con malacates manuales hasta que las cajas que se dejaron ahogadas en el muro de concreto alcancen el nivel de las viguetas de sujeción, teniendo especial cuidado en no cargar la estructura de un solo lado, en caso de presentarse un desequilibrio, se puede hacer lo siguiente:

Cerrar la(s) válvula(s) más cercana a la inclinación y abrir el total de las válvulas del lado opuesto, o bien colocar puntales en el muro y brocal exterior de la lumbrera, a fin de crear un momento que compense el volteo, y así la estructura nuevamente quede sujeta por las viguetas de sujeción y plumas con malacates.

Cabe mencionar que al descender la lumbrera hacia la zona excavada se inicia la construcción de la siguiente etapa del muro. En la segunda etapa del colado del muro, se inicia el proceso constructivo del portal de salida del escudo, la zona que forma el muro de la lumbrera donde saldrá el escudo, se construye con un mortero de resistencia de  $F'c=20.00 \text{ Kg/cm}^2$  en promedio para que el equipo excavador penetre con facilidad, ya que el escudo solamente excava en suelos blandos (materiales arcillosos).

El espesor del muro del portal es de 60 cms. igual al muro de la lumbrera, es importante mencionar que perimetralmente al portal se construye una trabe de acero de refuerzo. El diámetro del portal de salida es de 7.20 mts.; finalmente se aplica impermeabilizante en toda la superficie del portal, para evitar que penetren materiales extraños en esa zona y obviamente sea impermeable.

El diseño de este portal integrado al muro de la lumbrera, resolvió en gran parte los problemas que se venían presentando en los diferentes frentes de trabajo, referente a la salida del escudo en lumbreras flotadas. Antes del diseño del portal de salida integrado a la lumbrera, se construían las lumbreras sin dejar las preparaciones para la salida del escudo y cuando este llegaba a la lumbrera,

se procedía a la demolición del concreto armado en la zona de llegada. La demolición se realizaba con un chorro de agua a presión.

Para poder cortar el concreto, sin dañar más allá de lo indicado, además de que se tenían problemas de intrusión de material en la zona de demolición, se optó por un mejoramiento del suelo a la llegada del escudo excavador, para evitar la intrusión de material y derrumbes hacia la lumbrera.

Cabe señalar que sin la inclusión de éstas nuevas técnicas constructivas (portal de salida integrado al muro de la lumbrera y mejoramiento del suelo a la llegada del escudo), el tiempo de construcción de la lumbrera sería más largo y por consiguiente tendría un costo más elevado.

Para cumplir con las condiciones de calidad en el mortero, se procedió a diseñar la mezcla ideal para  $1.00 \text{ m}^3$ , debido a que una resistencia mayor a la antes mencionada; el escudo podría tener problemas para cortarla, además de que debe ser impermeable, por lo que la dosificación de materiales a utilizar debe ser la siguiente:

Materiales	Dosificación
-Arena	1568 kg.
-Cemento	150 kg.

-Bentonita	150 kg
-Agua	297 lts.
-Fibra (polypropileno)	1 kg
-Acelerante	156 lts.

Debido a la poca experiencia que se tiene con la resistencia de los morteros, es necesario hacer seguimiento diario del cuál se obtienen 45 muestras aproximadamente para ser probadas, a fin de poder hacer las correcciones en su momento.

Después del tercer colado, dado que la lumbrera por si misma tiene capacidad de flotación mayor que su mismo peso por el empuje del lodo bentonítico, es necesario lastrarla, lo cual se hace con el mismo lodo que es desplazado o con el agua en su interior del tanque, ésto sin aire.

La operación de inmersión por etapas de la lumbrera se realiza de la misma forma que las anteriores, hasta alcanzar la profundidad del proyecto y después del tercer colado las inmersiones se hacen a cada 2.44 mts., ésto mediante la verificación de niveles por parte de la brigada topográfica, de ahí su importancia (Ver fig. 11).

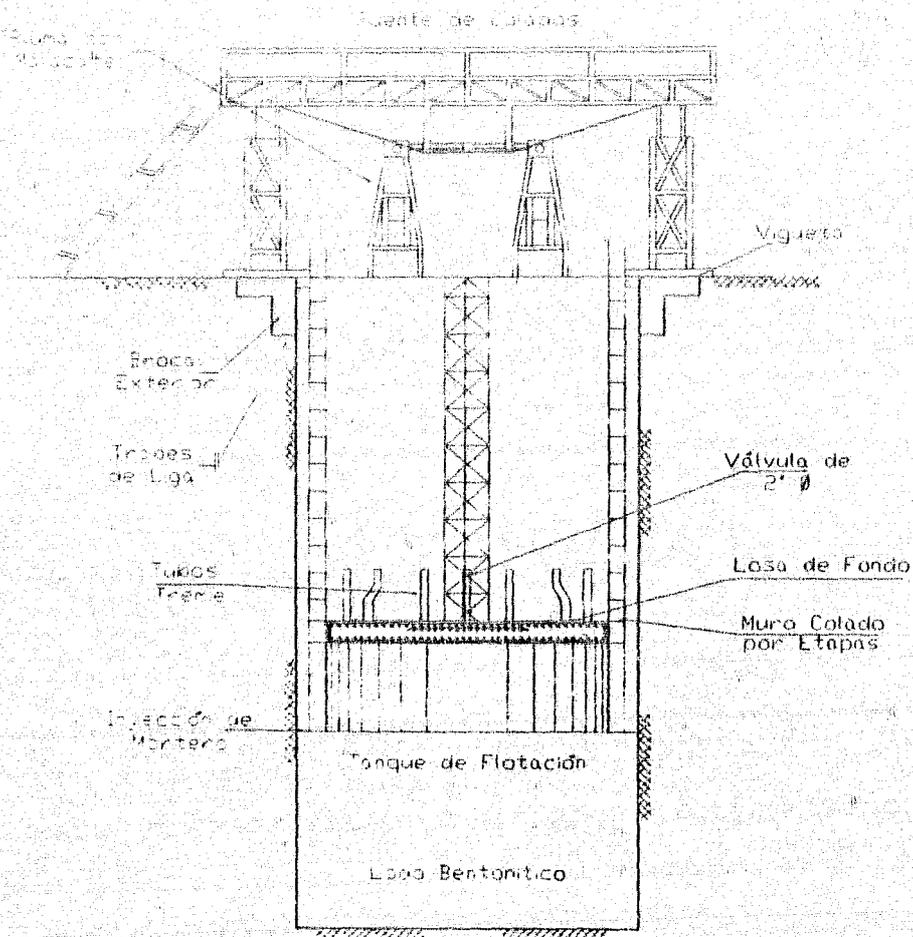


Fig. 11. Revestimiento e Inmersión de la Lancha.



**PALETTA** S.A. de C.V.  
 Construcción y Supervisión de Obra Civil

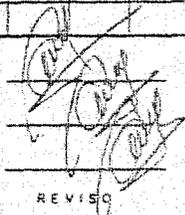
RESULTADO DE PRUEBAS DE COMPRESION  
 EN CILINDROS DE CONCRETO

CONTROL DE  
 CONCRETO

OBRA LUMBRERA O INTERCEPTOR ORIENTE-ORIENTE DIRECTOR D.G.C.O.H.  
 UBICACION AVENIDA TEXCOCO Y CALLE 27 CONSTRUCTORA AVUSA

No. DE MUESTRA Y CILINDRO	FECHA DE COLADO	LOCALIZACION	FECHA DE PRUEBA	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>				OBSERVACIONES	
				3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS		
35-1	25 Jul. 1992	4a. Etapa de Muro tablero	01 Ago		151			250 N	KATYNA
35-2	"	"	"		151				
35-3	"	"	22 Ago				253		
35-4	"	"	"				253		
36-1	"	5a. Etapa de Muro tablero	01 Ago		190				
36-2	"	"	"		190				
36-3	"	"	22 Ago				273		
36-4	"	"	"				277		
37-1	"	5a. Etapa de Muro tablero	01 Ago		161				
37-2	"	"	"		158				
37-3	"	"	22 Ago				256		
37-4	"	"	"				249		

MEXICO, D.F. A 01 DE Agosto 1992. ( 6 PRUEBAS A 7 DIAS )  
 A 22 DE Agosto 1992. ( 6 PRUEBAS A 28 DIAS )  
 A \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ PRUEBAS A \_\_\_\_\_ DIAS )

  
 REVISO      APROBO      ENTERADO

#### IV 5.- CONSTRUCCIÓN DE TRABES DE ANCLAJE.

Al finalizar la última etapa de colado del muro de la lumbrera, ésta quedará sujeta con ocho trabes de anclaje las cuales quedarán ligadas al brocal exterior, con la finalidad de que no existan movimientos de la estructura durante el proceso de inyección del mortero en la lumbrera y también evitar un posible proceso de flotación, o cualquier eventualidad que surja; y así darle a la lumbrera la seguridad y estabilidad deseada.

En la última etapa de colado de muro de la lumbrera, se dejan preparaciones sin interrumpir el acero en el muro, esto para que después de terminado el revestimiento final de la lumbrera se puedan ahí anclar las trabes, colocadas éstas a cada 45° (Ver fig. 12 y plano No.2).

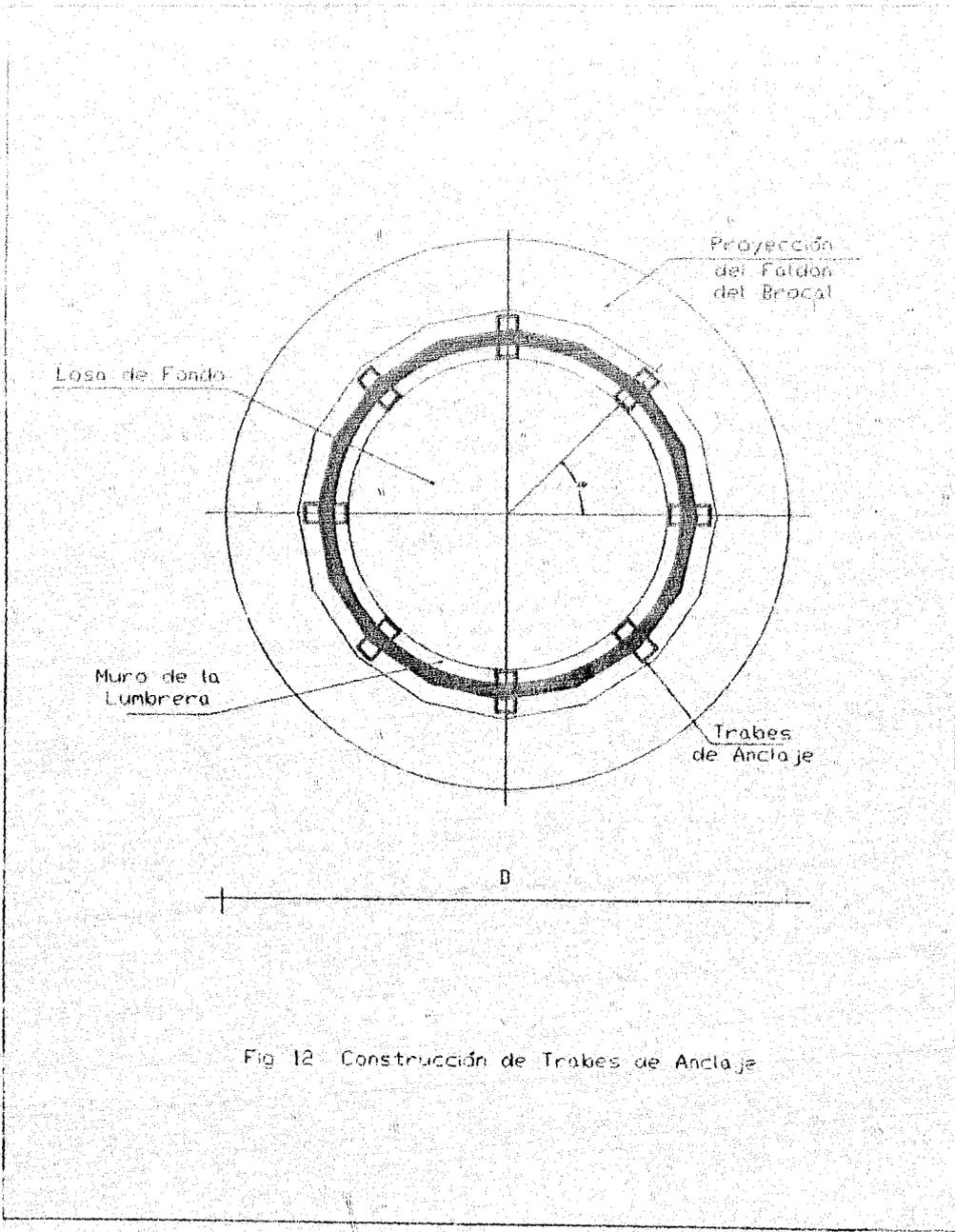


Fig 12 Construcción de Trabes de Anclaje

#### IV.5 INYECCION DEL MORTERO EN LA ZONA ANULAR.

Adquirida la resistencia en las trabas de anclaje se procede a la inyección del mortero en el tanque de flotación mediante los tubos galvanizados de 2" de diámetro, llenando primeramente la parte central del tanque y continuando con los tubos perimetrales que están colocados en el interior y exterior del tanque.

Conforme se van llenando las zonas, se retira el lodo que ocupa el mortero, esto por diferencia de densidades y pesos específicos de cada material, siendo este retiro a través de la zanja perimetral. El lodo bentonítico también puede ser retirado por medio de equipo de bombeo hacia los carcamos o por medio de tuberías colocadas en el muro de la lumbrera.

Para garantizar al máximo la inyección de relleno se procede de la siguiente manera:

- a).- Se lava el tanque para bajar la densidad del lodo, inyectando agua a presión,
- b).- Se procede a inyectar mortero por los tubos instalados en el centro del tanque de flotación, iniciando con el más profundo y terminando con el menos profundo, los cuales se encuentra generalmente instalados a 2.50

mts., 1.50 mts. y .50 mts. respectivamente bajo la tapa del tanque, dando por terminado así, esta etapa de la inyección.

c) - Se continúa con la inyección de la zona anular, mediante las tuberías colocada al muro de la lumbrera.

Quando se termina la inyección del mortero en el tanque de flotación se retirarán los tubos galvanizados centrales y perimetrales inmediatamente. Es importante señalar ampliamente, que la inyección de mortero en la zanja perimetral se efectúa por medio de cuatro tubos tremies instalados alrededor de la lumbrera; esto con el fin de no hacer cambios continuos de tubería para evitar el remoldeo del material colocado (Ver fig. 13).

Conforme aumenta el volumen del mortero colocado, se va realizando el retiro de los tramos de tubería tremie y durante éstos procesos, el lodo bentonítico también es retirado hacia los carcamos de bombeo.

La inyección de mortero en la zanja perimetral se efectuará, siguiendo las manecillas del reloj, y su llenado deberá ser uniforme para que no queden zonas sin llenar y que éstas generen bolsas de agua o burbujas que al finalizar la inyección, provoquen hundimientos diferenciales en el suelo; por lo tanto es

recomendable cumplir con las especificaciones y procedimientos constructivos  
iniciados en el proyecto.

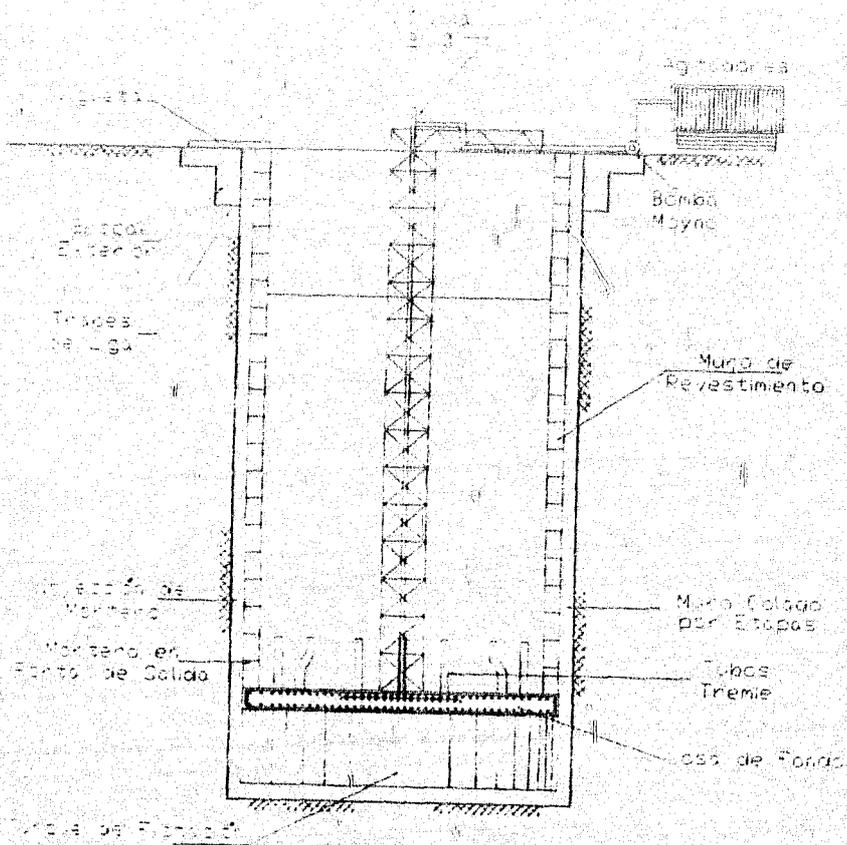


Fig. 13. Inyección de Mortero en Cava de Fondo.

## FALLA DE ORIGEN



**PABLO**  
S.A. de C.V.  
Construcción y Supervisión de Obra Civil

RESULTADO DE PRUEBAS DE COMPRESION  
EN CILINDROS DE CONCRETO

CONTROL DE  
CONCRETO

OBRA LINDRIZA "O" INTERIOR OPTIMO ORLINE DIRECTOR D.G.C.O.H.  
UBICACION AVENIDA TERCERO Y CALLE 27 CONSTRUCTORA AVISA

No. DE MUESTRA Y CILINDRO	FECHA DE COLADO	LOCALIZACION	FECHA DE PRUEBA	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>					OBSERVACIONES
				3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	DE PROYECTO	
6-1	19 ago.	inyección en interior de tarrajeo	22 ago.	3.8					1654
6-2	1992	de flotación	26 ago.		60				1654
6-3	"	muestra tomada en agitador	02 Sep.						
6-4	"		"						
6-5	"		09 Sep.						
6-6	"		16 Sep.						
									PROPORCIONAMIENTOS
									CEMENTO = 175 kg
									ARENA SILICA 1134 kg
									AGUA 310 lts
									MEMBRAS

MEXICO, D.F. a 22 DE AGOSTO 1992 ( 3 PRUEBAS A 3 DIAS )  
A 26 DE AGOSTO 1992 ( 1 PRUEBAS A 7 DIAS )  
A DE ( PRUEBAS A DIAS )

REVISO *[Signature]* APROBO *[Signature]* ENTREGADO

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



#### IV 7 - CONSTRUCCIÓN DEL PORTAL DE SALIDA SEGUNDA ETAPA

Para continuar con la construcción del portal de salida en la lumbrera, se procede a retirar el lastre o agua que fue utilizada para darle peso a la lumbrera y no presentará movimientos de flotación, ésta actividad se realiza una vez concluidos los trabajos de mejoramiento del suelo e inyección de mortero, en las zonas indicadas en el proyecto.

