



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON**

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LUMBRERAS,
CASO DE ESTUDIO: CONSTRUCCIÓN DE UNA
LUMBRERA PARA EL PROYECTO DE SANEAMIENTO
DEL VALLE DE MÉXICO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

VERÓNICA LOZADA ROMERO

DIRECTOR: ING. SERGIO MACUIL ROBLES

San Juan de Aragón, Edo. de México Agosto del 2010.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A lo largo de mi vida he tenido oportunidad de conocer gente que ha sido de apoyo para las actividades que realizo, sin embargo, siempre ha habido alguien constante, mis padres, a ellos dedico este logro como una pequeña muestra de mi agradecimiento y mi orgullo, porque siempre han tenido una mano hacia mí, porque su aliento y apoyo han sido parte fundamental de lo que he conseguido, y porque aún en los momentos más difíciles han estado a mi lado para aconsejarme y guiarme en el camino de mi vida. Sé que queda mucho por recorrer y me siento muy afortunada de poder compartir con ellos y con mi hermana lo que juntos hemos creado. A ella le agradezco ser mi compañera y cómplice de toda la vida y ser motivo de mi empeño por ser mejor cada día, espero poder ser útil en su vida como ella lo ha sido en la mía.

Me gustaría también hacer mención especial de mis amigos y profesores, por el apoyo dado a lo largo de mi carrera y por soportar mis preguntas y mi terquedad, sé que no fue fácil pero también sé que cuento con su aprecio y que muchos de ellos serán mis amigos para toda la vida.

No podría dejar de mencionar a las personas que me asesoraron y colaboraron de alguna manera en la culminación de este trabajo. Me sería imposible mencionarlos a todos, pero ellos saben que este pequeño párrafo es hacia ellos.

INDICE

OBJETIVO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

1.1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

1.1.1. ALCANCE DEL PROYECTO

1.1.2. TIPO DE CONTRATO

1.2. ESTUDIOS PRELIMINARES DE DISEÑO

1.2.1. TRABAJOS DE CAMPO

1.2.2. TRABAJOS DE LABORATORIO

1.2.3. CONDICIONES ESTRATIGRÁFICAS

1.2.4. ESTUDIO AMBIENTAL

2. DISEÑO DE LA LUMBRERA 4 POR EL MÉTODO DE FLOTACIÓN

2.1. DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA LUMBRERA

2.2. MODELO DE ANÁLISIS Y CRITERIOS DE DISEÑO

3. MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
LUMBRERAS Y TÚNELES

4. ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS LUMBRERAS

4.1. PREELIMINARES

- 4.2. CONSTRUCCIÓN DE MURO PANTALLA DE LODO FRAGUANTE
 - 4.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS SEGUNDOS BROCALES PROVISIONALES
 - 4.4. CONSTRUCCIÓN DE PANTALLA PERIMETRAL DE MORTERO
 - 4.5. CONSTRUCCIÓN DE BROCALES DEFINITIVOS
 - 4.6. CONSTRUCCIÓN DE ZANJA PERIMETRAL
 - 4.7. EXTRACCIÓN DEL NUCLEO
 - 4.8. TANQUE METÁLICO
 - 4.9. LOSA DE FONDO Y MURO DE LUMBRERA
 - 4.10. TRABES DE LIGA Y RELLENO DE ZANJA Y BAJO TANQUE
 5. PROGRAMA DE OBRA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA LUMBRERA
 6. PLANOS
- CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable para la creciente población de la ciudad de México representa un serio problema social, económico y político. El continuo crecimiento urbano aunado al escaso financiamiento, ha limitado la capacidad del gobierno para extender la red de abastecimiento a las áreas que carecen del servicio, para reparar fugas y para tratar aguas residuales. Casi el 72% del abastecimiento de agua para la ciudad proviene del acuífero localizado bajo el área metropolitana, el cual ha venido padeciendo una considerable sobre explotación.

Los niveles de agua del subsuelo se han venido abatiendo en el transcurso de los últimos 100 años, lo que ha provocado un hundimiento del subsuelo de la región. Como consecuencia, el nivel de la superficie del área metropolitana en algunas zonas ha sufrido un descenso de 7.5 m, con respecto al nivel de referencia original.

Lo anterior propicia condiciones para que existan más inundaciones en la ciudad, daños a la infraestructura, especialmente a redes de agua potable y de drenado. Estas dificultades combinadas con el manejo inadecuado de los desechos peligrosos, provocan que el acuífero y el sistema de distribución sean vulnerables a la contaminación, con los consecuentes riesgos a la salud pública.

Este problema se hizo patente en la falla que presentó el Canal Río la Compañía el 31 de mayo del año 2000, que afectó a un considerable número de pobladores del Valle de Chalco y ocasionando el cierre de la autopista México-Puebla.

La operación del Canal Río la Compañía presenta una problemática asociada al fenómeno del hundimiento regional del Valle de Chalco y a la diferencia de espesores de materiales compresibles sobre el que está construido, lo que ocasiona desplazamientos verticales y horizontales diferenciales notables, provocando la formación de grietas de tensión y favoreciendo la erosión interna por el flujo de agua en los bordos que forman la estructura.

Los análisis de comportamiento realizados a partir de la información obtenida con la instrumentación geotécnica instalada a partir de 2001, indican que el riesgo de que se abra una grieta que permita el paso de agua y produzca erosión interna es mayor a medida que transcurre el tiempo, dada la elevada velocidad del asentamiento regional (30 cm por año) y la singular estratigrafía de la zona.

Para evitar que esto ocurra de manera intempestiva y sin control, la Comisión Nacional del Agua realiza diversos trabajos de mejoramiento del funcionamiento hidráulico del Canal Río la Compañía; el programa incluye la construcción de varias obras que regulan el caudal que transitara por el Canal; así como la sobre elevación de los bordos debido a que la capacidad hidráulica disminuye por los asentamientos que sufren como consecuencia del hundimiento regional y los asentamientos locales producidos por la misma sobre elevación y la construcción de bermas laterales a los bordos del canal en los tramos potencialmente más peligrosos, con un filtro adecuado de materiales granulares, de manera que se evite la erosión interna y consecuentemente la falla de los bordos.

Sin embargo, las acciones preventivas mencionadas para mantener la integridad de los bordos sólo permiten alargar temporalmente la vida útil del Canal y se requiere elaborar cuanto antes un proyecto de trazo alterno para resolver el problema de manera definitiva.

1. ANTECEDENTES

El río de la Compañía es el principal desfogue de aguas pluviales y residuales de la zona de Chalco, Valle de México e Ixtapaluca, además de los nuevos desarrollos urbanos en el corredor de la carretera federal y de la autopista a Puebla. Su trayectoria inicia en la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael, al oriente de la cuenca del Valle de Chalco y se une al sistema de canales del ex Lago de Texcoco en el bordo Xochiaca. En su recorrido atraviesa actualmente zonas densamente pobladas, por lo que su falla provocaría enormes pérdidas económicas y amenazaría la vida de la población.



Figura 1.1.- Fotografía del canal a cielo abierto

Las actuales estructuras que forman la conducción, bordos, bermas, rampas de acceso, etc. se ubican en suelos de diferentes características, desde roca en las faldas del cerro Tlapacoya, depósitos de pie de talud cerca del mismo o de El Pino, y depósitos aluviales en las proximidades al inicio del actual Río, hasta arcillas muy blandas del ex lago de Chalco con espesores de más de 80 metros, lo que produce asentamientos importantes, mayores a los 40 cm por año, pérdida de la capacidad de

conducción y del bordo libre, además de movimientos en los terraplenes que forman los bordos. Estos factores, aunados a los factores hidráulicos e hidrológicos como las lluvias torrenciales de mayo de 2000, produjeron una falla del bordo izquierdo que inundó el Valle de Chalco y mantienen al Río a un nivel de riesgo importante para la población. Además, la altura actual de los bordos alcanza en algunos tramos valores de más de nueve metros y es necesario ejecutar anualmente costosos trabajos de mantenimiento con el fin de tener la pendiente hidráulica necesaria para su funcionamiento.

Para disminuir los riesgos de inundación y satisfacer las necesidades de saneamiento de las aguas residuales que genera la población asentada en la zona Metropolitana del Valle de México se llegó a un acuerdo para establecer una serie de acciones que desarrollen de manera coordinada y sistemática, diseños y construcción de obras entre las que se tienen las de reforzamiento y ampliación de la infraestructura de drenaje para el desalojo de aguas residuales y pluviales del proyecto de Saneamiento del Valle de México.

Para resolver la problemática del Río de la Compañía se han estudiado las posibles alternativas, seleccionando la mejor opción y desarrollando un proyecto ejecutivo correspondiente para su construcción a la brevedad. La alternativa seleccionada consiste en la construcción de un túnel de cinco metros de diámetro y 6.77 km de longitud entre paños interiores de lumbreras; excavado a profundidades del orden de 20 m, junto con cinco lumbreras de construcción de 12 m de diámetro para entrada, salida y movimientos de maquinaria y una lumbrera de rejillas de 16 m.

La alternativa seleccionada se encuentra dentro del proyecto macro que existente para el drenaje general del Valle de México.

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1.1. ALCANCE DEL PROYECTO

El canal Río de la Compañía inicia en la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael al oriente de la cuenca del Valle de Chalco y termina en el bordo Xochiaca, donde se une al sistema de canales del Lago de Texcoco.



Figura 1.2.- Mapa de localización geográfica

El túnel se construirá siguiendo un trazo por la margen izquierda del actual río de la Compañía, a partir de la lumbrera 1, ubicada en el predio donde se encuentra la planta de bombeo de aguas residuales denominada PB-12 localizada en avenida prolongación Adolfo López Mateos y puente Tlapacoya, colonia San Isidro, municipio “Valle de Chalco –Solidaridad”, Estado de México; en su trayectoria se conectará a las lumbreras 1ª, 3, 4, y 3ª, que forman parte del proyecto ubicadas a un costado del

bordo derecho del río, conectándose finalmente a la lumbrera de rejillas, en el predio donde se construirá la planta de bombeo denominada “La Caldera” en la zona conocida como la “Z” o puente federal, por la que descargará finalmente al cause actual del canal Río de la Compañía.

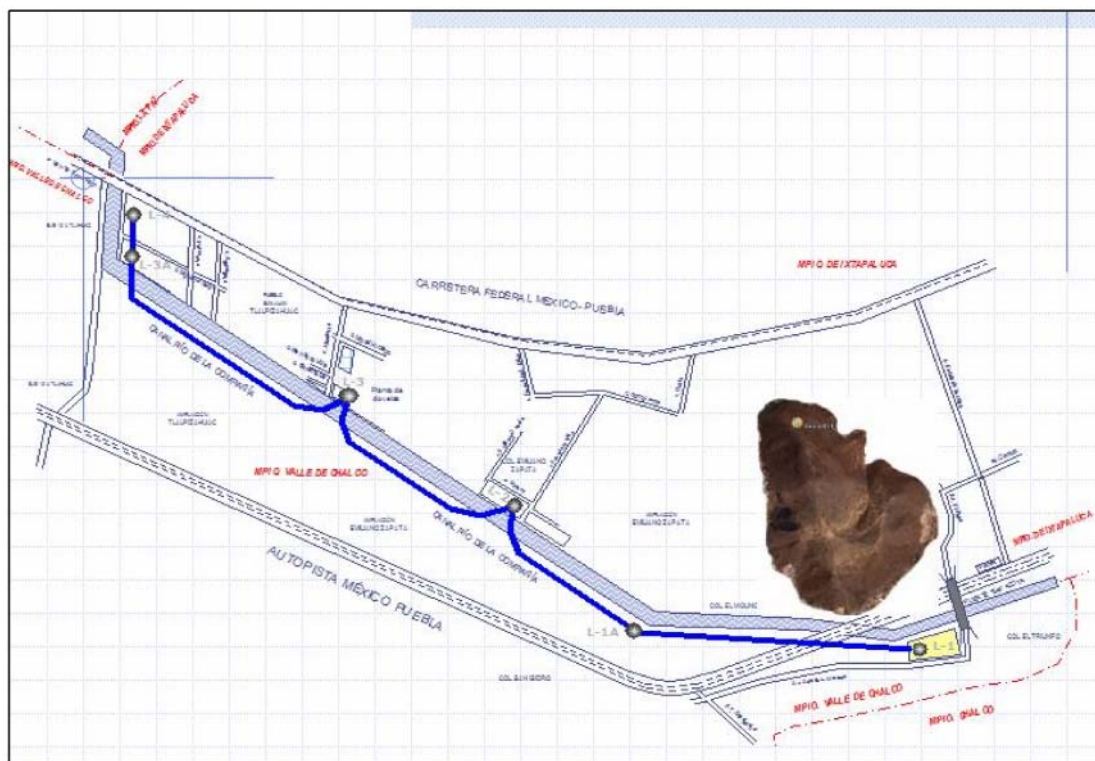


Figura 1.3.- Trazo de túnel y ubicación de lumbreras

El túnel tendrá una longitud de 6,777 m, desde la primera hasta la última lumbrera. Las primeras lumbreras tendrán diámetros interiores terminados de 12 m, mientras que la lumbrera 4 será de un diámetro interior terminado de 16 m.

La excavación se realizará con escudos de frente presurizado con lodos de 6.24 m de diámetro, donde la presión frontal será calculada paso a paso para reducir al mínimo los asentamientos que puedan generarse en superficie. El procedimiento incluye la colocación de un revestimiento primario utilizando dovelas prefabricadas de concreto reforzado de 6.10 m de diámetro exterior y 5.60m de diámetro interior; y posteriormente la construcción de un revestimiento definitivo de concreto armado de 30 cm de espesor y diámetro terminado de 5 m, de acuerdo con los datos del proyecto estructural.

1.1.2. TIPO DE CONTRATO

Como parte del proyecto de saneamiento del Valle de México, al través de un coordinador técnico, se publicó la convocatoria a las personas físicas y morales interesadas en participar en la Licitación Pública Nacional, convocada por la Comisión Nacional del Agua (CNA), para la contratación de los trabajos consistentes en la construcción del Túnel que se trazará en el margen del canal Río de la Compañía. De acuerdo a las bases de licitación, el alcance de los trabajos comprende la elaboración del diseño y procedimientos constructivos de las estructuras que integran la obra, tomando como referencia el proyecto base que el cliente entregó.

Una vez que sea hecha la evaluación de las proposiciones, el contrato se adjudicará de entre los Licitantes, a aquel cuya propuesta resulte solvente porque reúne conforme a los criterios de adjudicación establecidos en las Bases de Licitación las condiciones legales, técnicas y económicas requeridas por “la convocante” y garantice satisfactoriamente el cumplimiento de las obligaciones respectivas.

Este contrato se asignó a una empresa constructora nacional, y su principal característica, es que se trata de un contrato a precio alzado por tiempo determinado. El plazo de ejecución de la obra será de 817 días naturales, en cuanto a precio alzado, se establece un monto y aunque se exceda su costo, el contratista no podrá imputar el mismo a la empresa contratante. Por lo anterior es recomendable que las empresas que decidan participar en proyectos a precio alzado cuantifiquen o integren adecuadamente sus costos e identifiquen los riesgos del proyecto que podrían afectar su ejecución.