Cabe señalar de manera más explícita, que el mortero del portal de salida del escudo requiere de una capa de protección en las superficies interior y exterior para evitar los efectos de agrietamiento casual, erosión y posibles filtraciones de lodos bentoníticos o agua.

Las propiedades que deberá reunir la capa de protección exterior e interior son las siguientes:

- a).- Impermeabilidad para evitar el paso de agua o lodos, así como la flexibilidad para poder seguir pequeños desplazamientos relativos y deformaciones sin agrietamientos o pérdida de materiales.
- b).- Resistencia para evitar los efectos de ataques mecánicos que presentan las turbulencias por la recirculación de lodos o agua.

c) - Tener fragilidad o capacidad de romperse en fragmentos pequeños en el instante del paso del escudo para no interferir con su operación, además de la fragilidad del mortero es necesaria dado que el escudo sólo corta en materiales blandos.

De acuerdo a estudios realizados se llegó a la conclusión de que la capa de protección podría servir adecuadamente para los dos primeros propósitos escritos anteriormente, pero por otro lado podrían provocar problemas de operación en el escudo, ya que las membranas de esta capa de protección, tienen elevada resistencia a la tensión y dado a ésta propiedad es dificultoso retirarlas en los instantes de paso del escudo. Para la solución de éste problema en particular, fue necesario proporcionar una delgada capa de mortero de alta resistencia, impermeable y con suficiente flexibilidad y resistencia a la tensión para evitar el agrietamiento excesivo y permitir el paso del escudo sin alteraciones importantes en su operación.

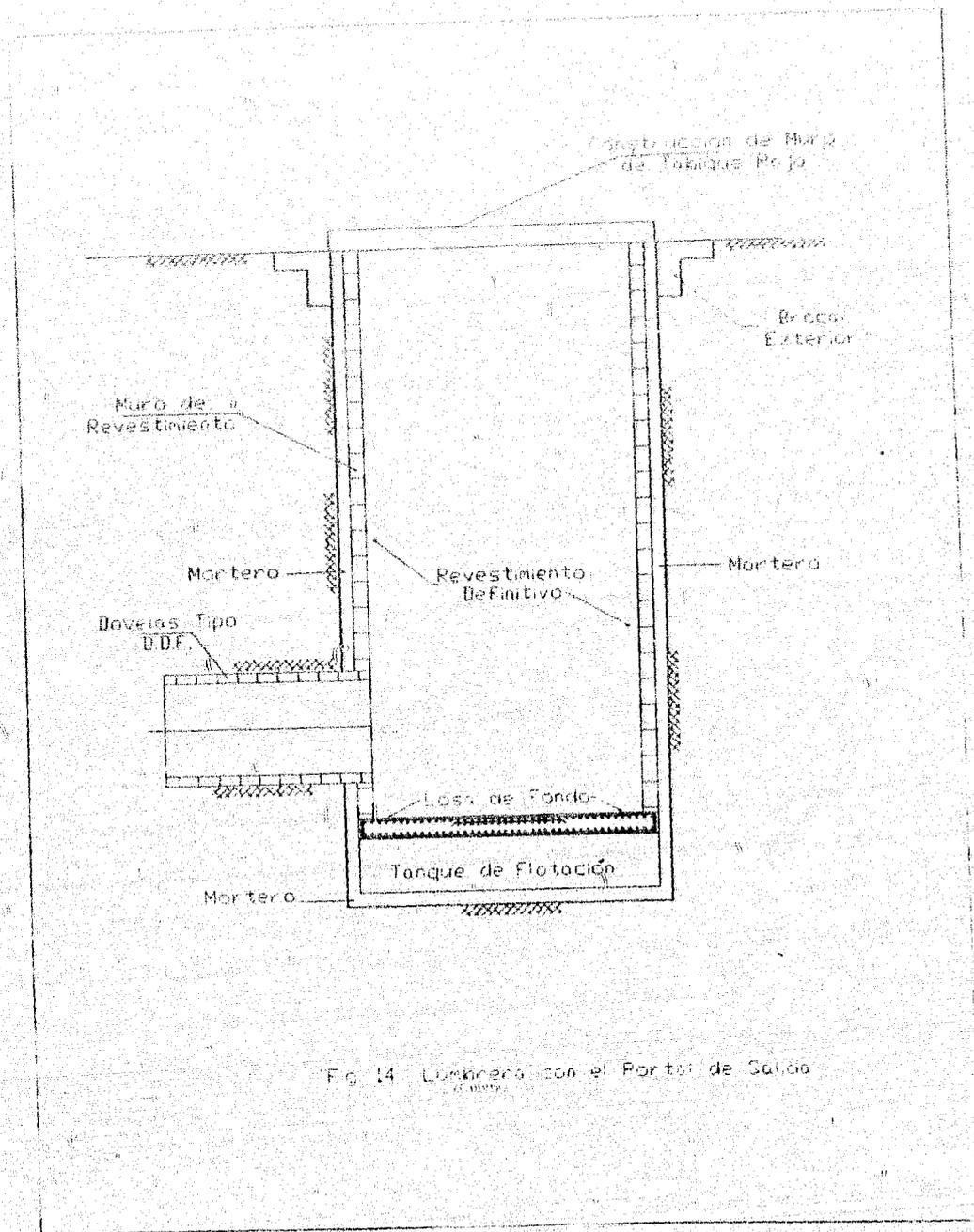
Las recomendaciones para las capas de protección del muro del mortero en las superficies interior y exterior del portal de salida serían las siguientes; que la capa de protección que se propone además de ser de un mortero de alta resistencia este reforzada perimetralmente con una malla ciclónica galvanizada con fibras de nylon tipo 6.12, donde la malla se

implementará en las onillas para proteger ésta zona contra los agrietamientos excesivos, donde estas zonas tienen el comportamiento de tipo peculiar por el cambio brusco de las rigideces del muro de concreto al muro de mortero, ya que en la franja de la frontera de éstos muros hay acumulaciones de fuerzas y en donde las fibras de nylon tipo 6.12 sirven para aumentar la resistencia a la tensión y la flexibilidad del material de mortero; además de que también esta malla se implementará en la superficie interior del muro de mortero - muro de concreto, y en los espacios que hay entre viguetas para lograr la seguridad contra el deterioro de la superficie del mortero. Todo esto mejorado con el impermeabilizante integral AZ y la superficie exterior es impermeabilizada con hidropimer y posteriormente con vaportite 550.

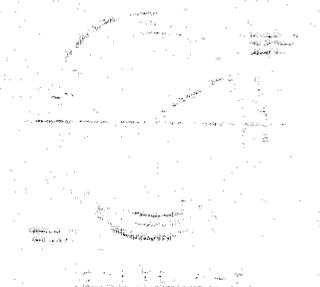
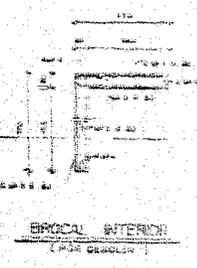
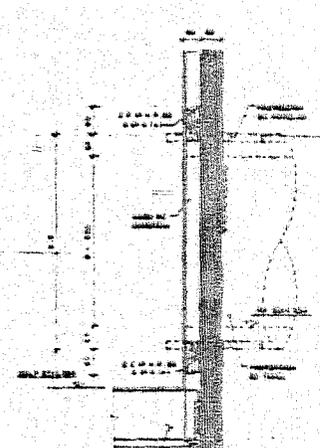
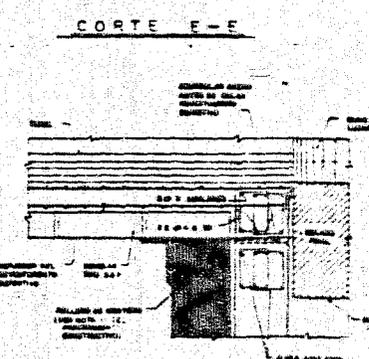
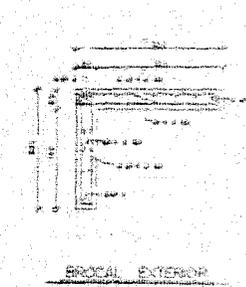
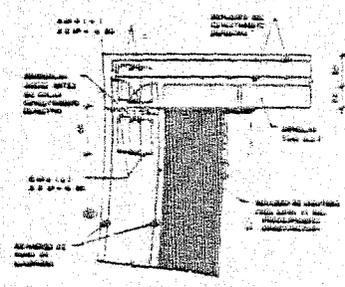
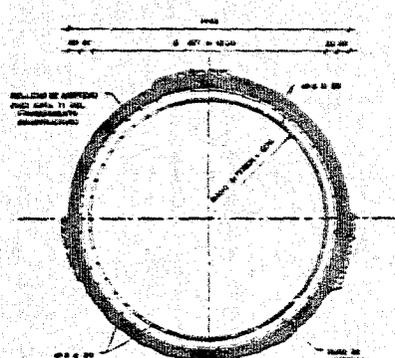
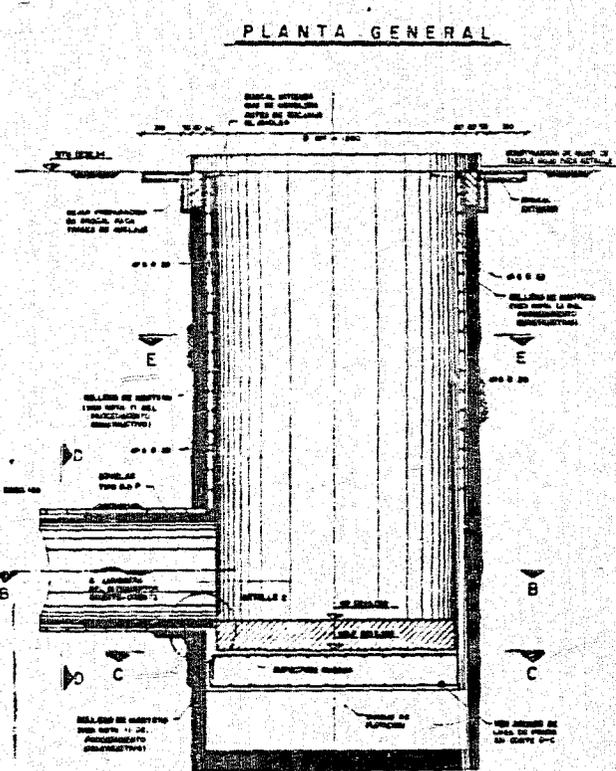
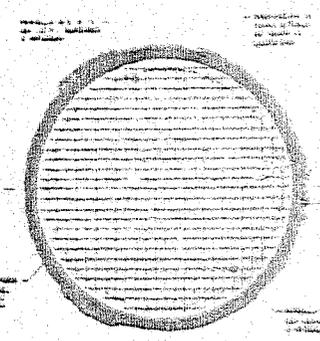
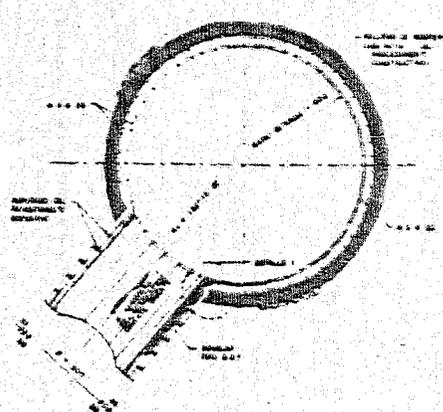
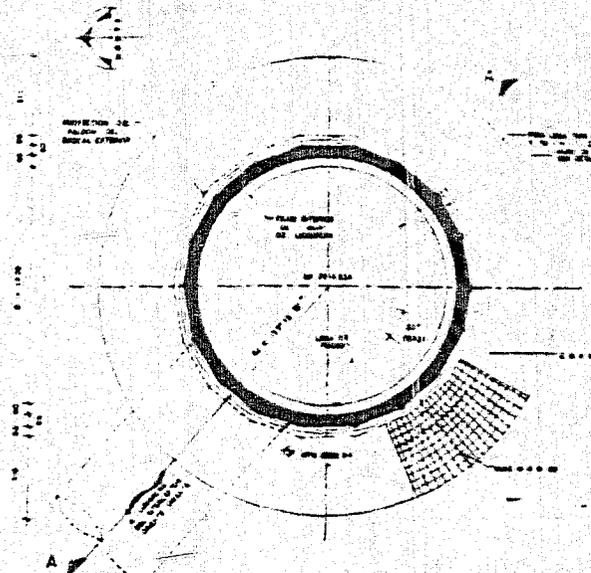
Durante la propia construcción de la lumbrera, se habilita un anillo metálico en superficie que limitará la zona de salida del escudo y en la parte central de la lumbrera se aprecia una cuna o cubeta como elemento para que el escudo pueda impulsarse, para posteriormente pueda presentarse en el fondo de la lumbrera; este anillo metálico cuenta con las preparaciones para el anclaje del muro de la lumbrera mediante dos trabes con la cual nos dará la configuración de lo que conocemos como portal de salida, esto debidamente verificado por la topografía residente en obra.

Después de habilitado el acero de acuerdo al proyecto, se procede a cimbrar, protegiendo las viguetas verticales con poliuretano para evitar que éstas queden empotradas en el concreto, con el fin de garantizar su extracción en el momento que el escudo sea presentado en el portal de salida; inmediatamente después colocamos el concreto hidráulico con aditivo acelerante, para cimbrar y descimbrar la parte del muro que falta colar, con esta actividad se concluye la construcción del portal de salida de la lumbrera; y en el dado caso de que el proyecto marque la construcción de un portal de entrada al túnel, se construirá de la misma forma que el portal de salida con la excepción de no hacer el mejoramiento al suelo, ya que en este caso las condiciones de excavación para el escudo le son favorables ( Ver fig. 14).

Una vez terminada la construcción de la lumbrera, si el proyecto así lo marca, por indicaciones de la D.G.C.O.H, se procederá a construir una losa tapa de concreto armado del diámetro de la lumbrera y una chimenea de concreto armado de 11.00 a 15.00 mts. de altura. para posteriormente realizar la limpieza de la lumbrera.



FALLA DE ORIGEN



**NOTAS ESPECIALES**

1. El presente proyecto es para la construcción de una cámara de alarma de bomba externa, con un diámetro exterior de 1.20 metros y un espesor de pared de 10 centímetros.

2. La cámara deberá estar pintada con pintura anticorrosiva.

3. El brocal exterior deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

4. El brocal interior deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

5. El refuerzo adicional en laminera deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

1. El presente proyecto es para la construcción de una cámara de alarma de bomba externa, con un diámetro exterior de 1.20 metros y un espesor de pared de 10 centímetros.

2. La cámara deberá estar pintada con pintura anticorrosiva.

3. El brocal exterior deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

4. El brocal interior deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

5. El refuerzo adicional en laminera deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

**PLANO DE OBRAS**

1. El presente proyecto es para la construcción de una cámara de alarma de bomba externa, con un diámetro exterior de 1.20 metros y un espesor de pared de 10 centímetros.

2. La cámara deberá estar pintada con pintura anticorrosiva.

3. El brocal exterior deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

4. El brocal interior deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

5. El refuerzo adicional en laminera deberá ser de hierro galvanizado y tener un espesor de 1 centímetro.

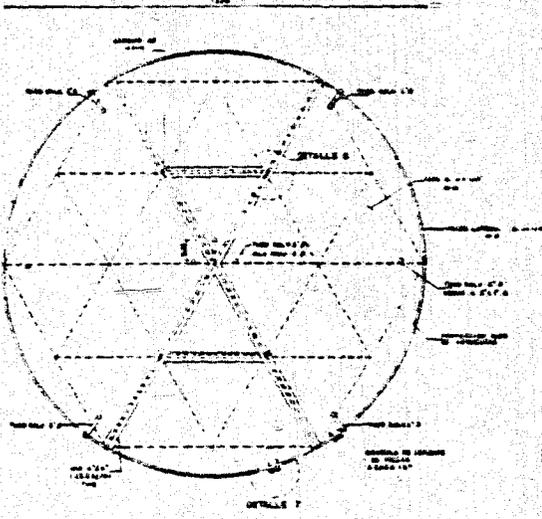
<b>PROYECTO DE OBRAS</b> NOMBRE DEL PROYECTO: ... NOMBRE DEL CLIENTE: ... NOMBRE DEL DISEÑADOR: ... NOMBRE DEL EJECUTOR: ...		<b>FECHA</b> ...
--	--	---------------------

<b>PROYECTO DE OBRAS</b> NOMBRE DEL PROYECTO: ... NOMBRE DEL CLIENTE: ... NOMBRE DEL DISEÑADOR: ... NOMBRE DEL EJECUTOR: ...	<b>FECHA</b> ...
--	---------------------

<b>PROYECTO DE OBRAS</b> NOMBRE DEL PROYECTO: ... NOMBRE DEL CLIENTE: ... NOMBRE DEL DISEÑADOR: ... NOMBRE DEL EJECUTOR: ...	<b>FECHA</b> ...
--	---------------------

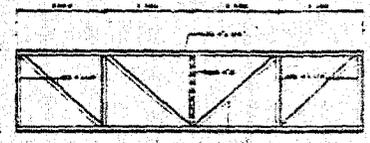
FALLA DE COBERTURA



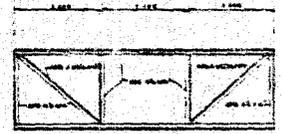


TAPA DEL TANQUE DE FLOTACION

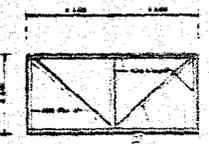
SE LA UNIÓN DE LAS PLACAS QUE FORMAN LA TAPA  
Y EL ANILLO LATERAL DEL TANQUE DE FLOTACION  
DEBEN HACERSE CON FUNDICIÓN CON FIBRA DE  
CARBÓN TOTALMENTE Y SE DEBE HACER DE UNA  
MANERA LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIÓN.