En este mismo apartado, la empresa constructora deberá entregar una serie de garantías las cuales respaldan la ejecución del proyecto y en caso de incumplimiento, la entidad contratante podrá hacer efectivas las garantías.

1.2. ESTUDIOS PRELIMINARES DE DISEÑO

Con el objetivo de caracterizar las condiciones estratigráficas del lugar, así como las propiedades índice y mecánicas de los diferentes materiales; la empresa subcontrato a una empresa especializada en cimentaciones, para realizar los trabajos de campo y de laboratorio para el estudio de la mecánica de suelos.

El predio en estudio se ubica en la Zona III o Zona de Lago, formada por la sedimentación de arenas y arcillas de origen volcánico, las cuales fueron transportadas por el aire y las corrientes hacia las aguas tranquilas de los lagos que se originaron en la cuenca. A medida que se depositaron estos materiales se definieron las siguientes formaciones: el primer horizonte definido por los estratos más superficiales con espesores entre 20 m y 50 m, formados por arcillas blandas de alta compresibilidad y baja resistencia al esfuerzo cortante, pueden presentar condiciones variables de consolidación, encontrándose que las capas superficiales de estos depósitos generalmente son pre-consolidados y sobreyacen a espesores importantes de suelos normalmente consolidados, dicha formación está interrumpida por pequeñas intercalaciones de lentes duros ó costras de arena; sobre dichos depósitos se encuentra la capa dura formada por un material predominantemente limo arenoso con ocasionales intercalaciones de gravillas y arcillas, tiene espesores variables que van desde unos cuantos centímetros en la zona central del lago, hasta alcanzar más de 4 m en lo que fueron las orillas del mismo; y finalmente se tiene la serie arcillosa inferior con estratos de materiales arcillosos que continúan por debajo de las capas duras, manteniendo en la mayoría de los casos la características generales de la serie arcillosa superior.

1.2.1. TRABAJOS DE CAMPO

De acuerdo con los requerimientos del proyecto la exploración de campo consistió en la perforación de un sondeo de tipo mixto.

En la perforación del sondeo mixto se alternó la obtención de muestras alteradas e inalteradas, las primeras se obtuvieron a partir de la técnica conocida como penetración estándar y las segundas mediante la utilización del tubo de pared delgada tipo Shelby hincando mediante presión. La penetración estándar, se llevó a cabo mediante la herramienta conocida como penetrómetro estándar, de 60 cm. de longitud, 3.50 cm. de diámetro interior y 4.65 cm. de diámetro exterior, que al tiempo que recupera muestras de tipo alterado, permite medir la resistencia a la penetración en el suelo que atraviesa, la cual se determina por el número de golpes que se deben aplicar con un martinete de 63.5 Kg. de peso, con caída libre de 76.2 cm., hasta alcanzar la penetración de los 30 cm. intermedios del penetrómetro en el suelo y con la cual se puede conocer la compacidad o consistencia de los estratos perforados.

1.2.2. TRABAJOS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio estuvieron encaminadas a determinar las propiedades índice de los diferentes materiales identificados, así como los parámetros de resistencia empleados en los análisis geotécnicos que serán utilizados en los análisis geotécnicos correspondientes. Los ensayos realizados en las muestras recuperadas, son los que se enlistan a continuación:

- Clasificación visual y manual, en estado húmedo y seco, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- Determinación del contenido natural de agua.
- Densidad de sólidos.
- Resistencia a la compresión triaxial no consolidada no drenada (UU).
- Consolidación unidimensional.

Todos los ensayos se llevaron a cabo atendiendo a lo que se especifica en el Manual de mecánica de Suelos.

1.2.3. CONDICIONES ESTRATIGRÁFICAS

A continuación se presenta la descripción estratigráfica del sitio de estudio, tomando como base la información obtenida durante los trabajos de perforación de los sondeos y de los resultados de los trabajos de laboratorio.

Estrato I (de 0.00 a 1.20 m)- se observó un estrato de limo arenoso color café oscuro de consistencia muy rígida ($19 < N < 25$), el contenido natural de agua promedio es de 28%.

Estrato II (de 1.20 a 1.80 m)- se identificó una arena limosa color café oscuro de compacidad muy densa ($N < 50$), el contenido natural de agua promedio es de 26%, el contenido de material fino es de 32 %.

Estrato III (de 1.80 a 6.50 m)- se encontró una arcilla arenosa color café claro de consistencia media ($6 < N < 8$), el contenido natural de agua promedio es de 150%, el contenido de material fino es de 56%, la densidad de sólidos del material es de 2.25, el peso volumétrico natural es de 1.38 ton/m³, la relación de vacíos es de 3.34 y el grado de saturación es de 98 %. En prueba triaxial no consolidada no drenada se obtuvo una cohesión de 6.30 ton/m² y un ángulo de fricción de 8°.

Estrato IV (de 6.50 a 13.50 m)- se identificó una arcilla de alta plasticidad color café rojizo y café oscuro de consistencia media ($4 < N < 6$), el contenido natural de agua oscila entre 282% y 75%, el contenido de material fino es de 98%, la densidad de sólidos es de 2.62, el peso volumétrico natural es de 1.5 ton/m³, la relación de vacíos es de 3.30 y el grado de saturación es de 98%, en compresión simple se obtuvo una resistencia de 11.4 ton/m² y en prueba triaxial no consolidada no drenada se determinó una cohesión de 5.60 ton/m² y un ángulo de fricción de 2°.

Estrato V (de 13.50 a 15.20 m)- subyaciendo al estrato anterior se encontró una arcilla de alta plasticidad color café verdoso de consistencia blanda ($2 < N < 4$), el contenido natural de agua promedio es de 120%.

Estrato VI (de 15.20 a 16.50 m)- se observó una arcilla de alta plasticidad color café oscuro de consistencia media ($4 < N < 7$), la densidad de sólidos del material es de 2.58, el peso volumétrico natural es de 1.35 ton/m^3 , la relación de vacíos es de 3.30 y el grado de saturación es de 99 %. En compresión simple se determinó una resistencia de 13.60 ton/m^2 y en prueba triaxial no consolidada no drenada se obtuvo una cohesión de 6.70 ton/m^2 y un ángulo de fricción de 7° .

Estrato VII (de 16.50 a 17.00 m)- se observó una arcilla de alta plasticidad color café oscuro de consistencia muy blanda ($N=1$), el contenido natural de agua promedio es de 180%.

Estrato IX (de 19.200 a 20.00 m)- se encontró un limo arenoso color gris oscuro de consistencia muy blanda ($N=PH$).

Estrato X (de 20.00 a 20.60 m)- se identificó un limo de alta plasticidad color café de consistencia muy rígida ($N=18$), el contenido natural de agua promedio es de 55%, el contenido de material fino es de 93 %.

Estrato XI (de 20.60 a 24.50 m)- se observó una arcilla de alta plasticidad color café oscuro de consistencia muy blanda ($4 < N < 9$), el contenido natural de agua oscila entre 75% y 190%, la densidad de sólidos del material es de 2.69, el peso volumétrico natural es de 1.51 ton/m^3 , la relación de vacíos es de 2.15 y el grado de saturación es de 96 %.

Estrato XII (de 24.50 a 27.10 m)- se encontró una arcilla de alta plasticidad color café de consistencia blanda, el contenido natural de agua promedio es de 125% y 98% de material fino.

Estrato XIII (de 27.10 a 30.00 m)- se encontró un limo arenoso color café rojizo de consistencia muy rígida, el contenido natural de agua promedio es de 45%, el contenido de material fino es de 78%, la densidad de sólidos del material es de 2.65, el peso volumétrico natural es de 1.80 ton/m³, la relación de vacíos es de 1.0 y el grado de saturación es de 98 %. En compresión simple se obtuvo una resistencia de 14.50 ton/m² y en prueba triaxial no consolidada no drenada se obtuvo una cohesión de 16.50 ton/m² y un ángulo de fricción de 6°.

Estrato XIV (de 30.00 a 32.20 m)- se observó un limo arenoso color gris oscuro de consistencia rígida (11<N<13), el contenido natural de agua promedio es de 30%, el contenido de material fino es de 89 %.

Estrato XV (de 32.20 a 32.90 m)- se identificó un limo de alta plasticidad color café oscuro de consistencia muy blanda (2<N), el contenido natural de agua promedio es de 60%.

Estrato XVI (de 32.90 a 41.00 m)- se encontró un limo de alta plasticidad color café rojizo de consistencia media a rígida (5<N<12), el contenido natural de agua promedio es de 150%.

Estrato XVII (de 41.00 a 43.50 m)- se observó un limo de alta plasticidad color gris verdoso de consistencia muy rígida (15<N<20), el contenido natural de agua promedio es de 130%, el contenido de material fino es de 97 %.

Estrato XVIII (de 43.50 a 45.30 m)- se identificó un limo de alta plasticidad color gris verdoso de consistencia muy blanda (N=PH), el contenido natural de agua promedio es de 150%, la densidad de sólidos del material es de 2.65, el peso volumétrico natural es de 1.44 ton/m³, la relación de vacíos es de 2.23 y el grado de saturación es de 90 %. En compresión simple se obtuvo una resistencia de 10.50

ton/m² y en prueba triaxial no consolidada no drenada se obtuvo una cohesión de 3.9 ton/m² y un ángulo de fricción de 15°.

Estrato XIX (de 45.30 a 47.0 m)- se encontró un limo de alta plasticidad color café rojizo de consistencia muy rígida ($9 < N < 27$), el contenido natural de agua promedio es de 100%.

Estrato XX (de 47.00 a 47.60 m)- se trata de un limo de alta plasticidad color café oscuro de consistencia muy blanda ($N = PH$), el contenido natural de agua promedio es de 75%.

Estrato XXI (de 47.60 a 48.20 m)- se trata de un limo de alta plasticidad color café oscuro de consistencia muy rígida, el contenido natural de agua promedio es de 100%.

1.2.4. ESTUDIO AMBIENTAL

Los principales impactos ambientales identificados en las etapas de construcción del túnel son: la generación de lodos producidos por la excavación y la generación de residuos de actividades de mantenimiento preventivo del conjunto excavador.

En cuanto a lodos, el proyecto tiene asignado un sitio para su disposición, este cuenta con la previa autorización en materia de impacto ambiental; posteriormente, una vez que estos hayan sido estabilizados, se tiene previsto un programa de reforestación en la zona de tiro.

Los residuos de mantenimiento por su parte, son reciclados o dispuestos de acuerdo a la normatividad vigente. Aunado a esto, el proyecto instala un almacén protegido con las normas de seguridad e higiene aplicables.

Cabe mencionar que la ubicación del proyecto presenta un uso de suelo urbano, sin identificación de componentes ambientales relevantes que pudieran ser afectados por las obras y actividades de referencia. Es decir; no se ubica en ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas ni regiones consideradas prioritarias por su biodiversidad, no implica afectación del hábitat de especies incluidas en alguna categoría de protección, no implica el desabasto de agua a las comunidades ni la limitación del libre tránsito de poblaciones.

2. DISEÑO DE LA LUMBRERA 4 POR EL MÉTODO DE FLOTACIÓN

2.1. DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA LUMBRERA

ANTECEDENTE

Como parte del Proyecto de conducción del Río de la Compañía, se tiene contemplada la construcción de un conjunto de lumbreras, cuyo proceso constructivo será efectuado por el método de flotación, mediante una secuencia de ciclos bien definidos de colados e inmersiones de la estructura.

La lumbrera es un pozo que se excava para dar ventilación, mantenimiento o simplemente para tener un acceso a un túnel que se esta construyendo, ayudando a facilitar en proceso constructivo de este. También se utiliza para dar mantenimiento a la maquinaria de excavación profunda. Dado que el tipo de suelo que se presenta en la zona de Chalco e Iztapaluca, es de tipo arcilloso, es decir; un suelo blando, se decidió que la lumbrera fuera de tipo flotada. La ventaja de utilizar lumbrera de flotación es que se construye al nivel de suelo, dejando espacio para la fácil maniobra del equipo y colocación de las paredes de la lumbrera, siendo así una lumbrera que se construye de abajo hacia arriba.

GEOMETRIA GENERAL LUMBRERA L-4

La lumbrera es de sección circular en planta, tiene un diámetro interior de 16 metros, muros de 0.8 metros y una profundidad interior de 31.06 metros, con una losa de fondo que será colada en cuatro etapas constructivas, conforme a la especificación geotécnica de inmersión del tanque de flotación dando un peralte total de 2.5 metros.

CARGAS

Los muros de la lumbrera se encuentran sujetos a los empujes del suelo, se considera una sobre carga a nivel de terreno natural y el empuje hidrostático del nivel de aguas freáticas (NAF). Por otra parte la losa de fondo se diseña para las diferentes etapas de colado, conforme a las etapas de inmersión del tanque de flotación, aplicando cargas gravitacionales y de supresión.

2.2. MODELO DE ANÁLISIS Y CRITERIOS DE DISEÑO

Para obtener los elementos mecánicos que actúan en la lumbrera derivados de la aplicación de las cargas antes mencionadas, se procedió a modelar en el programa SAP 2000 la estructura de los muros de la lumbrera mediante dos anillos horizontales con las cargas a diferentes niveles, con base en los elementos mecánicos obtenidos y aplicando los lineamientos de diseño estructural del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 2004 y sus Normas Técnicas Complementarias vigentes y considerando adicionalmente el factor de sanidad de 1.3 en el Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

Para el diseño estructural del muro de la lumbrera se aplica el programa DDCgcW, que presenta adicionalmente el diagrama de interacción carga-momento. En cuanto al diseño estructural de la losa de fondo se aplico el criterio descrito anteriormente, considerando este elemento circular inscrito en un cuadrado, obteniendo el refuerzo correspondiente, para cada una de las etapas de colado previstas en la flotación de la lumbrera.