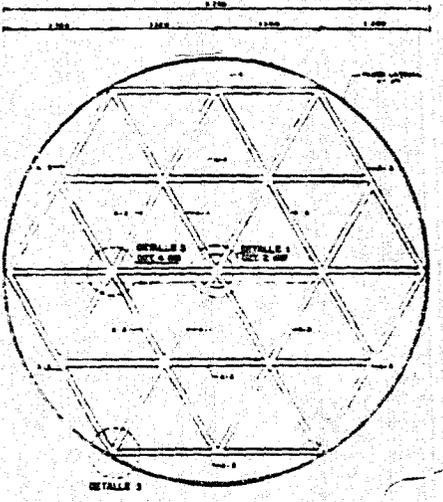
ARMADURA A-1



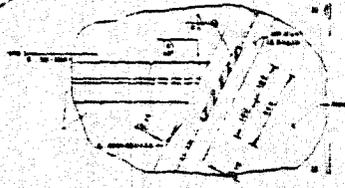
ARMADURA A-2



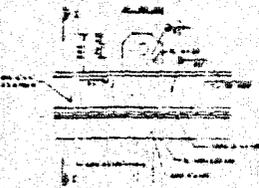
ARMADURA A-3



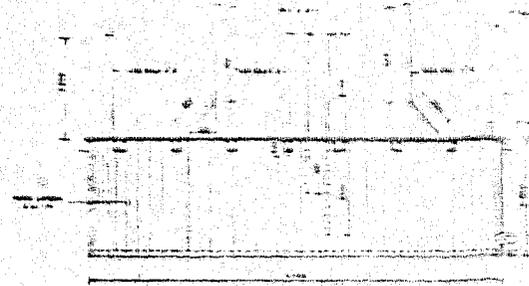
PLANTA



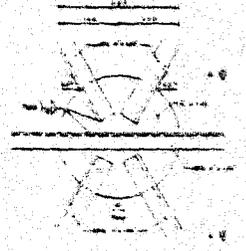
DETALLE 6



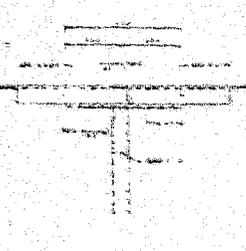
CORTE H-H



ALZADO



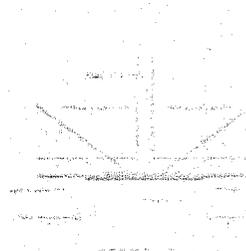
DETALLE 1



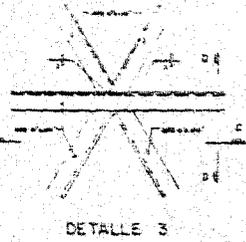
CORTE A-A



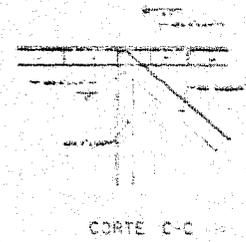
DETALLE 2



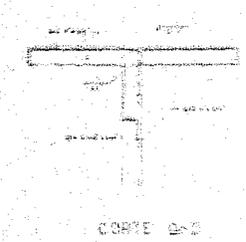
CORTE B-B



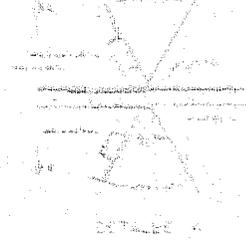
DETALLE 3



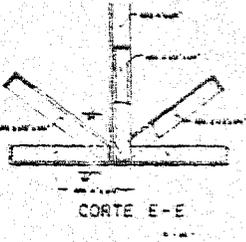
CORTE C-C



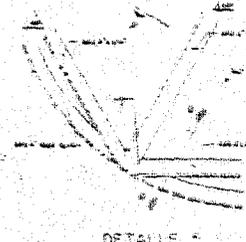
CORTE D-D



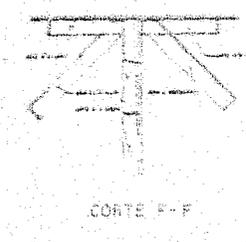
DETALLE 4



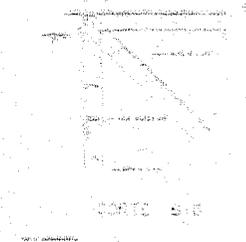
CORTE E-E



DETALLE 5



CORTE F-F



CORTE G-G

SE LA UNIÓN DE LAS PLACAS QUE FORMAN LA TAPA  
Y EL ANILLO LATERAL DEL TANQUE DE FLOTACION  
DEBEN HACERSE CON FUNDICIÓN CON FIBRA DE  
CARBÓN TOTALMENTE Y SE DEBE HACER DE UNA  
MANERA LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIÓN.

PROYECTO	NO. 1000
FECHA	10/10/50
PROYECTANTE	...
REVISOR	...
APROBADO	...

UNIDAD	COMPLEMENTARIA
NO. 1000	...

NO. 1000	...
NO. 1000	...
NO. 1000	...

PROYECTO	NO. 1000
FECHA	10/10/50
PROYECTANTE	...
REVISOR	...
APROBADO	...

**CAPÍTULO V**

**LUMBRERAS POR EL MÉTODO  
DE ANILLOS**

## V. - LUMBRERAS POR EL MÉTODO DE ANILLOS.

### V.1.- FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE ESTRUCTURA DE ACERO PARA BASE Y GUÍA DE ANILLOS.

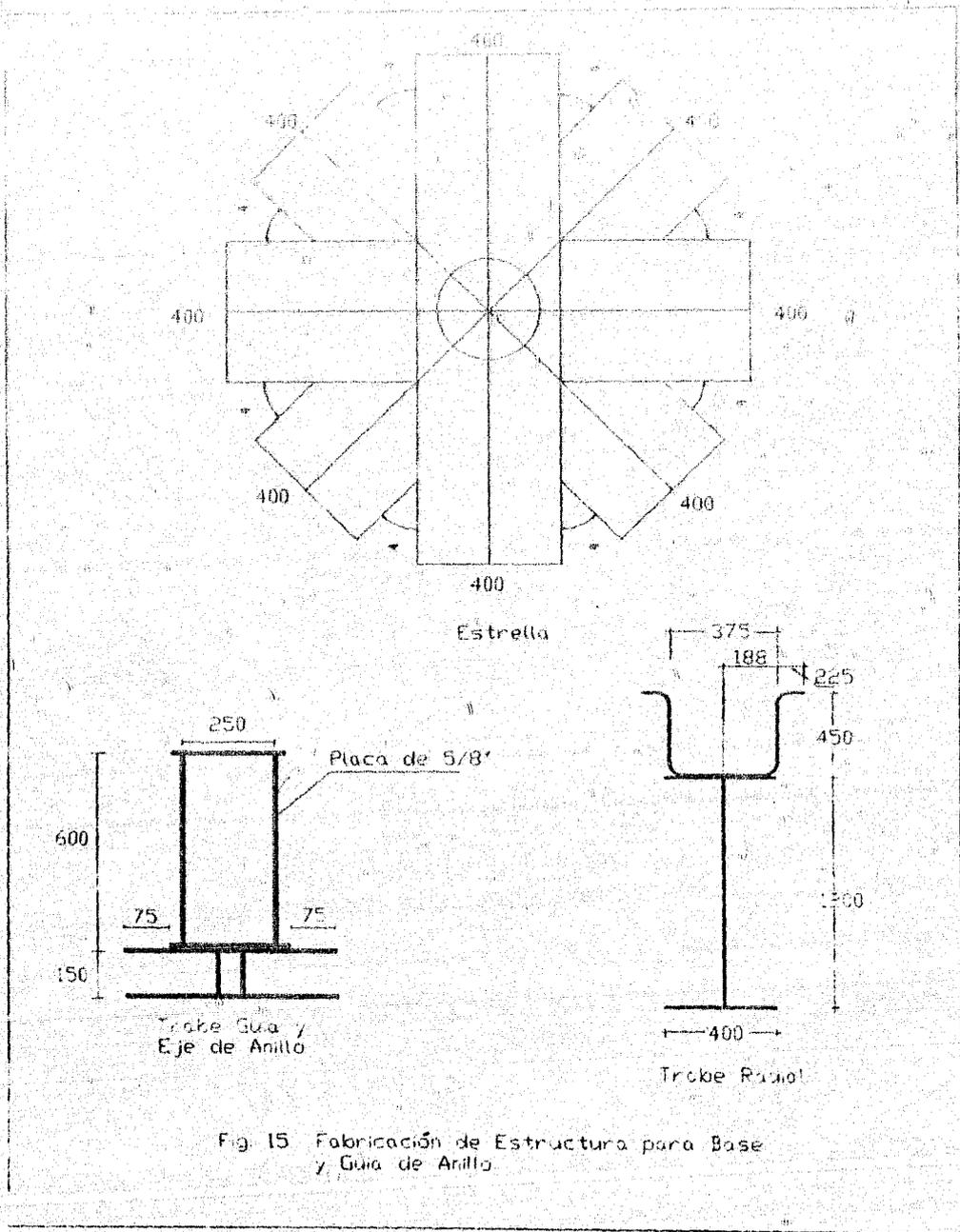
Simultáneamente a la construcción de brocales y la excavación del núcleo de la lumbrera se fabricarán los anillos 1, 2 y superiores, así como la estructura de acero para base y guía de anillos mejor conocida como estrella, debiendo terminarse antes o en el mismo instante que la excavación del núcleo central.

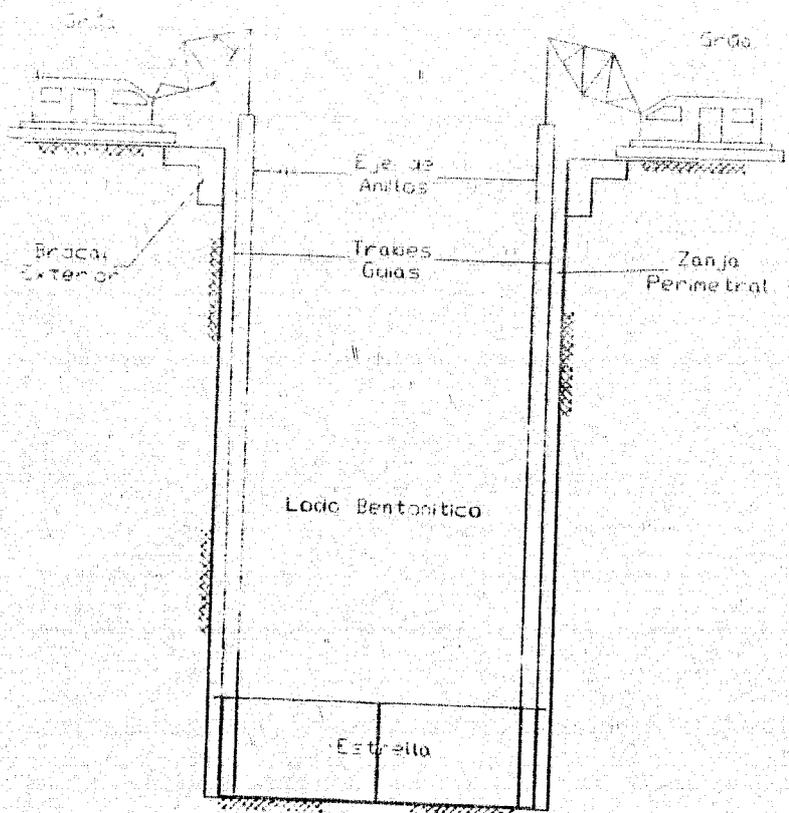
Esta estructura de acero para base y guía de anillos, esta formada por traves radiales a cada 45° con dimensiones de 0.40 x 1.65 mts. siendo perfiles tipo "I" dichas traves; y en cada uno de los extremos de la estructura es colocada una trabe guía vertical de perfil tipo "I" con una sección de 0.25 x 0.60 m. formada con placas de 5/8" y aunada a ésta un perfil de tipo "I" con dimensiones de 0.40 X 0.15 m. que será en donde se colocarán los anillos para su bajada al fondo de la lumbrera (Ver fig. 15 y plano No.3).

Las especificaciones que se deben cumplir para la fabricación de esta estructura de acero son:

- a) - Deben ser perfiles de acero estructural de la ASTM A -36
- b) - El tipo de soldadura que se aplica es de arco eléctrico.
- c) - Los anticorrosivos se utilizarán de la siguiente manera: se aplicarán dos capas de un primario epóxico de uso general con fierrominio como inhibidor de corrosión y dos capas de un epóxico para acabados, para la aplicación de estos recubrimientos, la superficie de acero deberá estar libre de suciedad como óxidos, grasas, polvo, etc.

Después de la fabricación la estructura se colocará en el núcleo de la lumbrera, dejando o respetando los 60 cms. de zanja perimetral, para después bajarla hasta la profundidad que marque el proyecto, esto mediante grúas que la sostienen a través de cables de acero quedando las travesaños en posición vertical para la colocación de los anillos, verificando que ésta actividad sea realizada con el mayor cuidado posible, para que las travesaños queden colocadas en forma vertical (Ver fig. 16).





"Fig. 16" Sección de Estructura  
 Para Base y Eje de Anillos



**P&S, S.A. de C.V.**  
 Construcción y Supervisión de Obra Civil

**DATOS GENERALES**

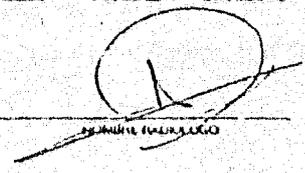
Cliente: D.S.C.O.H. Fecha: 21/07/16 Construcción: 2da Etapa  
 Proyecto No: DCS Zona: ORIENTE No. de Parcela: 8 Lote: 1 Parcela: 7 Parcela: 3

**CONDICIONES DE EXPOSICIÓN**

CARGO: ANILLO AÑO: 2016 OTRO: OTRO  
 FUENTE DE LUZ: X COLO: BLANCO RAYOS X: NO RAYOS A: NO PANTALLAS: NO Casos: NO FRENTE: X  
 MATERIAL: Acero efecto de contaminación: NO ESPESOR PANTALLAS: NO Frente: NO Pantallas: NO

IDENTIFICACION	%	ESPESOR	SOLLADURA BUENA MALA	DEFECTO	LOCALIZACION EL DEFECTO
1. ESTRUCTURA DE ACERO			X	P.S	
2. BASE Y CUBA DE			X	S.P.IE	
3. ANILLOS			X	S.F.IE	
4			X	SI.O.P.	
5				FE.Q.P.	
6			X	S.Y.IE	
7			X	SI.S.IE	
8			X	SI.P	
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>CS CONFORMA BAJA</li> <li>CH CONFORMA EN LA LUZ</li> <li>DL DUBIE LINEA DE ESCONDA</li> <li>DP DESALINEAMIENTO EN PLACAS</li> <li>DS DESALINEAMIENTO EN BARRAS</li> <li>DT DESALINEAMIENTO EN BARRAS</li> <li>FF FALTA DE FUSION</li> <li>FP FALTA DE PENETRACION</li> <li>FS FALTA DE ESCONDA</li> <li>LE LINEA DE SUCAVADO</li> <li>P PERFORACION</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>PC POCO CURADO</li> <li>PE POCO TRACER LA BARRA</li> <li>Q QUI MALA ADHESION DE LA BARRA</li> <li>NE NO TIENE EN CONTACTO</li> <li>ND NO TIENE DISTRIBUCION</li> <li>PL FALTA DE FUSION</li> <li>PE PROTECTOR LONGITUDINAL</li> <li>PF PROTECTOR EN PLACA</li> <li>PI PROTECTOR TRANSVERSAL</li> <li>S SUCAVADO</li> <li>SL SUCAVADO BIEN HECHO</li> <li>SC SUCAVADO EN LINEA CONDORES</li> </ul> |
|---|--|

  
 HUMBERTO AGUILAR  
 INGENIERO



## V.2.- FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE ANILLOS DE LUMBRERA

(INCLUYE: PORTAL DE SALIDA PRIMERA ETAPA).

Como se mencionó anteriormente, la construcción de todos los segmentos y elementos estructurales que constituyen todos los anillos, deberán concluirse como máximo al término de la excavación del núcleo central.

La fabricación de anillos prefabricados se hacen en obra con dimensiones aproximadas de 15 cms. de espesor, 3.00 mts. de altura y un diámetro de acuerdo a la dimensión de la lumbrera; en la colocación de acero de refuerzo y colado de los anillos que serán el revestimiento primario, se van dejando las preparaciones del eje guía con una sección de 0.40 x 0.15 m. para colocar los anillos en la sección vertical aunada a la trabe guía, éstas secciones serán de perfiles tipo "I" que estarán colocadas como se mencionó anteriormente a 45 (Ver plano No.1).

Terminado la excavación y la construcción de los elementos que constituyen todos los anillos, se procederá con la colocación del primer anillo a través de las secciones aunadas a las trabes guías verticales en el interior de la excavación al nivel del proyecto. En este instante, las trabes guías verticales se

ligarán a las placas ancladas en el brocal exterior de la excavación, siendo que estas placas se dejaron preparadas en su momento.

Es importante indicar la necesidad de realizar una exhaustiva limpieza de fondo de la lumbrera, de las paredes de la excavación así como los propios lodos restituyéndolos y retirando sus contaminantes, siendo la circulación de lodos permanente (Ver plano No.5)

Después de la inmersión del primer anillo y la fijación de las trabes guías verticales al brocal exterior, se procede con el colado de la losa de fondo primaria, esta actividad se efectúa por medio de tubos tremie conectados desde la superficie hasta el fondo de la lumbrera, teniendo aproximadamente un espesor de 3.00 mts.

Para el colado de la losa de fondo primaria, se requerirán mínimo 2 tubos tremie de diámetro de 20 cms., éstos tubos están formados por tramos, a medida de que avanzan los colados del concreto, se van retirando los tramos que ya no son útiles, esto es con la finalidad de que no queden atrapados dentro del concreto; éstos tubos son utilizados para que el concreto utilizado no sufra contaminaciones con los materiales existentes (lodo bentonítico en suspensión). El concreto empleado para el colado de la losa de fondo primaria

es de una  $F'c=350\text{Kg/cm}^2$ , cuando el concreto de la losa de fondo primaria desarrolló el 10 % de su resistencia de diseño podrá continuarse con el descenso del segundo anillo y superiores, cuidando el nivel del todo no sea mayor a 40 cms por abajo del brocal exterior y/o terreno natural.

La colocación del segundo anillo en la lumbrera se realizará como el primero, izándolo y colocándolo mediante grúas y cables de acero en las guías de anillos que están aunadas a las trabes guías verticales, para de ahí bajarlo hasta el nivel superior del primer anillo, la duración para este tipo de maniobras es de aproximadamente 3 hrs. por anillo. La tolerancia máxima en la posición geométrica de los anillos es de 2 cms. en sentido horizontal y vertical, estando a cargo de las verificaciones de tolerancias, la topografía de campo (Ver fig. 17).

Después de la colocación del segundo anillo, se procede a colocar de igual forma los anillos subsecuentes, hasta el último superior.

Los anillos que intersectan el prtal de salida del escudo, tendrán una zona colada con mortero de una resistencia a la compresión de  $20.00\text{ kg/cm}^2$  en promedio. La superficies exteriores de anillos colados con el mortero, se recubrirán con capas de impemeabilizantes para evitar la filtración de fluidos al interior del muro de mortero; cabe señalar que el mortero facilita el paso del

escudo a través de los anillos prefabricados, después de que se le retiraron los anillos metálicos que le fueron colocados durante el colado del mortero.