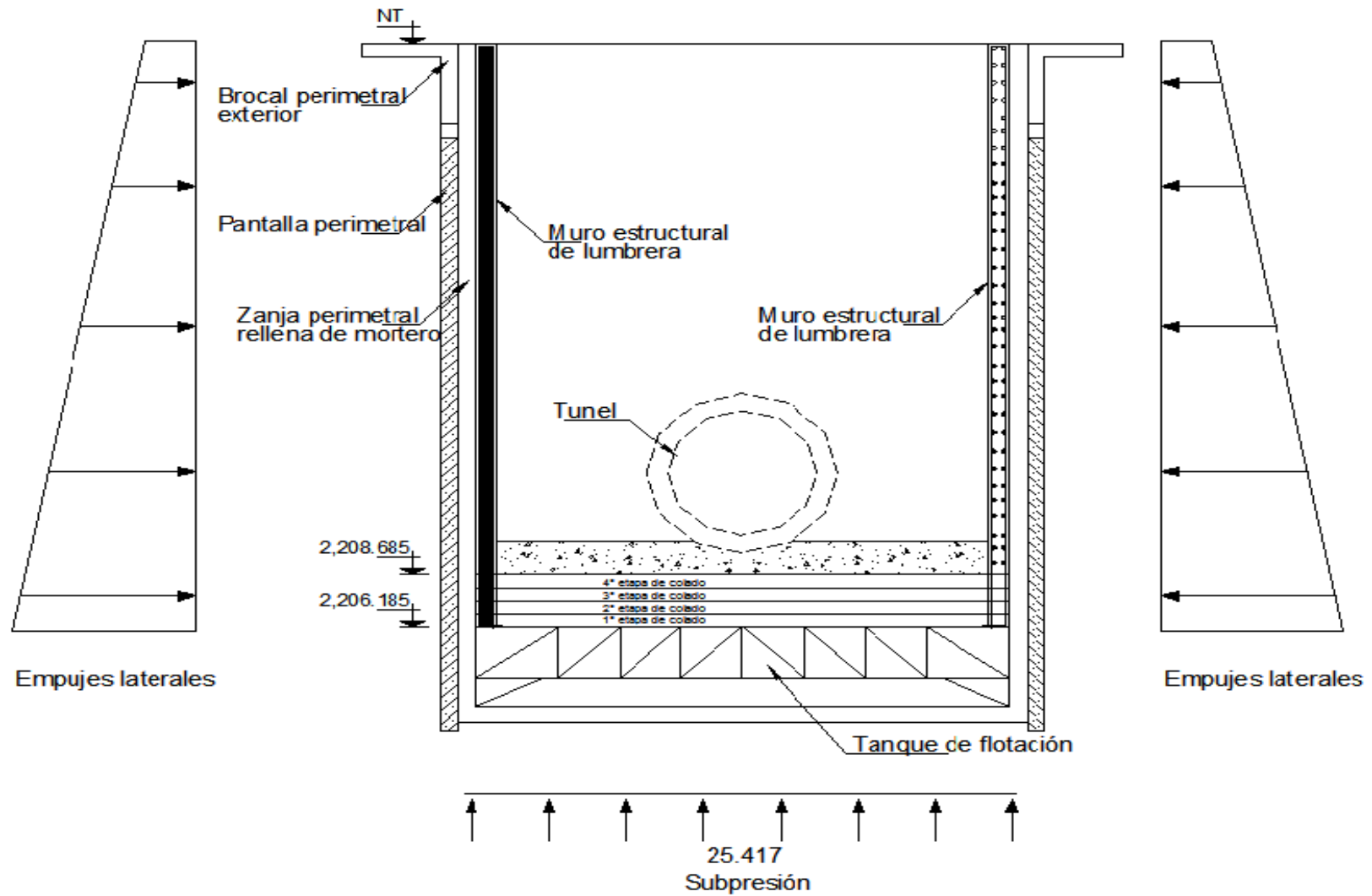


Figura 2.1.- Esquema de carga. Corte de lumbrera

3. MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERAS Y TÚNELES

EXCAVACIÓN

La etapa de excavación para el proyecto considera una longitud de túnel de 6,777 m, con un diámetro terminado de 5.00 m a una profundidad media de 20 m. por otra parte y para darle estabilidad a la excavación será necesario colocar dovelas de 25 cm de espesor, mismas que tienen la finalidad de confinar la excavación del túnel.

La excavación se realizará con equipo especializado (escudo) utilizado en suelos blandos. Tiene un sistema de guía y software que programa la secuencia de anillos y la transmisión de datos.



Figura 3.1.- Escudo Utilizado en la excavación del Túneles (EPB Herrnknecht)

El escudo tiene un sistema de inyección de mortero y bombas de rezaga que permiten la eliminación de lodo de perforación y la reducción significativa en uso de agua; así como la rezaga y tiro del volumen excavado.

En la siguiente imagen se muestran las partes con las que está compuesto el escudo que se utilizó en la excavación del túnel.

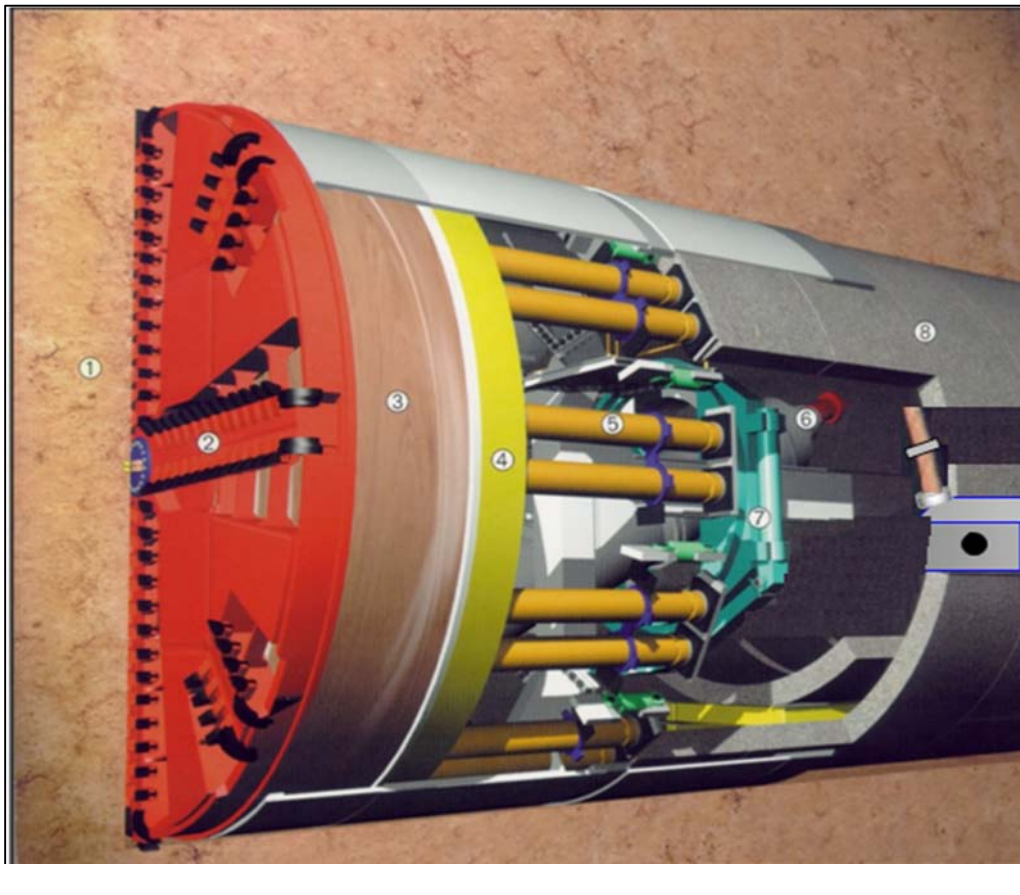


Figura 3.2.- Componentes del escudo de excavación

- | | |
|---------------------------|---|
| 1.- Frente de Trabajo. | 2.- Cortador. |
| 3.- Cámara de excavación. | 4.- Mampara de presión. |
| 5.- Gatos de empuje. | 6.- Tornillo Sinfín. |
| 7.- Erector de dovelas. | 8.- Soporte inicial del túnel con dovelas |

El equipo que se muestra a continuación es parte fundamental en la construcción de la lumbrera; en excavación, suministro de materiales, movimiento y organización de desperdicios, etc. A lo largo de la descripción del proceso constructivo se muestra la forma en la que se emplea cada uno de los equipos y/o maquinaria que se presentan.