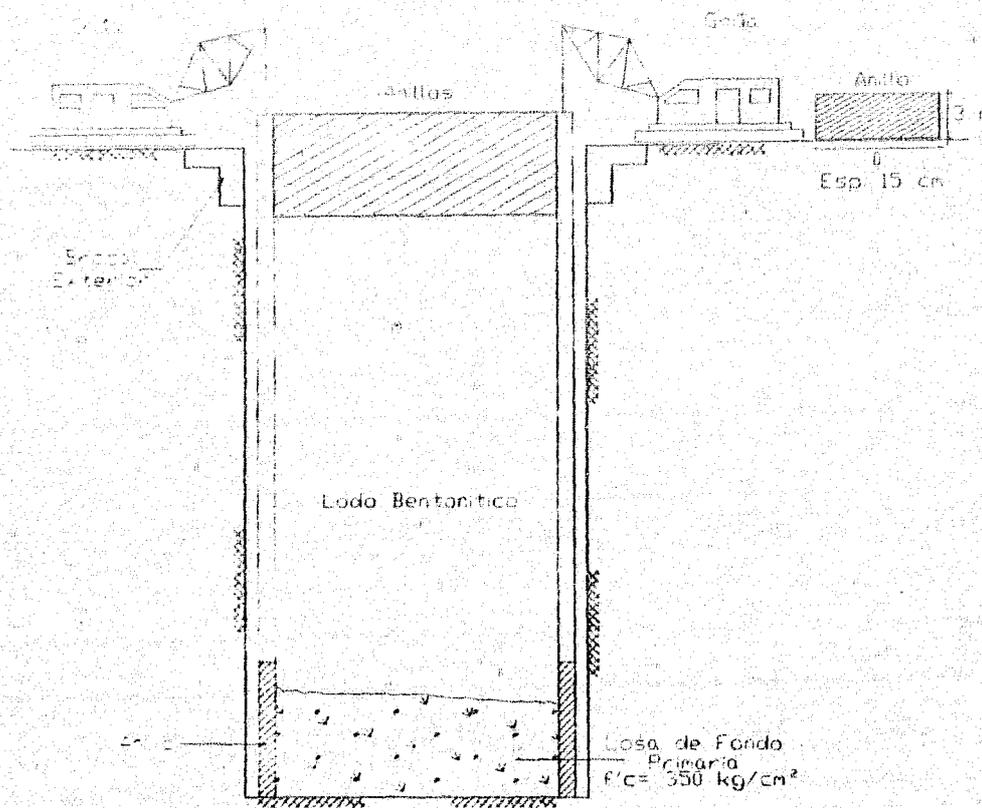


Fig. 17. Colocación de Anillos en la Cámara



**INSPECTEC**  
S. A. de C. V.

**VERIFICACION DE CALIDAD DE CONCRETO A COMPRESION**

CLIENTE: SUP. ICISA

JUAN DEL VALLE

OSHA: BRENALTE PROFUNDO 1-0

PREMEZCLADOR Y PLANTA	CARACTERISTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO					SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE PRUEBAS <b>SINALP</b> REGISTRO C-056	FECHA DE COLADO		
	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	REV. (cm)	T. M. A. (mm)	RESISTENCIA DEL PROYECTO (kg/cm <sup>2</sup> )	GRADO DE CALIDAD (NOM-C-123)		13	MAYO	1994
APASCO	18.0	14.0	20mm	2500 kg/cm <sup>2</sup>	A B	De las 10:35 a las 11:55			

**CONTROL DE CONCRETO FRESCO**

REVOL. N°	REVISION N°	HORA SALIDA PLANTA	HORA ENTREGA OBRA	HORA TERMINO	VOL. (m <sup>3</sup> )	REV. (cm)	P. V. (kg / m <sup>3</sup> )	NUMERO MUESTRA	REVOL. N°	REVISION N°	HORA SALIDA PLANTA	HORA ENTREGA OBRA	HORA TERMINO	VOL. (m <sup>3</sup> )	REV. (cm)	P. V. (kg / m <sup>3</sup> )	NUMERO MUESTRA
1	127963	10:25	11:03		7.0	12.0		8									
2	127966	11:15	11:30		7.0	13.0		12	7								
3	127969	11:35	11:55		4.0	12.0		6									
4								8									
5								10									

**RESISTENCIA A COMPRESION (kg / cm<sup>2</sup>)**

NUMERO MUESTRA	LOCALIZACION	7 DIAS		14 DIAS		28 DIAS		56 DIAS	
		ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO
12	Anillo No. 8 para lumbra No. 6.	158	155	206	202		206		298
		152		198		288			

MÉTODOS DE PRUEBA EMPLEADOS: C-161, C-162, C-156, C-160, C-109, C-83	PAGINAS	CLASE MUESTREO	MUESTREADOR
OBSERVACIONES: 0.005 Polipropileno Fluidizante acelerante 16 lts. 800 gramos puesto en obra.	DE	(NZA)	F. ARROYO
	REVISOR	REVISOR	SEÑALADO AUTORIZADO

ESTE INFORME NO DEBERA REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN LA APROBACION POR ESCRITO DEL LABORATORIO, Y SOLO APLICARA AL (LOS) OBJETO (S) SOMETIDO (S) A PRUEBA.  
 gbv  
 MIEMBRO DE LA ASOCIACION NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTE AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCION, A. C. (ANALISEC)  
 VADUCTO MIGUEL ALEMAN No. 22 COL. NAPOLÉON C.P. 03010 MEXICO, D. F. TEL. 526-3224 526-6147



**INSPECTEC**  
S. A. de C. V.

**VERIFICACION DE CALIDAD CONCRETO A COMPRESION**

CLIENTE  
SUP. ICISA  
JUAN DEL VALLE

OBRA  
DRENAJE PROFUNDO 1-0

PREMEZCLADOR Y PLANTA	<b>CARACTERISTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO</b>					SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE PRUEBAS. SINALP REGISTRO C-058	<b>FECHA DE COLADO</b>		
	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	REV (CM)	T. M. A. (mm)	RESISTENCIA DEL PROYECTO (Kg)	GRADO DE CALIDAD (NOM. C-155)		10	MAYO	1992
AFASCO	9.5			30 kg / cm <sup>2</sup>	A B				

**CONTROL DE CONCRETO FRESCO**

REVOL. OP	REVISION N°	HORA BALEDA PLANTA	HORA ENTREGA OBRA	HORA TERMINO	VOL. (M <sup>3</sup> )	REV. (CM)	T. M. A. (mm)	F. V. (Kg / M <sup>3</sup> )	NUMERO MUESTRA	REVOL. N°	REVISION N°	HORA BALEDA PLANTA	HORA ENTREGA OBRA	HORA TERMINO	VOL. (M <sup>3</sup> )	REV. (CM)	T. M. A. (mm)	F. V. (Kg / M <sup>3</sup> )	NUMERO MUESTRA
1	127875	11:45	11:50		5.0				3	6									
2	127876	12:12	12:22		4.5				2										
3										8									
4										8									
5										10									

**RESISTENCIA A COMPRESION (kg / cm<sup>2</sup>)**

NUMERO MUESTRA	LOCALIZACION	3 BARR		3 BARR		3 BARR		3 BARR	
		ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO
3	Anillo No. 4 zona de mortero.	6	6	11	10			31	36
		6		8		40			

METODOS DE PRUEBA EMPLEADOS: C-161, C-162, C-156, C-160, C-109, C-83

PAGINAS: \_\_\_\_\_ CLAVE MUESTREADOR: \_\_\_\_\_ MUESTREADOR: \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES: Polipropileno 0.005. Fibra, fluidizante y acelerante puesto en obra. Con 12 lts. de acelerante. REVISOR: P. ARROYO  
 NOMBRE: \_\_\_\_\_ REVISOR: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE: \_\_\_\_\_ SIGNATARIO AUTORIZADO

ESTE INFORME NO DEBERA REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN LA APROBACION POR ESCRITO DEL LABORATORIO, Y SOLO AFECTARA AL (LOS) OBJETO (S) SOMETIDO (S) A PRUEBA.  
 ghv  
 MIEMBRO DE LA ASOCIACION NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTE AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCION, A. C. (ANALISEC)  
 VADUCIO MIGUEL ALEMAN No. 22 COL. NAPOLES C.P. 03610 MEXICO, D. F. TEL. (52)-554-536-8157

### V.3 - INYECCIÓN DE MORTERO EN ZANJA PERIMETRAL

Terminado la colocación de anillos, inmediatamente después se procede al relleno del espacio anular entre las paredes exteriores de los anillos y las paredes de la excavación, este relleno se efectuará con una mezcla de mortero, bentonita y arena sílica cuya resistencia a la compresión será de  $20.00\text{kg/cm}^2$  en promedio, actividad que se continuará hasta alcanzar el nivel del broc al exterior, siendo esta inyección se hace por medio de tubos tremie que se encuentran alrededor de la lumbrera, y el lodo que se encuentra en esta zona es retirado por diferencia de densidades hacia las afueras de la lumbrera y de ahí a los tiros asignados, mediante camiones de volteo (Ver fig. 18).

De lo descrito anteriormente, se informa que durante las diferentes etapas de inyección de mortero hacia la zanja perimetral, es necesario que la lumbrera permanezca con lastre (lodo bentonítico), con el fin de evitar que registre movimientos de flotación.

Cuando el mortero desarrolle el 10% y el concreto de la losa de fondo primaria desarrolle el 50% de sus resistencias de diseño, se comenzará a retirar el lodo bentonítico del interior de la lumbrera, bombeándolo hacia la superficie.

Terminado el revo del lodo bentonítico del interior de la lumbrera se observará la correcta o incorrecta colocación de los anillos; en caso de existir pequeñas aberturas entre anillos, a éstas se le dará un tratamiento especial a base de resinas, para evitar que en éstas zonas existan filtraciones de agua hacia el interior de la lumbrera, mismas que provoquen hundimientos diferenciales a corto plazo. En caso de que una pequeña parte del último anillo quede por arriba del brocal exterior y/o terreno natural, se podrá demoler si así se desea (Ver plano No.7)

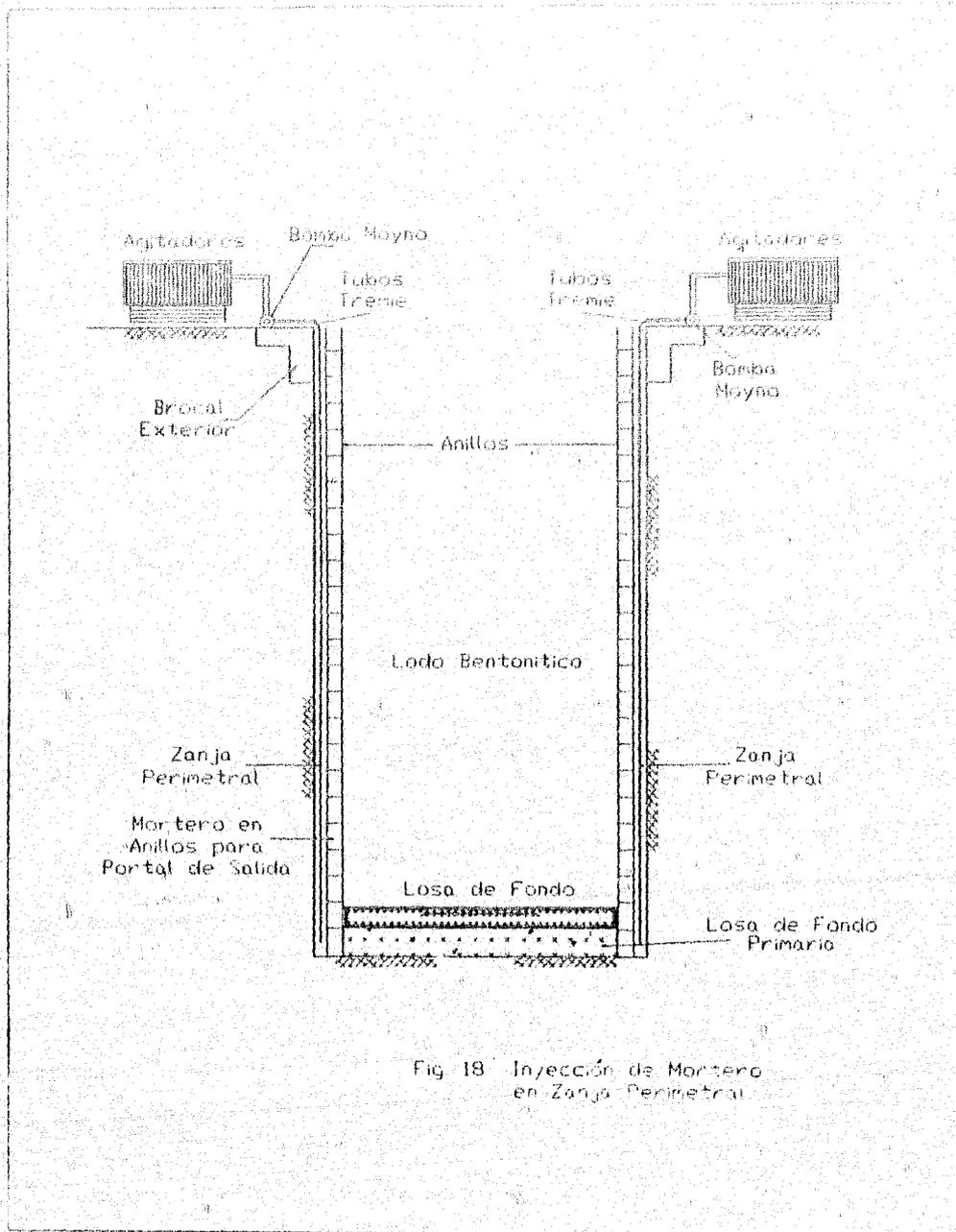


Fig. 18 Inyección de Mortero en Zanja Perimetral

#### V.A. - REVESTIMIENTO DEFINITIVO DE LA LUMBRERA.

Después del retiro de los lodos del interior de la lumbrera y la colocación del sellado a base de resinas por posibles aberturas entre anillos, se procede a efectuar limpieza en toda el área de la lumbrera; posteriormente se inicia la nivelación de la superficie de la losa de fondo primaria, para el colado de la losa de concreto armado que será la definitiva y que tendrá aproximadamente un espesor de 1.00 m., colándola conjuntamente con los muros inferiores definitivos y que vendría a ser la primera etapa del revestimiento final (Ver plano No.4).

Es importante notar que el colado de los muros verticales en la zona de los portales donde se combina el concreto reforzado con mortero, se realizará por etapas, esto no quiere decir, que se colará concreto en la zona del portal (Ver plano No.8).

Posteriormente describiremos el procedimiento constructivo del portal de salida del escudo, actividades que se encuentran ligadas con éste concepto.

El revestimiento final de la lumbrera, se hará colando muros en secciones de 2.44 mts. de altura y espesor de 60 cms. chequeando que el acero este bien habilitado y la cimbra bien nivelada.

Para cimbrar el muro definitivo de la lumbrera y hacerlo en la forma antes mencionada, se puede hacer mediante la colocación de una tarima circular del diámetro de la lumbrera o colocando andamios alrededor de ella, teniendo como ventajas en éstas maniobras el que puedan haber personas trabajando en el fondo de la lumbrera, esto conforme se vayan levantando estas estructuras en el proceso de cimbrado. (Ver plano No.2).

El proceso de revestimiento definitivo en la lumbrera es el siguiente:

- a).- Se habilita y coloca el acero de refuerzo en los muros de la lumbrera.
- b).- Habilitado y colocación de cimbra de madera, ésta s esujetará por medio de cables de acero o andamios estructurales.
- c).- Colado de concreto hidráulico premezclado con una  $F'c=250\text{kg/cm}^2$ , el cemento a utilizar es del tipo V.
- d).- Descimbrado del muro.
- e).- Curado del concreto, ya sea con curacreto o con el que se indique en el proyecto.

El proceso es repetitivo para todo el revestimiento final, es recomendable que el revestimiento se lleve a cabo desde el inicio de la losa de fondo definitiva de la lumbrera hacia arriba, hasta llegar al nivel del brocal exterior, verificando siempre que la cimbra esté bien nivelada (Ver fig. 19).

Los espesores del concreto para el revestimiento final de las lumbreras, pueden variar de acuerdo al diámetro de ella, aunque generalmente son de 60 cms.

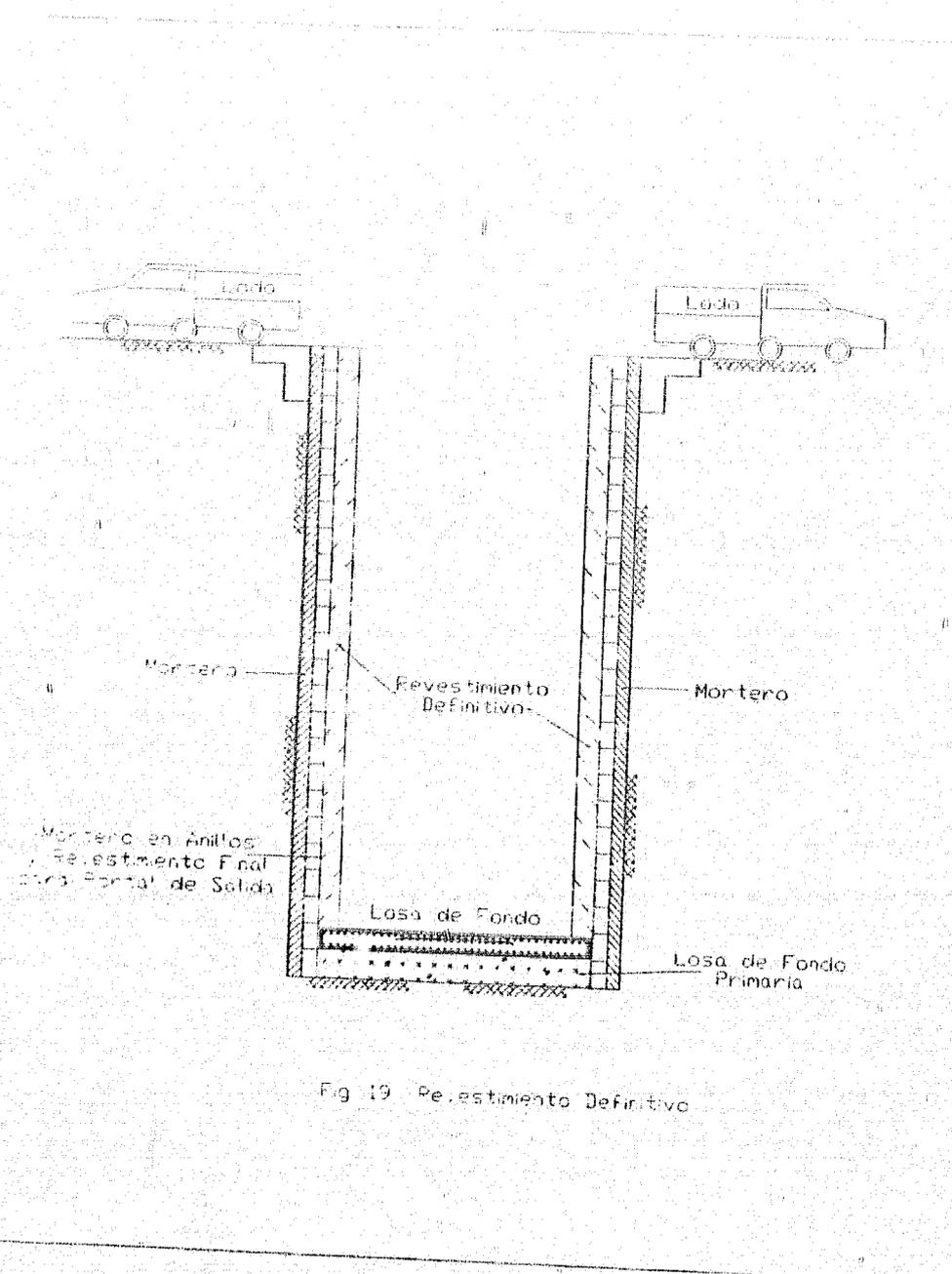


Fig 19 Revestimiento Definitivo



**INSPECTEC**  
S. A. de C. V.

**VERIFICACION DE CALIDAD DE CONCRETO A COMPRESION**

CUENTE: SUP. ICISA  
INC. JUAN DEL VALLE

OBRA: BARRAJA PROFUNDO 1-6

PREMEZCLA DE PLANTA	CARACTERISTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO					SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE PRUEBAS. REGISTRO C-656	FECHA DE GOLADO		
	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	REV. (cm)	T. M. A. (mm)	RESISTENCIA DEL PROYECTO (kg/cm <sup>2</sup> )	GRADO DE CALIDAD (NOM-C-155)		16	MAYO	1994
APASCO	23.0	14.0	20mm	250 kg/cm <sup>2</sup>	A	De las 16:00 a las 18:00			