Figura 3.3.- Equipo guiado y centralina



Figura 3.4.- Casagrande motor de equipo guiado



Figura 3.5.- Almeja de 60 cm de ancho y una apertura de 2.40 m, con sistema de cierre y apertura hidráulico



Figura 3.6.- Bombas para lodos, Gorman Rupp, estas deben tener la capacidad para bombear el lodo fraguante



Figura 3.7.- Camiones de volteo de 6 u 8 m³ para llevar el material excavado al sitio de tiro



Figura 3.8.- Tubería Tremie



Figura 3.9.- Excavadora sobre orugas Link Belt LS-118



Figura 3.10.- Retroexcavadora con cargador frontal



Figura 3.11.- Grúa Hiab

4. ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS LUMBRERAS

4.1. PRELIMINARES

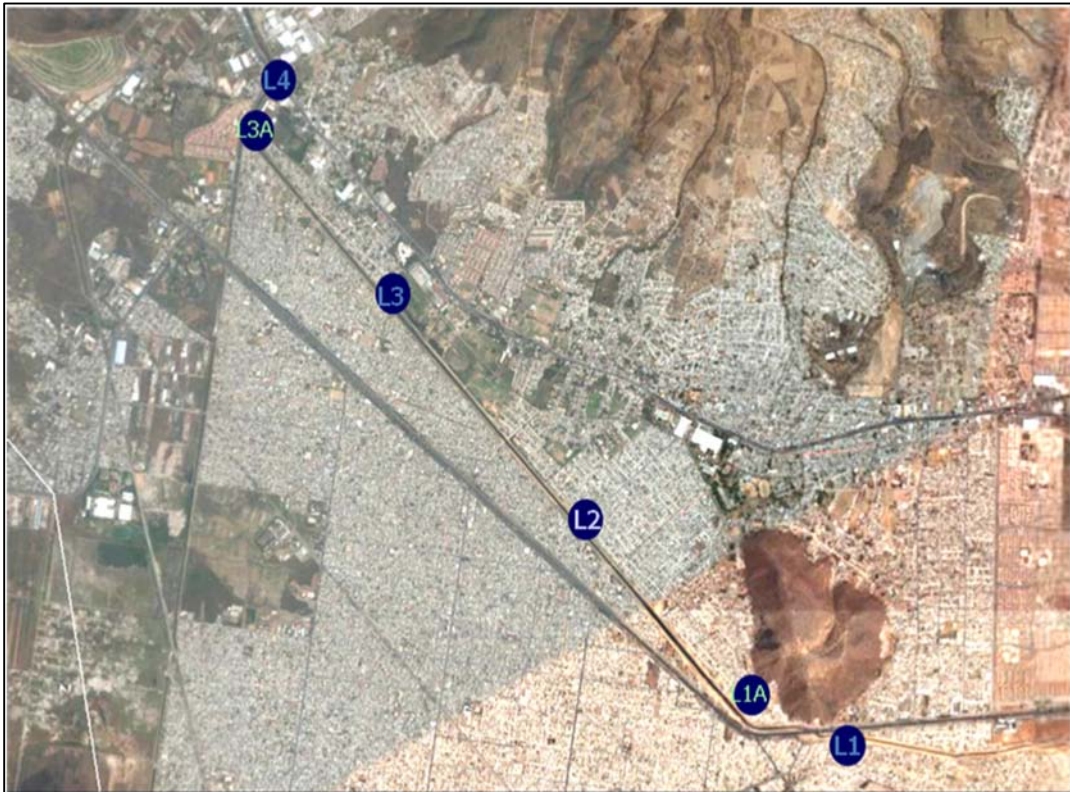


Figura 4.1.- Plano de ubicación de lumbreras

Para identificar la ubicación de la lumbrera, se realiza la colocación de la barda perimetral y oficinas, así como la adecuación del área de trabajo, generando los bancos de nivel y mojoneras de referencia que nos permitan ejecutar las lumbreras conforme a lo solicitado en proyecto.

Es importante también identificar el centro de la lumbrera, trazando a partir de este los tableros que conforman al brocal.

El número de tableros colocados dependerán del diámetro de cada lumbrera, ya que las dimensiones de los tableros dependen del equipo que se vaya a utilizar para la excavación, tanto de la pantalla perimetral como de la zanja perimetral.

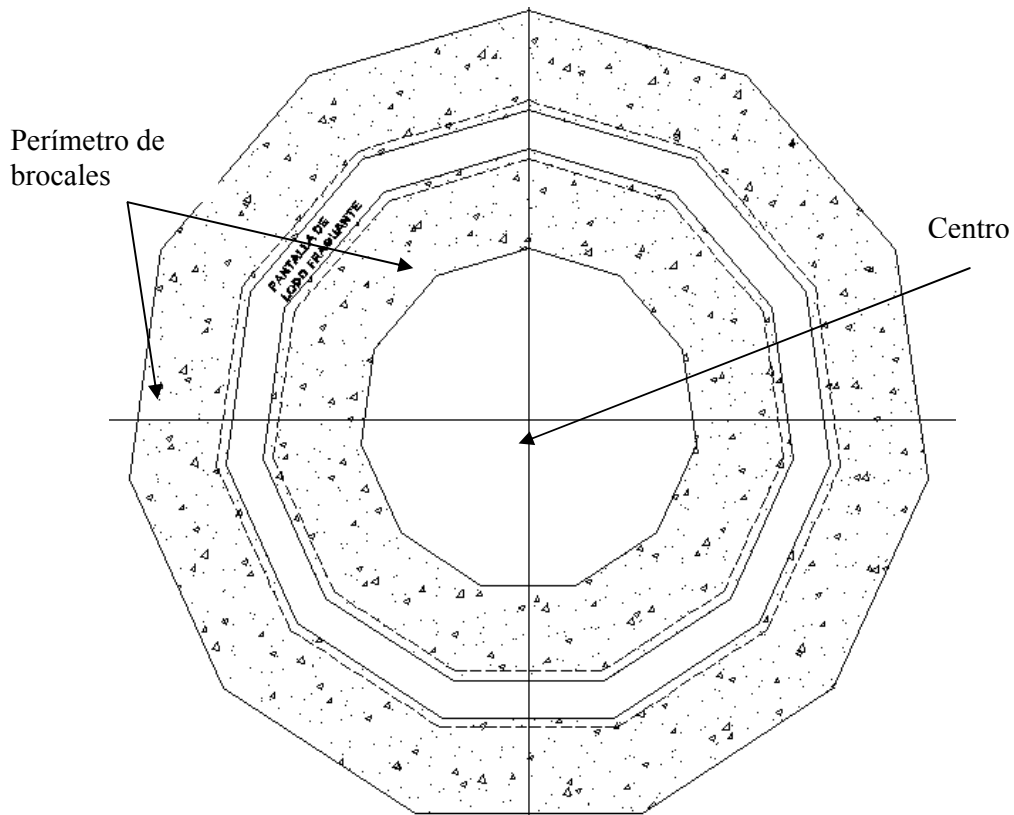


Figura 4.2.- Adecuación de terreno para área de trabajo.



Figura 4.3.- Trazo de brocal sobre terreno.

BROCALES

Los brocales serán de dos tipos, exterior e interior: El interior deberá tener las preparaciones necesarias para la colocación de vigueta de sujeción, utilizadas en el colado de las lumbreras, así como para los muertos de anclaje que serán necesarios para las plumas que se utilizaran en el control de la verticalidad de la tanque durante su inmersión. El brocal interior será provisional ya que posteriormente será demolido.

En si la construcción del brocal consiste en: Trazo, excavación, colocación de cimbra, armado de acero de refuerzo y colocación de concreto.