**CONTROL DE CONCRETO FRESCO**

REVOL. Nº	REVISION Nº	HORA BALEDA PLANTA	HORA ENTREGA OBRA	HORA TERMINO	VOL (m <sup>3</sup> )	REV. (cm)	P. V. (kg/m <sup>3</sup> )	NUMERO MUESTRA	REVOL. Nº	REVISION Nº	HORA BALEDA PLANTA	HORA ENTREGA OBRA	HORA TERMINO	VOL (m <sup>3</sup> )	REV. (cm)	P. V. (kg/m <sup>3</sup> )	NUMERO MUESTRA	REVISION Nº	
1	128046	16:05	16:30		8.0	15.0		6											
2	128047	16:12	17:00		7.0	15.0		15	7										
3	128050	17:48	18:30		8.0	15.0			8										
4									9										
5									10										

**RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm<sup>2</sup>)**

NUMERO MUESTRA	LOCALIZACION	1 DIA		7 DIAS		28 DIAS		90 DIAS	
		ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO	ESPECIMEN	PROMEDIO
13	Anillo No. 9 para letrera No. 6 y cierre del anillo No. 4.	156		169					
		95	101	170	170				

METODOS DE PRUEBA EMPLEADOS: C-161, C-162, C-156, C-160, C-109, C-83

REVISIONES: 1 DE 1 (REAL)

REVISOR: INC. C. MORALES  
REVISOR AUTORIZADO: INC. E. MORALES

ESTE FORME NO DEBERA REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN LA APROBACION POR ESCRITO DEL LABORATORIO, Y SOLO AFECTARA AL (LOS) OBJETO (S) SONETRO (S) A PALLEDA.

MEMBRO DE LA ASOCIACION NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTE AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCION, A. C. (ANALISEC)

VIADUCTO MIGUEL ALEMAN No. 22 COL. NAPOLES C.P. 03910 MEXICO, D. F. TEL. 630-6224 536-8157



**INSPECTEC**  
S. A. de C. V.

**VERIFICACION DE CALIDAD**

CURRUPA LUISA

**CONCRETO A COMPRESION**

OBRA LUMBRERA DE GRAB CANAL ARAGON  
ING. JUAN DE LA VALLA

PREMEDIACION Y PLANTA	CARACTERISTICAS DEL CONCRETO SOLICITADO						SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE PRUEBAS SINALP REGISTRO C-056	FECHA DE COLADO		
	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	REV (cm)	T.M.A (mm)	RESERVA DE PROYECTO (%)	UNIDAD DE CANTIDAD (MCM C. 152)	A		B	18	MAYO

**CONTROL DE CONCRETO FRESCO**

REVOL. N°	REMISION N°	HORA SALIDA PLANTA	HORA ENTREGA OBRA	TEMPERATURA (°C)	VOL (m <sup>3</sup> )	REV (cm)	P.V (kg / m <sup>3</sup> )	NUMERO MUESTRA	REVOL. N°	REMISION N°	HORA SALIDA PLANTA	TEMPERATURA (°C)	VOL (m <sup>3</sup> )	REV (cm)	P.V (kg / m <sup>3</sup> )	NUMERO MUESTRA
1				98.0	15			15	6							
2				205.0	"			16	7							
3				314.0	"			17	8							
4									9							
5									10							

**RESISTENCIA A COMPRESION (kg / cm<sup>2</sup>)**

NUMERO MUESTRA	LOCALIZACION	7 DIAS		28 DIAS		90 DIAS		365 DIAS	
		ESPECIMEN	PRIMARIO	ESPECIMEN	PRIMARIO	ESPECIMEN	PRIMARIO	ESPECIMEN	PRIMARIO
15	Losa de fondo de la lumbrera.			214	215				
				215					
16	"			259	255				
				250					
17	"			246	242				
				237					

METODOS DE PRUEBA EMPLEADOS: C 161, C 162, C 156, C 150, C 109, C 83

OBSERVACIONES: CILINDROS ELABORADOS POR LA SUPERVISION Y ENTREGADOS EN EL LABORATORIO PARA SU ENSAYE A COMPRESION.

REVISOR: ING. GUADALUPE GONZALEZ G. (INGENIERO)

REVISOR: ING. JUAN DE LA VALLA (INGENIERO)

ESTE INFORME NO DEBE SER PRODUCIDO PARCIALMENTE SIN LA APROBACION POR ESCRITO DEL LABORATORIO Y SERA APLICABLE A LOS OBJETOS DE ESTE INFORME PRECISAMENTE.  
MEMBRO DE LA ASOCIACION NACIONAL DE LABORATORIOS INDEPENDIENTE AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCION A.C. (ASALISSC)  
INDUCTO ARGUELLES ALVARO No. 22 COL. NAPOLES CP. 03610 MEXICO D.F. TEL. 536-4604 536-5157

#### V.S. - CONSTRUCCIÓN DEL PORTAL DE SALIDA SEGUNDA ETAPA

En esta etapa se terminará de construir el portal de salida, para esto se colocarán todas las zonas de mortero entre los marcos metálicos en el sentido vertical, permitiendo su posterior retiro, ya que en su primera etapa se coló el mortero de revestimiento primario.

Los marcos metálicos de refuerzo se retirarán después de que se alcance el 70% de su resistencia a la compresión del mortero colado. En esta etapa de colado el espesor de mortero y de concreto será de 45 cms. en las zonas de portales del revestimiento final; antes de colado los espacios intermedios de marco metálicos de refuerzo, éstos se protegerán contra la adherencia por medio de los protectores en forma de membranas de polietileno, poliestireno, etc.

Después del retiro de los marcos metálicos de refuerzo, se colocará la parte superior de las estructuras metálicas de soporte para el sello del escudo, como también se colocarán las partes restantes de los portales con el mortero; estas operaciones se deberán realizar inmediatamente después del retiro de los marcos metálicos de refuerzo.

Antes del inicio del paso del escudo por las zonas de portales se instalarán los sellos de neopreno en la salida y sello inflable de hitel en el portal de entrada a la lumbrera en caso de que haya ésta. Durante la entrada del escudo al interior del túnel se lubricará la superficie de contacto entre el sello inflable de hitel y la superficie exterior de la camisa del escudo, debido a esto la presión de inflado se elevará a  $2.00 \text{ kg/cm}^2$ , terminando así la construcción del portal de salida de la lumbrera (Ver fig. 20 y plano No. 8).

Por último es importante mencionar que tanto el mortero colado en el portal en su primera y segunda etapa, deben cumplir con las condiciones específicas de permeabilidad, seguridad y resistencia, descritas en el capítulo anterior.

En caso, de que el proyecto marque la construcción de un portal de entrada al túnel, éste se construirá de la misma forma que el portal de salida con la excepción de no hacer el mejoramiento al suelo, ya que en este caso las condiciones de excavación para el escudo le son favorables.

Una vez terminado la construcción de la lumbrera, si el proyecto así lo marca, por indicaciones de la D.G.C.O.H, se procederá a construir una losa tapa de concreto armado de diámetro de la lumbrera y una chimenea de concreto

armado de 11.00 a 15.00 mts. de altura, para posteriormente realizar la limpieza  
de la lumbra.

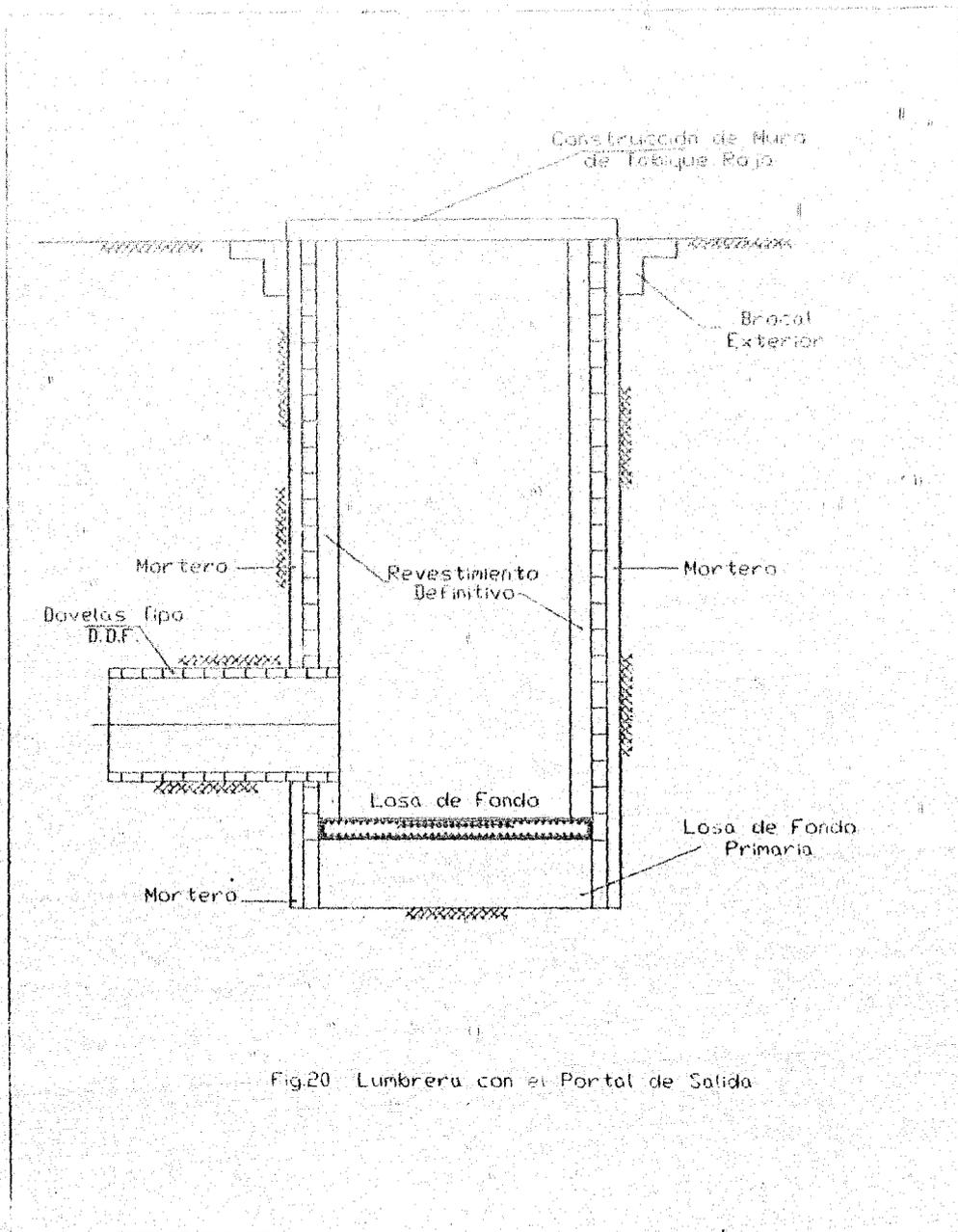
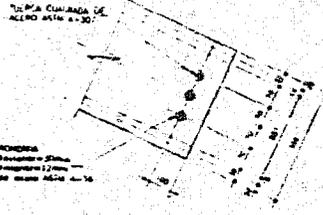
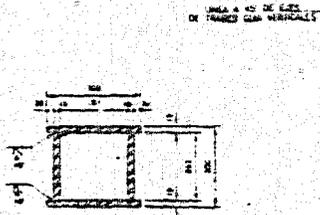


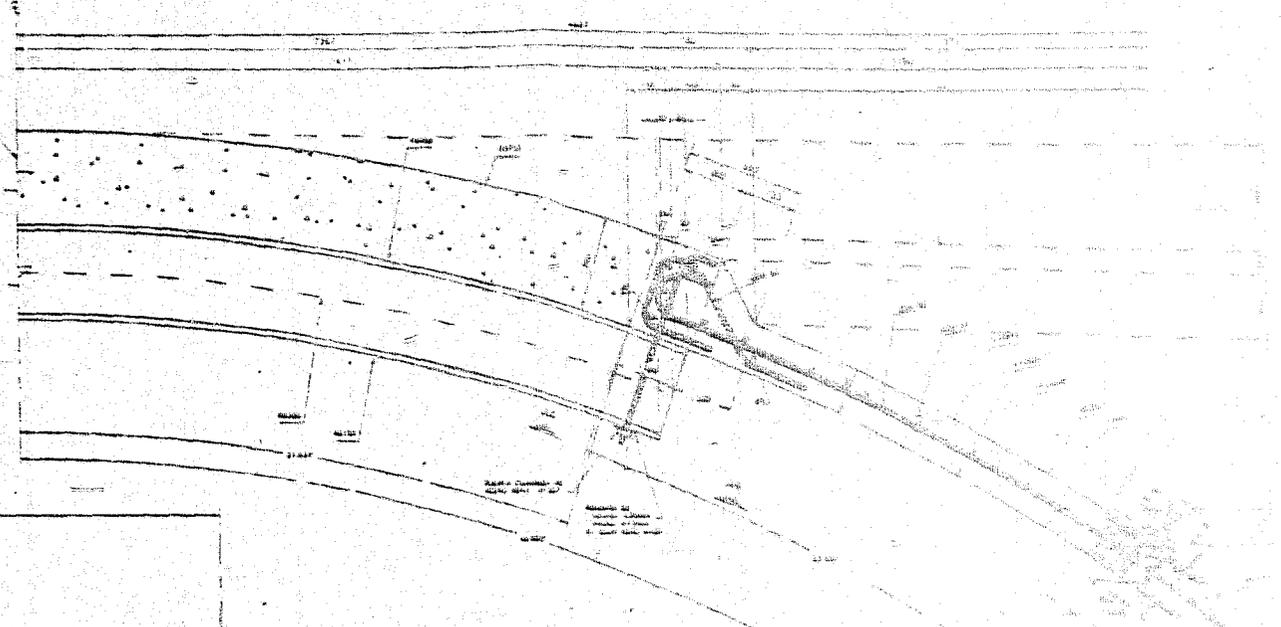
Fig.20 Lumbrena con el Portal de Salida



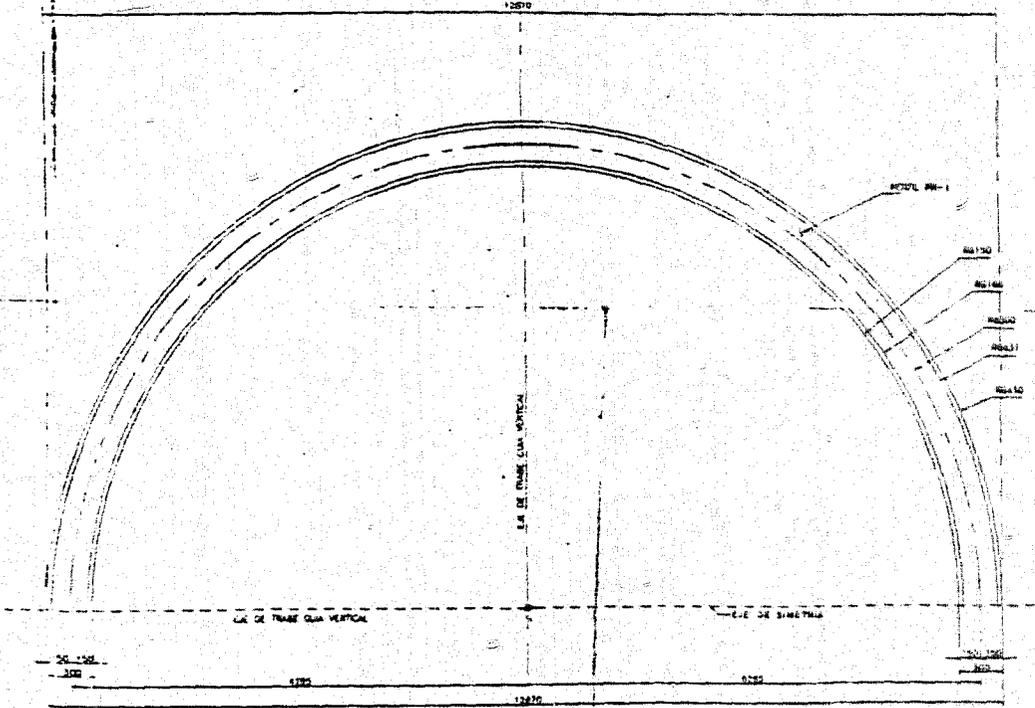
SECCION AA-AA DETALLE DE ANCLAJE DE MARCO METALICO DE REFUERZO EN LA ZONA DE CONCRETO REFORZADO DE LOS ANILLOS 2, 3 Y 4



SECCION TIPO DE PERFIL REFORZADO PR - 1



DEFINICION DE LOS SEGMENTOS DE ANILLOS 2, 3 Y 4 CON EL MORTERO SECCION TIPO, LADO DERECHO, PLANTA



ANILLOS ADICIONALES PARA REFORZAMIENTO DE ACERO

- 1 - ACERO ESTRUCTURAL DE ACERO A10
- 2 - EL TIPO DE REFORZAMIENTO APLICADO EN LOS ANILLOS REFORZADOS
- 3 - LOS REFORZAMIENTOS DE APILAMIENTO DE LOS ANILLOS REFORZADOS DE ACERO ESTRUCTURAL DE ACERO A10 EN LA ZONA DE MORTERO CON REFORZAMIENTO COMO REFORZAMIENTO DE CONCRETO Y COMO REFORZAMIENTO DE ACERO PARA MORTERO

ANTES DE LA APLICACION DE LOS REFORZAMIENTOS LA SUPERFICIE DE ACERO DEBE ESTAR LIMPIA Y SIN OXIDACION SEGUN NORMA NTC 174

4 - DIMENSIONES EN CM

INGENIEROS CONSULTORES E INGENIERIA S.A. DE C.V. O.S.C.S.A.	
PROYECTO: [ ]	FECHA: [ ]
CLIENTE: [ ]	UBICACION: [ ]
PROYECTO: [ ]	FECHA: [ ]
CLIENTE: [ ]	UBICACION: [ ]

ANILLOS COMPLEMENTARIOS
-------------------------

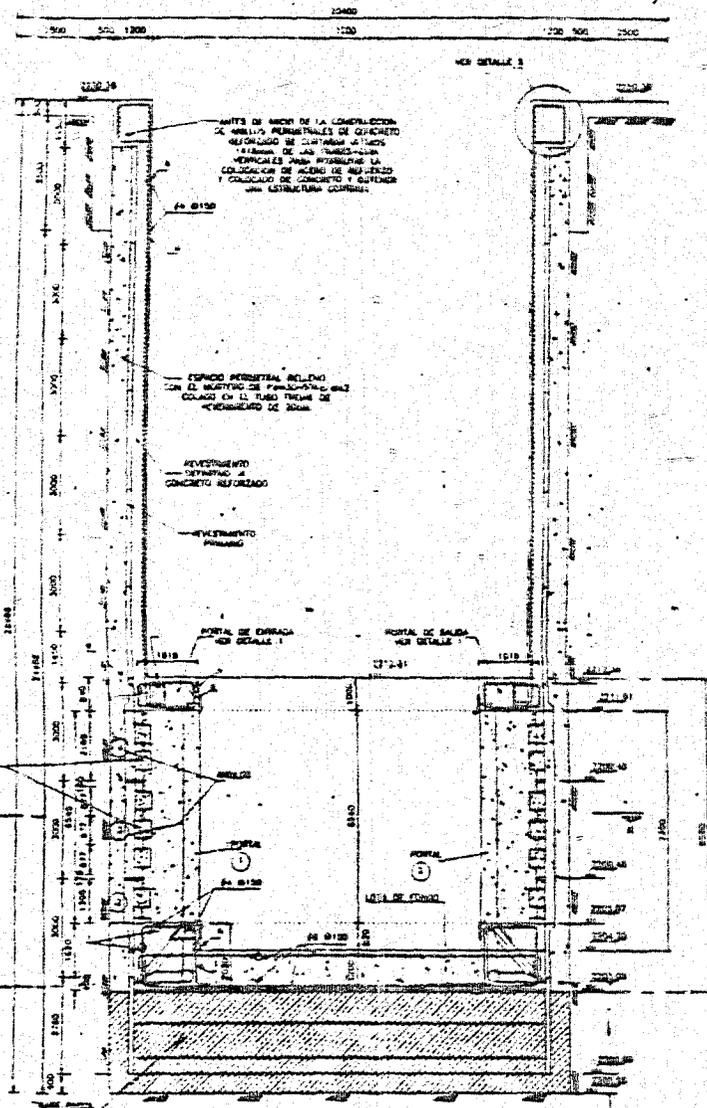
ANILLOS COMPLEMENTARIOS
-------------------------

NOTAS:

- 1 - REFORZAMIENTO DE ACERO ESTRUCTURAL DE ACERO A10
- 2 - EL TIPO DE REFORZAMIENTO APLICADO EN LOS ANILLOS REFORZADOS
- 3 - LOS REFORZAMIENTOS DE APILAMIENTO DE LOS ANILLOS REFORZADOS DE ACERO ESTRUCTURAL DE ACERO A10 EN LA ZONA DE MORTERO CON REFORZAMIENTO COMO REFORZAMIENTO DE CONCRETO Y COMO REFORZAMIENTO DE ACERO PARA MORTERO

ANTES DE LA APLICACION DE LOS REFORZAMIENTOS LA SUPERFICIE DE ACERO DEBE ESTAR LIMPIA Y SIN OXIDACION SEGUN NORMA NTC 174

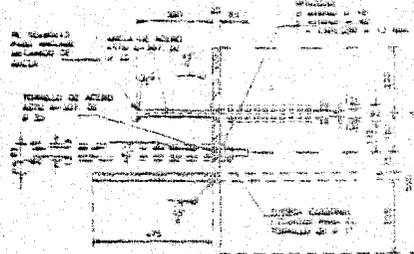
4 - DIMENSIONES EN CM



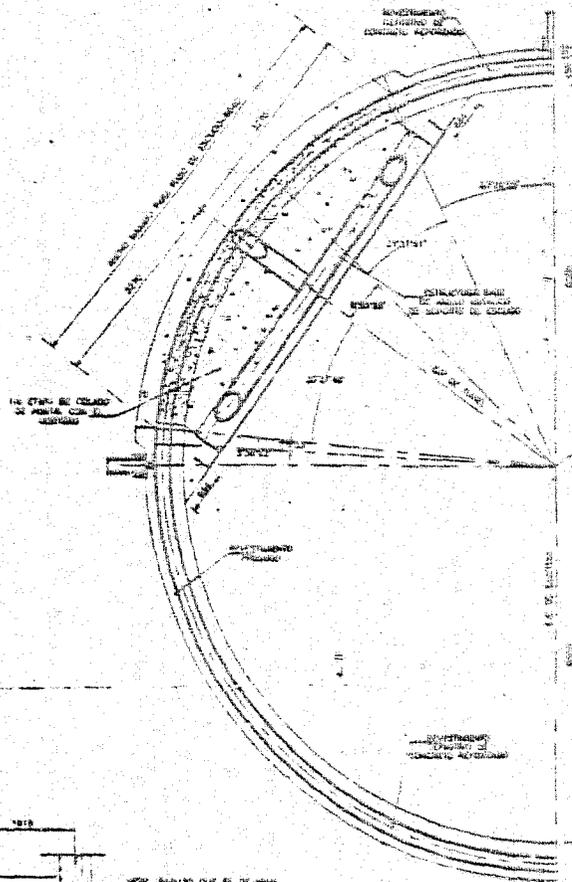
DEFINICION DEL REVESTIMIENTO DEFINITIVO EN CONCRETO  
CON LOS PORTALES DE SALIDA Y ENTRADA DE ESCUDO A LA LAMBRERA  
SECCION TIPO. ELEVACION



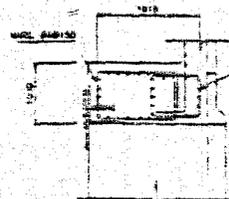
DETALLE 2



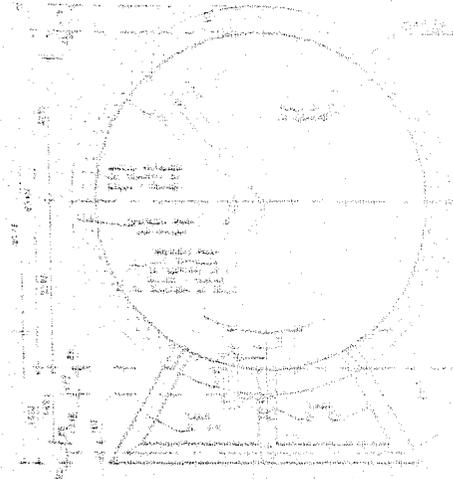
DETALLE DE ANILLO METALICO



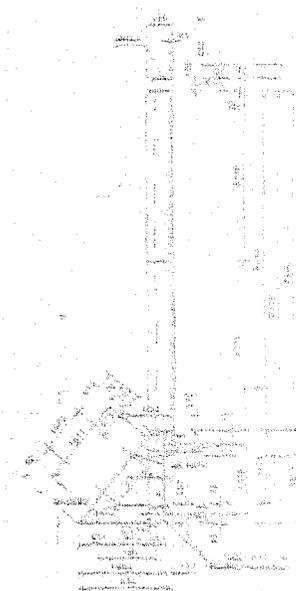
PORTAL CON REVESTIMIENTO DEFINITIVO EN PLANTA  
SECCION K - K'



DETALLE 1



ESTRUCTURA DE PORTALES DE ESCUDO EN PLANTA



NO SE CUMPLE EL TIPO DE ANILLO METALICO EN LA PLANTA DE ENTRADA Y SALIDA DE ESCUDO EN LA LAMBRERA DE LA PUERTA DE ESCUDO SEGUN EL DETALLE 1.

PLANTA DE PUERTA DEFINITIVA



NOTAS PARA LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

1. ACERO ESTRUCTURAL A36 A572-50
2. EL TIPO DE SOLDADURA APLICAR PUE DE ARCO ELECTRICO
3. LOS ANCHOS DE LOS PERFILES DE LA SIGUIENTE MANERA:
  - a. LA SIGUIENTE MANERA.
  - b. APLICACION DEL CASAL DE UN ANILLO ESPANTO DE USO GENERAL CON REVESTIMIENTO COMO REPOSICION DE COMERCIO.
  - c. DOS CAPAS DE UN ENTRENADO PARA ALUMINIZADO.
4. DESPUES DE LA APLICACION DE UN REVESTIMIENTO LA SUPERFICIE DE ALICATA DEBE SER LISA DE CALIDAD TIPO DE CALIDAD COMO USAR GRANO POLVICO.

TABLA DE VARRILLAS

1.	2.00
2.	2.00
3.	2.00
4.	2.00
5.	2.00
6.	2.00
7.	2.00
8.	2.00
9.	2.00
10.	2.00
11.	2.00
12.	2.00
13.	2.00
14.	2.00
15.	2.00
16.	2.00
17.	2.00
18.	2.00
19.	2.00
20.	2.00
21.	2.00
22.	2.00
23.	2.00
24.	2.00
25.	2.00
26.	2.00
27.	2.00
28.	2.00
29.	2.00
30.	2.00
31.	2.00
32.	2.00
33.	2.00
34.	2.00
35.	2.00
36.	2.00
37.	2.00
38.	2.00
39.	2.00
40.	2.00
41.	2.00
42.	2.00
43.	2.00
44.	2.00
45.	2.00
46.	2.00
47.	2.00
48.	2.00
49.	2.00
50.	2.00
51.	2.00
52.	2.00
53.	2.00
54.	2.00
55.	2.00
56.	2.00
57.	2.00
58.	2.00
59.	2.00
60.	2.00
61.	2.00
62.	2.00
63.	2.00
64.	2.00
65.	2.00
66.	2.00
67.	2.00
68.	2.00
69.	2.00
70.	2.00
71.	2.00
72.	2.00
73.	2.00
74.	2.00
75.	2.00
76.	2.00
77.	2.00
78.	2.00
79.	2.00
80.	2.00
81.	2.00
82.	2.00
83.	2.00
84.	2.00
85.	2.00
86.	2.00
87.	2.00
88.	2.00
89.	2.00
90.	2.00
91.	2.00
92.	2.00
93.	2.00
94.	2.00
95.	2.00
96.	2.00
97.	2.00
98.	2.00
99.	2.00
100.	2.00

INGENIEROS CONSULTORES E INGENIERIA S.A. DE C.V. S. C. S. C. H.

PROYECTO: [ ]

CLIENTE: [ ]

FECHA: [ ]

ELABORADO POR: [ ]

REVISADO POR: [ ]

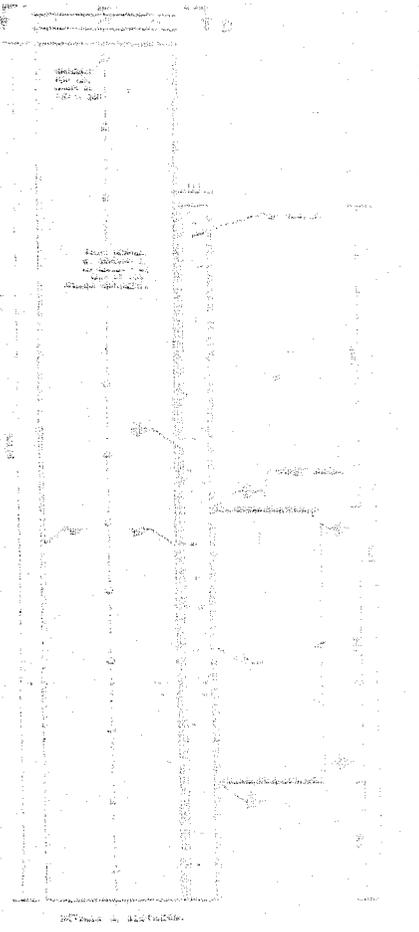
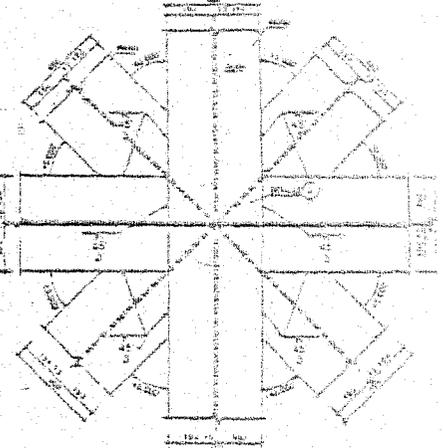
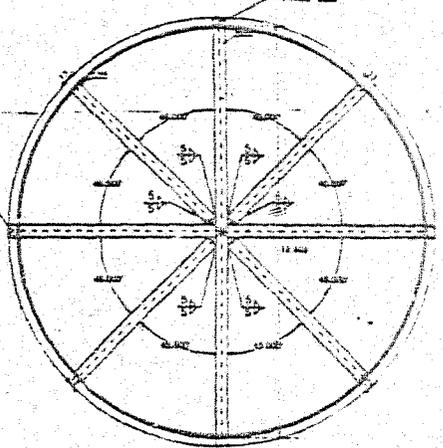
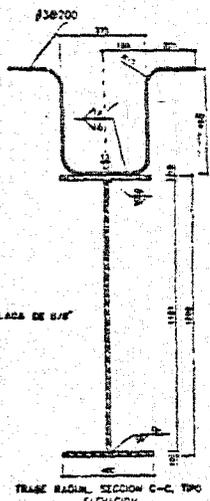
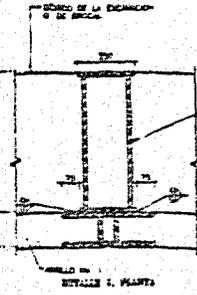
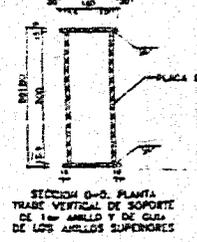
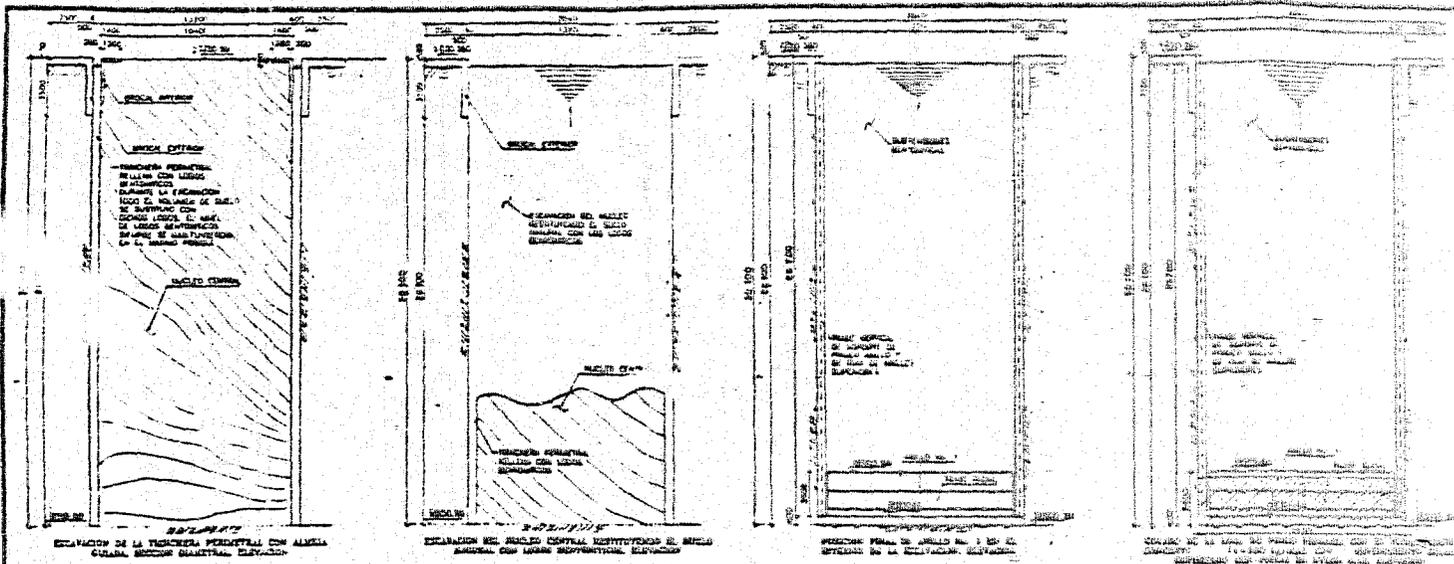
APROBADO POR: [ ]

LISTA DE MATERIALES

1.	2.00
2.	2.00
3.	2.00
4.	2.00
5.	2.00
6.	2.00
7.	2.00
8.	2.00
9.	2.00
10.	2.00
11.	2.00
12.	2.00
13.	2.00
14.	2.00
15.	2.00
16.	2.00
17.	2.00
18.	2.00
19.	2.00
20.	2.00
21.	2.00
22.	2.00
23.	2.00
24.	2.00
25.	2.00
26.	2.00
27.	2.00
28.	2.00
29.	2.00
30.	2.00
31.	2.00
32.	2.00
33.	2.00
34.	2.00
35.	2.00
36.	2.00
37.	2.00
38.	2.00
39.	2.00
40.	2.00
41.	2.00
42.	2.00
43.	2.00
44.	2.00
45.	2.00
46.	2.00
47.	2.00
48.	2.00
49.	2.00
50.	2.00
51.	2.00
52.	2.00
53.	2.00
54.	2.00
55.	2.00
56.	2.00
57.	2.00
58.	2.00
59.	2.00
60.	2.00
61.	2.00
62.	2.00
63.	2.00
64.	2.00
65.	2.00
66.	2.00
67.	2.00
68.	2.00
69.	2.00
70.	2.00
71.	2.00
72.	2.00
73.	2.00
74.	2.00
75.	2.00
76.	2.00
77.	2.00
78.	2.00
79.	2.00
80.	2.00
81.	2.00
82.	2.00
83.	2.00
84.	2.00
85.	2.00
86.	2.00
87.	2.00
88.	2.00
89.	2.00
90.	2.00
91.	2.00
92.	2.00
93.	2.00
94.	2.00
95.	2.00
96.	2.00
97.	2.00
98.	2.00
99.	2.00
100.	2.00