Los brocales son de concreto armado con una resistencia mínima a la carga axial de 250 kg/cm^2 y un acero de refuerzo con un límite de fluencia de 4200 kg/cm^2 que servirán para la excavación de la pantalla de lodos fraguantes. El armado del acero de refuerzo del brocal exterior es de varilla del #4 a 20 cm en ambos lechos y el brocal provisional interior de varilla del #3 a 15 cm en un solo lecho.

No se realizan los brocales de forma simultánea, sino que primero es elaborado el brocal exterior y luego el interior. A continuación se describe el proceso llevado a cabo para la construcción de los brocales:

- a) Se comienza con la excavación del terreno para la colocación del armado de los brocales provisionales exterior e interior con medios mecánicos y manuales, una vez terminado esto se hace el afine ya que el terreno servirá como base para el colado. (Figura 4.4)
- b) Se realiza el colocado del armado con medios manuales como lo marca el proyecto. (Figura 4.5)



Figura 4.4.- Excavación y afinado de terreno para la colocación del brocales provisionales



Figura 4.5. Armado de Brocal exterior provisional.



Figura 4.6. Colocación de concreto.



Figura 4.7 Terminado de brocales.

- c) Una vez habilitado el armado se comienza a colocar la cimbra común, en este paso se debe verificar que los niveles correspondan a los de proyecto. (Figura 4.6)
- d) Se realiza la colocación del concreto elaborado en planta y transportado por medio de camiones revolovedores con una capacidad de 7 m^3 , con ayuda de vibradores se realiza la compactación del concreto ayudando a su optima colocación. Cada brocal será colado monolíticamente, es decir en una sola etapa. (Figura 4.6)
- e) Una vez que el concreto fragua, se realiza el deshabilitado de la cimbra y se concluye con este proceso. (Figura 4.7)

CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE BOMBEO

Los pozos de bombeo nos sirven para abatir el nivel freático en el área de trabajo y así facilitar el proceso de la extracción del material. Se instalan cuatro de estos a 90° cada uno alrededor de la lumbrera y a una profundidad que depende del nivel de aguas freáticas de la zona y del grado de saturación del suelo.

Los pozos se realizan con equipo mecánico tipo Longer con un diámetro de 12" alcanzando la profundidad requerida. Posteriormente se instalan tubos de PVC de 6" ranurados a partir de los 4 m de profundidad y forrado con malla de mosquitero. Se rellena el espacio que existe entre los tubos y el suelo con grava de 1/2".

Se coloca la instalación necesaria para el buen funcionamiento de las bombas y su sistema de tuberías para la extracción del agua.

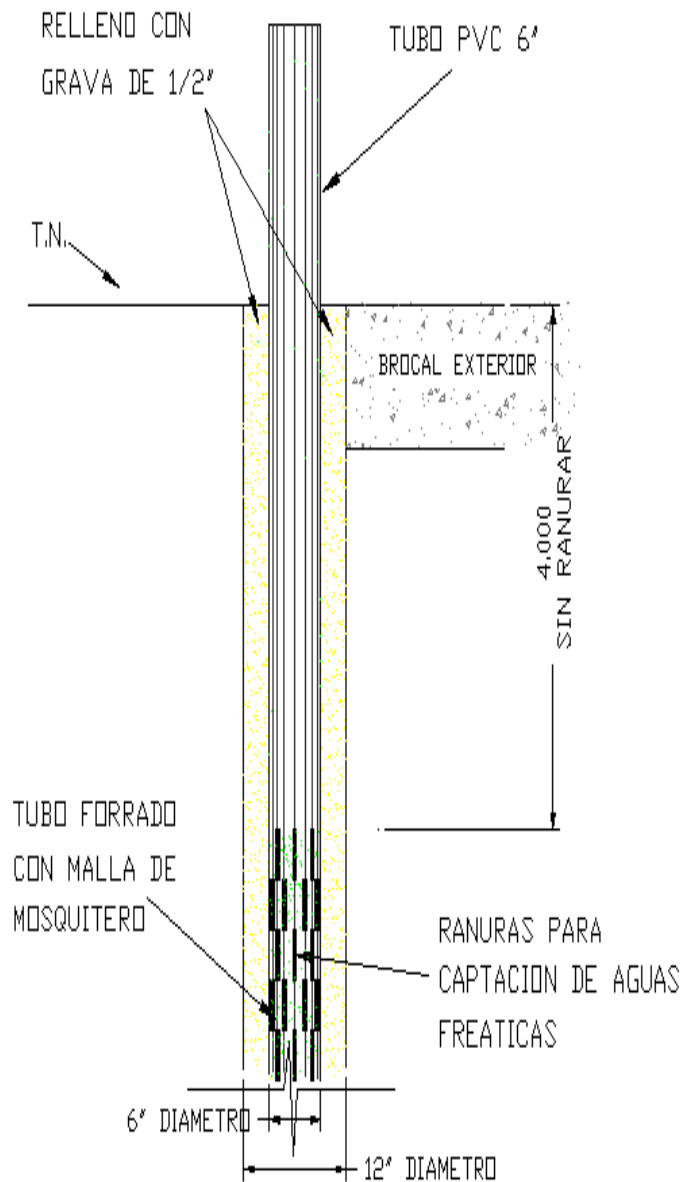


Figura 4.8. Pozo de bombeo tipo

4.2. CONSTRUCCIÓN DE MURO PANTALLA DE LODO FRAGUANTE.

Se realiza la construcción de una pantalla perimetral que sirve como protección y estabilización del terreno para la excavación del núcleo de la lumbrera. Esta pantalla perimetral es elaborada con un lodo fraguante compuesto de agua, bentonita y cemento, el cual alcanzará una resistencia a la compresión simple de 8 a 10 kg/cm².

Para la excavación del muro pantalla se utiliza equipo de excavación para muros diafragma (Milán), en este caso se utilizó un equipo guiado con una almeja hidráulica de 2.50 por 0.60 m montado sobre una draga sobre orugas Link Belt LS-118.

- a) El primer paso es el montaje del equipo guiado, centralina y almeja en la draga. Posteriormente se coloca este equipo en el tablero que se excavara, verificando la verticalidad y el correcto plomeado del equipo.
- b) Se comienza la excavación estabilizando al mismo tiempo con el lodo fraguante y colocando el material en camiones de volteo para su retiro. Es muy importante que el nivel de lodos siempre se mantenga a no más de 50 cm del nivel superior del brocal provisional.
- c) Para finalizar con la excavación de un tablero es necesario verificar que la profundidad alcanzada sea la pedida en proyecto, esto se realiza con ayuda de un plomo.



Figura 4.9 Excavación en el tablero.



Figura 4.10 Retiro de material.



Paralelamente a la excavación de la pantalla se tendrán los recursos suficientes para la fabricación y suministro de lodo fraguante así como los camiones de rezaga necesarios para el retiro del material al tiro autorizado por la dependencia.

Para preparar el lodo fraguante es necesario contar con bentonita, 3 contenedores de 25 m³ de capacidad para almacenamiento de agua, 2 contenedores de 30 m³ para el almacenamiento de lodo, cemento, agitadores y 2 bombas de combustión diesel de 4".



Figura 4.11 Preparación de lodo fraguante.



Figura 4.12 Bombeo de lodos.

- a) Se realiza el lodo bentonítico en una proporción de 45 bultos de bentonita de 45 Kg. por 30 000 litros de agua, alcanzando una densidad aproximada de 1.05 ton/m^3 .
- b) Teniendo preparado el lodo bentonítico se procede a la elaboración del lodo fraguante, en la cual se colocan 6 bultos de cemento de 50 kg por cada 857.14 litros de lodo bentonítico dentro del agitador. Este lodo fraguante servirá como ademe a la excavación antes de que fragüe.
- c) Para finalizar esta etapa es necesario realizar una limpieza general, tanto del área de trabajo como de los equipos utilizados y es importante esperar a que el lodo fraguante alcance una resistencia mínima del 80% de su capacidad, la cual sucede aproximadamente a los 7 días.