LISTA DE MATERIALES

1.	2.00
2.	2.00
3.	2.00
4.	2.00
5.	2.00
6.	2.00
7.	2.00
8.	2.00
9.	2.00
10.	2.00
11.	2.00
12.	2.00
13.	2.00
14.	2.00
15.	2.00
16.	2.00
17.	2.00
18.	2.00
19.	2.00
20.	2.00
21.	2.00
22.	2.00
23.	2.00
24.	2.00
25.	2.00
26.	2.00
27.	2.00
28.	2.00
29.	2.00
30.	2.00
31.	2.00
32.	2.00
33.	2.00
34.	2.00
35.	2.00
36.	2.00
37.	2.00
38.	2.00
39.	2.00
40.	2.00
41.	2.00
42.	2.00
43.	2.00
44.	2.00
45.	2.00
46.	2.00
47.	2.00
48.	2.00
49.	2.00
50.	2.00
51.	2.00
52.	2.00
53.	2.00
54.	2.00
55.	2.00
56.	2.00
57.	2.00
58.	2.00
59.	2.00
60.	2.00
61.	2.00
62.	2.00
63.	2.00
64.	2.00
65.	2.00
66.	2.00
67.	2.00
68.	2.00
69.	2.00
70.	2.00
71.	2.00
72.	2.00
73.	2.00
74.	2.00
75.	2.00
76.	2.00
77.	2.00
78.	2.00
79.	2.00
80.	2.00
81.	2.00
82.	2.00
83.	2.00
84.	2.00
85.	2.00
86.	2.00
87.	2.00
88.	2.00
89.	2.00
90.	2.00
91.	2.00
92.	2.00
93.	2.00
94.	2.00
95.	2.00
96.	2.00
97.	2.00
98.	2.00
99.	2.00
100.	2.00



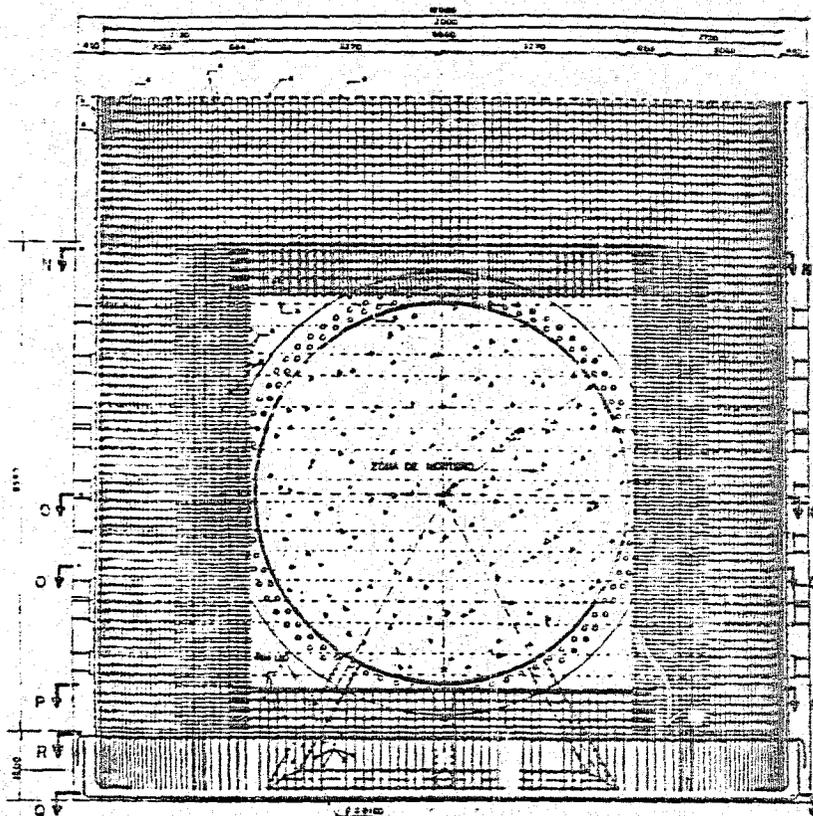
<b>PROYECTO DE CONSTRUCCION Y MODIFICACION DE LA DE C.V. B. S. C. O. A.</b>	
CONCEPTO: ...	ASPECTO: ...
FECHA: ...	LUGAR DE LA OBRA: ...
DISEÑADO POR: ...	APROBADO POR: ...
N.º: 33-3-1188	N.º: 28-2-1188

NOTAS: ...

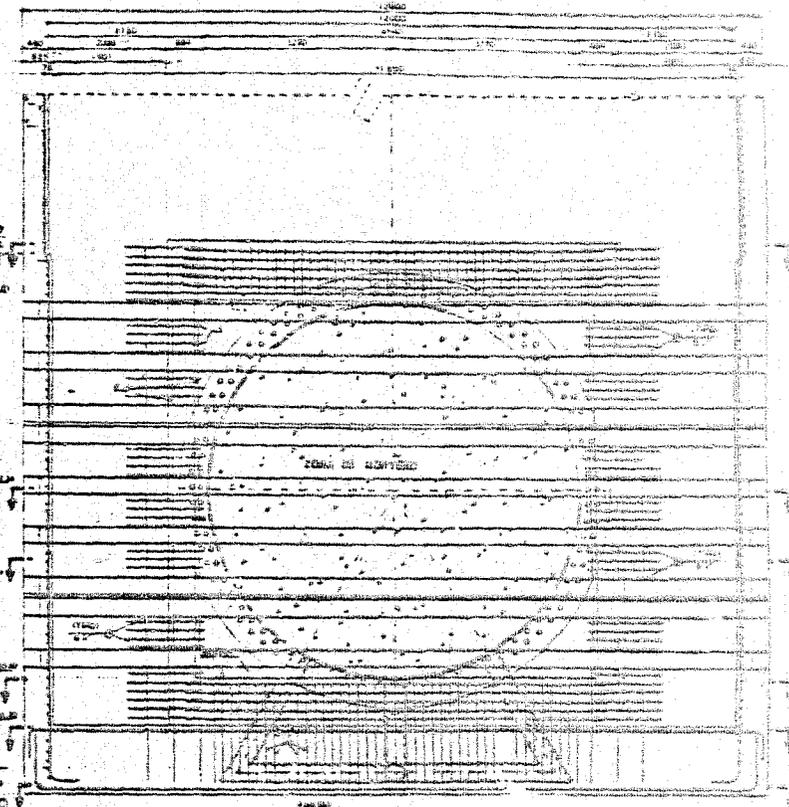
PLANOS COMPLEMENTARIOS
------------------------

REVISIONES
------------

... (Additional notes and specifications)



SECCION L-L, ELEVACION  
DEFINICION DE VARILLAS DE ACERO DE  
REFUERZO DEL LECHO INTERIOR CON RESPECTO  
AL EJE VERTICAL DE LA LUMBRERA  
REVESTIMIENTO DEFINITIVO.  
LOSA DE FONDO, PORTAL, MURO VERTICAL CILINDRICO.

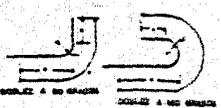


SECCION M-M, ELEVACION  
DEFINICION DE VARILLAS DE ACERO DE  
REFUERZO DEL LECHO EXTERIOR CON RESPECTO  
AL EJE VERTICAL DE LA LUMBRERA  
REVESTIMIENTO DEFINITIVO.  
LOSA DE FONDO, PORTAL, MURO VERTICAL CILINDRICO.

NOTAS: 1. El presente proyecto es el resultado de un estudio de ingeniería estructural realizado en el mes de mayo de 1960. 2. Se ha considerado un coeficiente de seguridad de 1.40 para el acero y 1.50 para el concreto. 3. El concreto se ha considerado de resistencia característica de 200 kg/cm<sup>2</sup>. 4. El acero se ha considerado de resistencia característica de 4200 kg/cm<sup>2</sup>. 5. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.40 entre el concreto y el acero. 6. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.30 entre el concreto y el concreto. 7. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.20 entre el concreto y el acero. 8. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.10 entre el concreto y el concreto. 9. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.05 entre el concreto y el acero. 10. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.02 entre el concreto y el concreto. 11. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.01 entre el concreto y el acero. 12. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.005 entre el concreto y el concreto. 13. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.002 entre el concreto y el acero. 14. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.001 entre el concreto y el concreto. 15. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.0005 entre el concreto y el acero. 16. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.0002 entre el concreto y el concreto. 17. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.0001 entre el concreto y el acero. 18. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.00005 entre el concreto y el concreto. 19. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.00002 entre el concreto y el acero. 20. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.00001 entre el concreto y el concreto.

TABLA DE ASCLAS

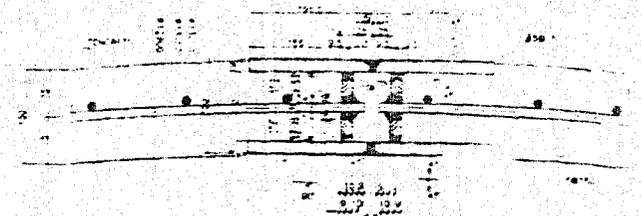
ASCLA	NO.						
1	15	0	3	4	20	14	
2	10	11	0	4	15	22	
3	0	18	0	4	04	02	
4	0	20	0	4	07	03	
5	0	21	0	4	08	04	
6	0	20	0	11	08	05	
7	0	20	0	12	10	07	
8	0	20	0	14	12	08	
9	0	20	0	16	14	10	
10	0	20	0	18	16	12	
11	0	20	0	20	18	14	
12	0	20	0	22	20	16	
13	0	20	0	24	22	18	
14	0	20	0	26	24	20	
15	0	20	0	28	26	22	
16	0	20	0	30	28	24	
17	0	20	0	32	30	26	
18	0	20	0	34	32	28	
19	0	20	0	36	34	30	
20	0	20	0	38	36	32	
21	0	20	0	40	38	34	
22	0	20	0	42	40	36	
23	0	20	0	44	42	38	
24	0	20	0	46	44	40	
25	0	20	0	48	46	42	
26	0	20	0	50	48	44	
27	0	20	0	52	50	46	
28	0	20	0	54	52	48	
29	0	20	0	56	54	50	
30	0	20	0	58	56	52	
31	0	20	0	60	58	54	
32	0	20	0	62	60	56	
33	0	20	0	64	62	58	
34	0	20	0	66	64	60	
35	0	20	0	68	66	62	
36	0	20	0	70	68	64	
37	0	20	0	72	70	66	
38	0	20	0	74	72	68	
39	0	20	0	76	74	70	
40	0	20	0	78	76	72	
41	0	20	0	80	78	74	
42	0	20	0	82	80	76	
43	0	20	0	84	82	78	
44	0	20	0	86	84	80	
45	0	20	0	88	86	82	
46	0	20	0	90	88	84	
47	0	20	0	92	90	86	
48	0	20	0	94	92	88	
49	0	20	0	96	94	90	
50	0	20	0	98	96	92	
51	0	20	0	100	98	94	



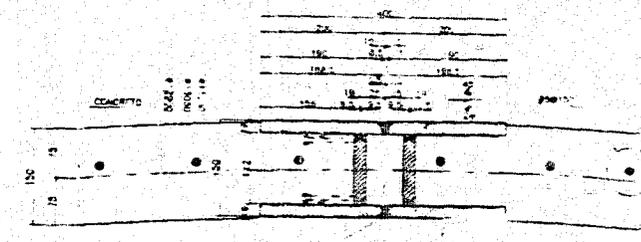
INGENIEROS CONSULTORES E INGENIEROS S.A. DE C.V. D.S.C.B.M.  
CALLE DE LA UNIDAD 1000, P.O. BOX 1000, MEXICO, D.F.  
TEL. 52-55-52-11-11  
CALLE DE LA UNIDAD 1000, P.O. BOX 1000, MEXICO, D.F.  
TEL. 52-55-52-11-11

PLANS COMPLEMENTARIOS  
FECHA: 1960  
MODIFICACIONES

NOTAS: 1. El presente proyecto es el resultado de un estudio de ingeniería estructural realizado en el mes de mayo de 1960. 2. Se ha considerado un coeficiente de seguridad de 1.40 para el acero y 1.50 para el concreto. 3. El concreto se ha considerado de resistencia característica de 200 kg/cm<sup>2</sup>. 4. El acero se ha considerado de resistencia característica de 4200 kg/cm<sup>2</sup>. 5. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.40 entre el concreto y el acero. 6. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.30 entre el concreto y el concreto. 7. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.20 entre el concreto y el acero. 8. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.10 entre el concreto y el concreto. 9. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.05 entre el concreto y el acero. 10. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.02 entre el concreto y el concreto. 11. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.01 entre el concreto y el acero. 12. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.005 entre el concreto y el concreto. 13. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.002 entre el concreto y el acero. 14. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.001 entre el concreto y el concreto. 15. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.0005 entre el concreto y el acero. 16. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.0002 entre el concreto y el concreto. 17. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.0001 entre el concreto y el acero. 18. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.00005 entre el concreto y el concreto. 19. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.00002 entre el concreto y el acero. 20. Se ha considerado un coeficiente de fricción de 0.00001 entre el concreto y el concreto.



DETALLE DE CONEXION ENTRE SEGMENTOS DE ANILLO EN LA INTERSECCION CON LAS VARILLAS HORIZONTALES PLANTA



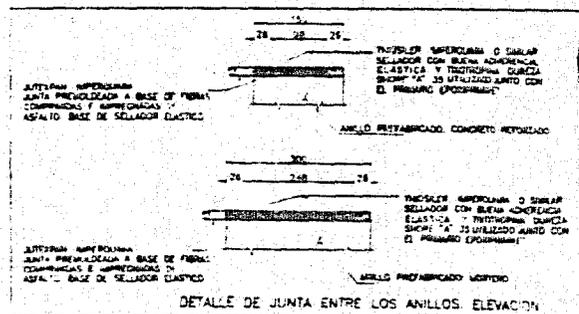
DETALLE DE CONEXION ENTRE SEGMENTOS DE ANILLO EN LAS ZONAS ENTRE LAS VARILLAS HORIZONTALES PLANTA

DETALLE - VER PLANO No. 1

ZONA A

ZONA B

SECCION A - A, ELEVACION ANILLO No. 1

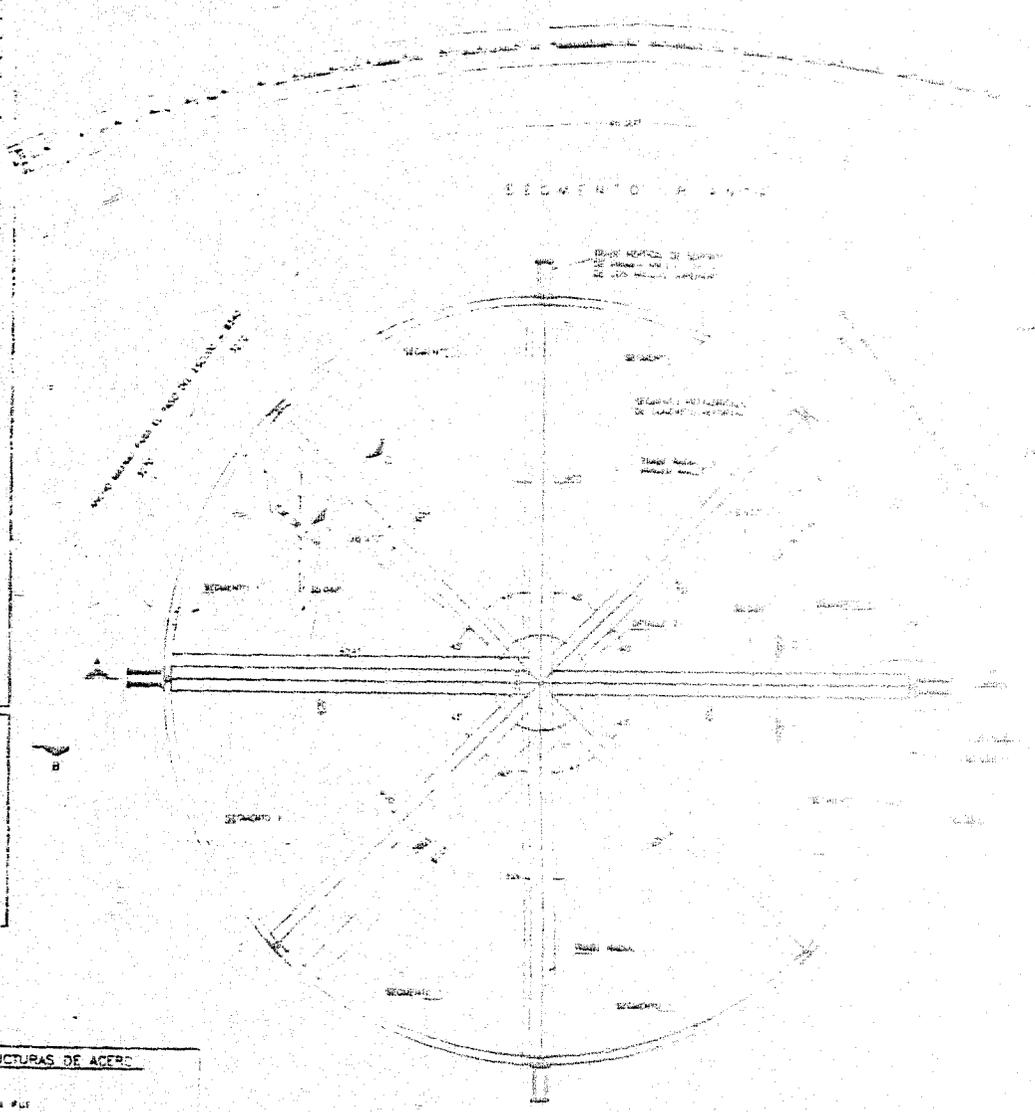


DETALLE DE JUNTA ENTRE LOS ANILLOS, ELEVACION

NOTAS PARA LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

- 1. ACERO ESTRUCTURAL ACTUAL
- 2. TIPO DE SOLDADURA EMPLEADA PLUS DE ACERO EMPLEADO
- 3. LOS ANTIQUEROS DE APLICACION DE LA SIGUIENTE MANERA
- 4. DE APLICACION LOS CASOS DE UN PRIMER PERIODO DE USO GENERAL CON FORMACION COMO RESERVA DE CORROSION Y LOS CASOS DE UN PERIODO FINAL ACABADO
- 5. ANTES DE LA APLICACION DE LOS REUBRINDOS LA SUPERFICIE DE ACERO QUEDE LIBRE DE SUCIOS COMO: GRASA, LARAS, POLVO, ETC.

DIMENSIONES EN MILIMETROS PARA COMET Y DETALLES INDICADOS EN ESTE PLANO (VER PLANO No. 1)



SECCION B-B PLANTA ANILLO No. 1

INGENIEROS CONSULTORES E INMOBILIARIA S.A. DE C.V. D.C.C.M.

PROYECTO: [ ]

FECHA: [ ]

ELABORADO POR: [ ]

REVISADO POR: [ ]

APROBADO POR: [ ]

PLANO: [ ]

COMPLEMENTARIO: [ ]

FECHA: [ ]

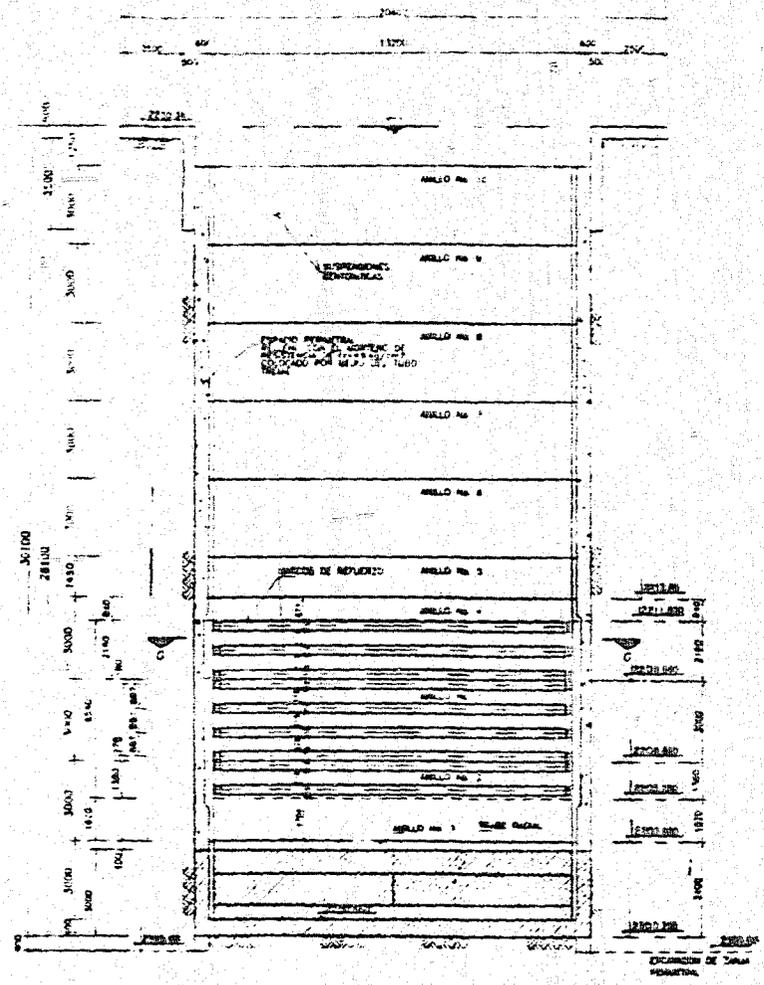
PROYECTO: [ ]

ELABORADO POR: [ ]

REVISADO POR: [ ]

APROBADO POR: [ ]

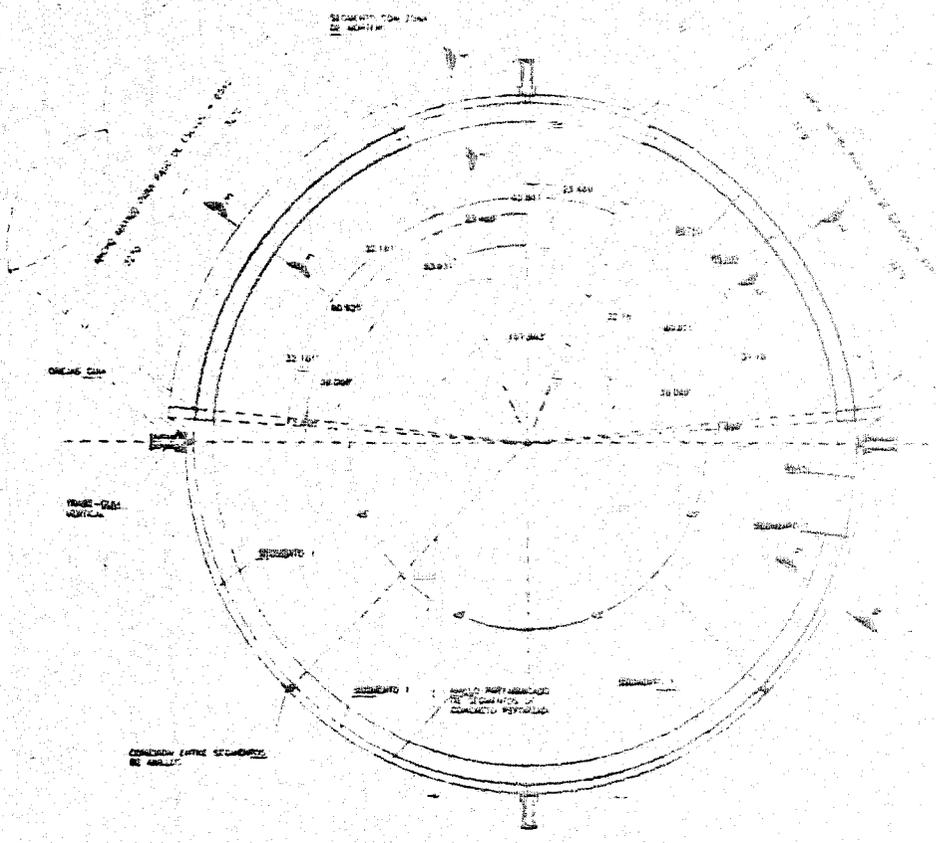
Este documento es propiedad de los señores ingenieros consultores e inmobiliaria S.A. de C.V. D.C.C.M. y no debe ser reproducido, copiado, distribuido o utilizado en forma alguna sin el consentimiento escrito de los señores ingenieros consultores e inmobiliaria S.A. de C.V. D.C.C.M.



COLOCACION DE ANILLOS 1, 3 Y 4 CON EL MONTADO INCORPORADO PARA FACILITAR LA SALIDA Y ENTRADA DEL ESCUDO ASI COMO LA INSTALACION DE LOS ANILLOS 5 A 10. SECCION TIPC. ELEVACION

**NOTAS ADICIONALES PARA LAS ESTRUCTURAS DE ACERO**

- 1.- ACERO ESTRUCTURAL A572-50
- 2.- EL TIPO DE SOLDADURA EMPLEADA FUE DE ARCO ELECTRICO
- 3.- LAS ANCHURAS DE LAS APLICACIONES DE LA SOLDADURA DEBERAN SER APLICADAS DOS CARAS DE UN PUNTO DE VISTA GENERAL CON FUNDAMENTO COMO MEMBRON DE CORROSION Y DOS CAPAS DE UN PUNTO DE VISTA DETALLADO.
- 4.- DESPUES DE LA APLICACION DE LOS RECURSOS LA SUPERFICIE DE ACERO DEBERA QUEDAR LIBRE DE CUALQUIER TIPO DE SUCIEDAD COMO GRASAS, GRASAS, POLVO, ETC.



SECCION G-0. PLANTA SECCION TIPC DE LA ZONA DE ANILLO CON MONTADO Y CERRAJES. SECCION TIPC. PLANTA SECCION TIPC.

NOTAS PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA

1. SECCION I: 15.00m x 15.00m
2. SECCION II: 15.00m x 15.00m
3. SECCION III: 15.00m x 15.00m
4. SECCION IV: 15.00m x 15.00m
5. SECCION V: 15.00m x 15.00m
6. SECCION VI: 15.00m x 15.00m
7. SECCION VII: 15.00m x 15.00m
8. SECCION VIII: 15.00m x 15.00m
9. SECCION IX: 15.00m x 15.00m
10. SECCION X: 15.00m x 15.00m

INGENIEROS CONSULTORES E INMOBILIARIA S.A. DE C.V. D.G.C.O.H.

PROYECTO: [ ]

CLIENTE: [ ]

FECHA: [ ]

ELABORADO POR: [ ]

REVISADO POR: [ ]

APROBADO POR: [ ]

PLANO COMPLEMENTARIO

[ ]

[ ]

[ ]

SECCION TIPC

[ ]

[ ]

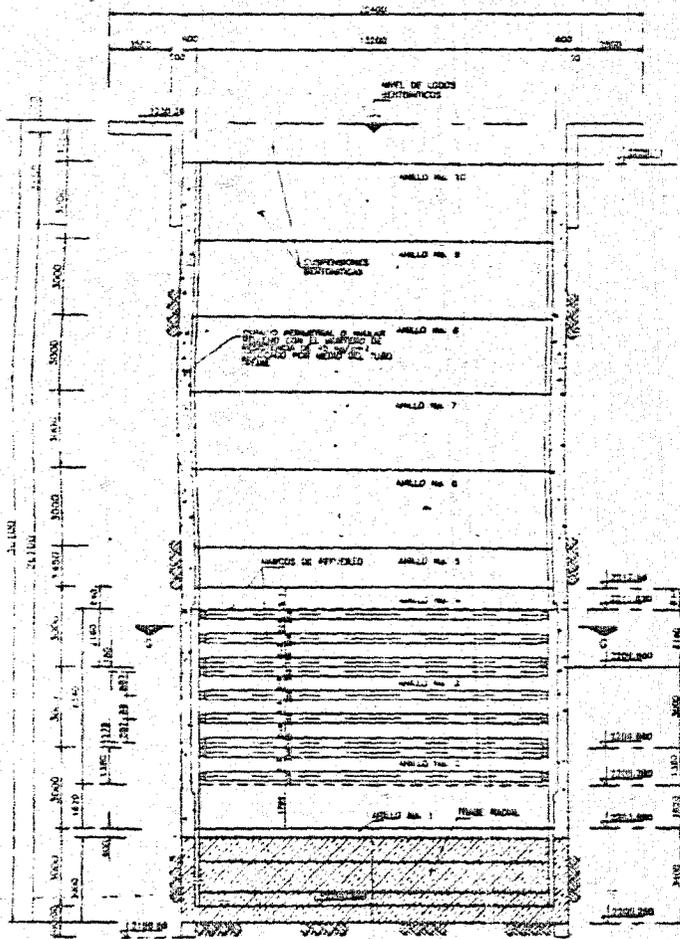
[ ]

SECCION TIPC

[ ]

[ ]

[ ]

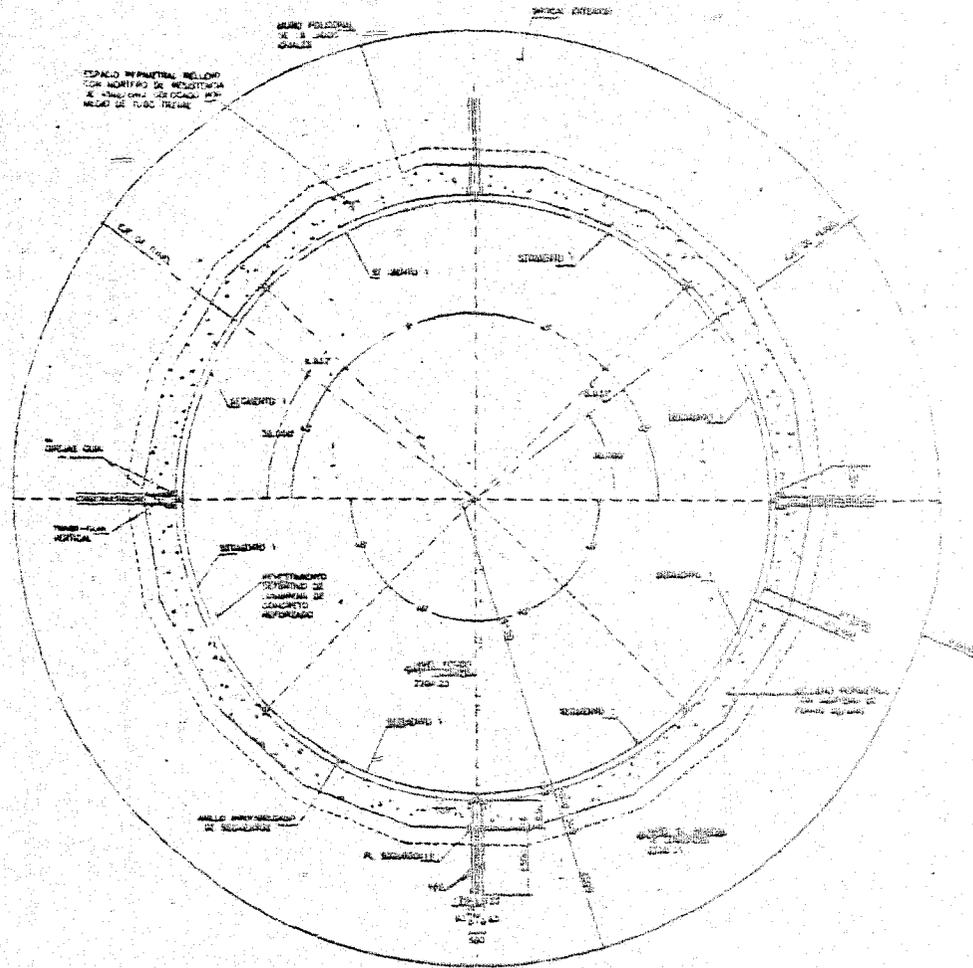


RELLENO PERIFERICO CON EL SORTEO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE  $P=1400 \text{ kg/cm}^2$  POR MEDIO DE TUBO TRENDE Y POSTERIOR MANTO DE Lodos BENTONITICOS DEL FONDO DE LA EXCAVACION, SECCION T-1047, ELEVACION.

**NOTAS ADICIONALES PARA LAS ESTRUCTURAS DE ACERO**

- 1- ACERO ESTRUCTURAL S205, S235, S275, S355
- 2- EL TIPO DE SOLDADURA EMPLEADA DEBE DE SER ELECTRODO
- 3- LOS AUTOMATISMOS DE SOLDADURA DEBE DE SER DE LA SIGUIENTE MANERA:
  - SE EMPLEARAN LOS TIPOS DE LA SIGUIENTE FORMA:
    - 1- PARA LAS JUNTAS DE CORTE Y DE ANGULO DE CORNER Y DE ANGULO DE CORNER Y DE ANGULO DE CORNER
    - 2- PARA LAS JUNTAS DE CORNER Y DE ANGULO DE CORNER

ANTES DE LA EMISION DE LA RESOLUCION DE LA SUPERVISEOR DE ACERO DEBE DE SER DE SUJECION Y UNO DE LOS SIGUIENTES: S205, S235, S275, S355.



RELLENO PERIFERICO CON EL SORTEO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE  $P=1400 \text{ kg/cm}^2$  POR MEDIO DE TUBO TRENDE Y POSTERIOR MANTO DE Lodos BENTONITICOS DEL FONDO DE LA EXCAVACION, SECCION T-1047, PLANTA.

... (Faint text, likely technical specifications or notes related to the drawings)

INGENIEROS CONSULTORES E INGENIERIA S.A. DE C.V. I. C. C. C. H.

NO. DE DISEÑO	NO. DE REVISION	FECHA DE LA REVISION





**CAPÍTULO VI**

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES.

Es indudable el gran avance técnico constructivo que han tenido las lumbreras para el Sistema de Drenaje Profundo de la Cd. de México, esto por los problemas de hundimientos que presenta el subsuelo.

Respecto a la construcción de las lumbreras flotadas a las lumbreras de anillos, se puede apreciar en sus respectivos análisis que a pesar de que una debe cumplir con más condiciones de seguridad (lumbreras flotadas), se ha logrado mantener la estabilidad deseada sin mayores problemas, lo cual indica que las consideraciones que se han hecho acerca del comportamiento del suelo y su mejoramiento han cumplido con su cometido.

En lo que respecta a las lumbreras de anillos, se debe decir que es un método que apenas se ha desarrollado y que sin embargo, se ha logrado una mayor seguridad en su proceso constructivo con respecto a las lumbreras flotadas; lo anterior se puede observar en su análisis y más concretamente en los temas de revestimiento que con respecto a la flotada es más sencillo y por consiguiente dan una mayor seguridad.

En base a lo anterior se puede decir que la construcción de lumbreras de anillos, representa una mejor elección a pesar de que pueden tener condiciones desfavorables en la colocación de anillos, si se preveen correctamente éstas situaciones y se utiliza el procedimiento constructivo y herramienta en forma adecuada, es altamente probable que no surja ningún problema en los trabajos. Por lo descrito anteriormente la D.G.C.O.H. ha decidido que las nuevas lumbreras se construyan por el método de anillos.

Lo más innovador que se realiza en los métodos descritos en este trabajo, es la inclusión del portal de salida del escudo en sus revestimientos, lo que viene a marcar una diferencia con respecto a las lumbreras construidas con anterioridad lo que originaba retrasos en programas de obra y por lo tanto un incremento en el costo.

Con ésto último se puede concluir y demostrar que siempre y cuando al subsuelo se le trate y enfrente correctamente, será posible excavar e implementar en él, no importando que tanta inestabilidad pueda presentar el material trabajado.

#### RECOMENDACIONES

Durante la excavación de las lumbreras, se hace un minucioso seguimiento de todos los parámetros problemáticos que intervienen en la construcción de éstas, siendo así posible prever muchas situaciones anómalas, que al no solucionarlas o detectarlas a tiempo puedan tener consecuencias graves.

Debido a esto se ve la conveniencia de continuar con este tipo de seguimiento y profundizar aún más en los factores que originan variaciones en los mencionados parámetros.

Una sugerencia, es hacer un estudio de factibilidad económica y técnica para determinar la conveniencia de que todo el material producto de la excavación y el lodo, tengan una misma recirculación en la misma planta de tratamiento de la lumbrera, evitando así lo menos posible el tiro del material, lo que produce una contaminación al medio ambiente y además que evitaría molestias más degradantes en los tiros asignados por el D.D.F.

Por todo esto se hace evidente la necesidad de permanecer a la vanguardia en lo referente al desarrollo tecnológico que se da en el mundo en

este tipo de trabajos, ya que esto traerá como consecuencia grandes ventajas técnicas, económicas y ambientales.

Hasta ahora se han dado apenas los primeros pasos en este tipo de trabajos, pero falta mucho por avanzar.

## BIBLIOGRAFÍA

#### BIBLIOGRAFÍA.

- ♦ Sistema de Drenaje Profundo de la Cd. de México.  
D.G.C.O.H. del D.D.F. Año 1988
  
- ♦ Catálogos de conceptos para Lumbreras Flotadas y de Anillos.  
D.G.C.O.H. del D.D.F. Año 1994
  
- ♦ Manual de especificaciones para la secuencia del proceso constructivo de Lumbreras Flotadas y con Anillos Segmentados. Incluyendo el portal de salida del escudo a la lumbrera.  
D.G.C.O.H. del D.D.F. Año 1994
  
- ♦ Tesis "Proceso Constructivo de Lumbreras 1A1 1B del Interceptor Oriente"  
U.N.A.M. Año 1991  
Victor Hugo Márquez Pérez.
  
- ♦ Especificaciones para la elaboración del Lodo Estabilizador.  
D.G.C.O.H. del D.D.F. Año 1994

Manual de Mejoramiento del Suelo a la Llegada del Escudo Excavador.

D.G.C.O.H. del D.D.F. Año 1994

• Planos de obra terminada del D.D.F