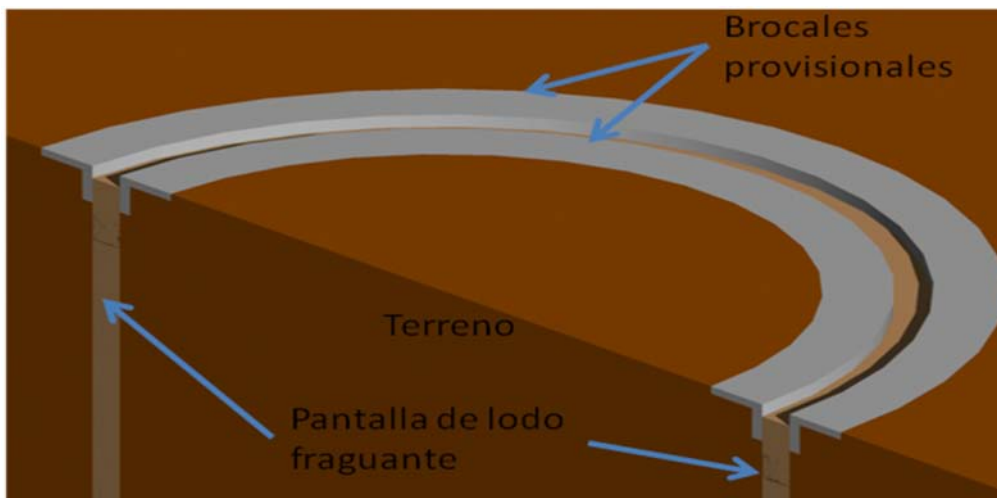


Figura 4.13 Esquema de brocales provisionales y pantalla de lodo fraguante.

4.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS SEGUNDOS BROCALES PROVISIONALES

En esta etapa se hace la demolición parcial del primer brocal exterior, ya que este servirá de base para la construcción del segundo brocal exterior. En este proceso se utilizan roto martillos alimentados con un compresor de aire para romper parte del 1^{er} brocal, para la limpieza de los escombros se utiliza una retroexcavadora con cargador frontal. Posteriormente se hace la excavación que se requiera para la construcción del segundo brocal.

Los siguientes pasos son iguales que en la construcción de los primeros brocales; es decir, el habilitado de acero, cimbra y colado, la única diferencia será en cuanto a las dimensiones del brocal.

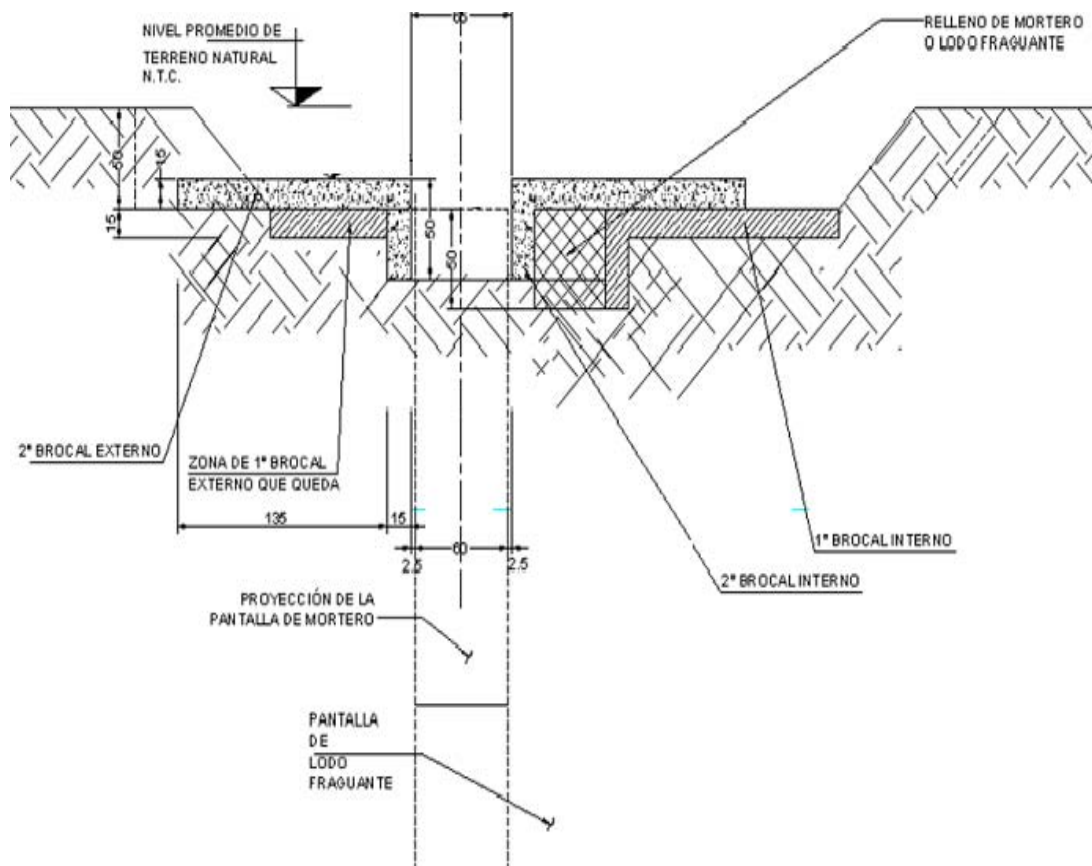


Figura 4.14 Esquema de segundos brocales provisionales y proyección de pantalla de mortero.

4.4. CONSTRUCCIÓN DE PANTALLA PERIMETRAL DE MORTERO

Debido a las condiciones del terreno y para tener mayor protección ya que se encuentra a orillas del Río la Compañía en su margen izquierdo, se utilizo una pantalla exterior de mortero, con una capacidad a la carga axial de 30 kg/cm^2 .

Para la construcción de esta pantalla fue necesario colocar un 2° brocal provisional. Se utiliza el mismo equipo de excavación usado en la pantalla de lodo fraguante para la extracción del material, ademandando con lodo bentonítico y una vez



Figura 4.15 Tubería tremie

terminada toda la excavación, es sustituido por el mortero colocado con ayuda de tubería tremie. La longitud de esta tubería depende de la profundidad a la que se haya realizado la excavación. Se dispondrá del mortero por medio de camiones revolvedores y se colocará a tiro directo dentro de la tubería.

Para continuar con las siguientes etapas de construcción es necesario que el mortero alcance por lo menos un 80% de su resistencia.



Figura 4.16 Colocación de mortero con tubería tremie

4.5. CONSTRUCCIÓN DE BROCALES DEFINITIVOS

Se elaboran los últimos brocales, exterior e interior, que servirán como guía para la excavación de la zanja perimetral que definirá el núcleo de la lumbrera. El brocal exterior será definitivo y el interior será demolido y removido por completo.



Figura 4.17 Armado del brocal definitivo

El brocal interior cuenta con el mismo armado con el que se realizaron los brocales provisionales, con un concreto de 250 kg/cm^2 y se sigue la misma secuencia de construcción. El brocal exterior es realizado con dimensiones mayores a las de los primeros y segundos brocales. Se construye en forma de “L” con una losa de 3 m de ancho partiendo del paño interior de la pantalla y una profundidad de 1.5 m, con un espesor en la losa de 0.5 m y en la pata un ancho tal que cubra la pantalla de lodo fraguante.

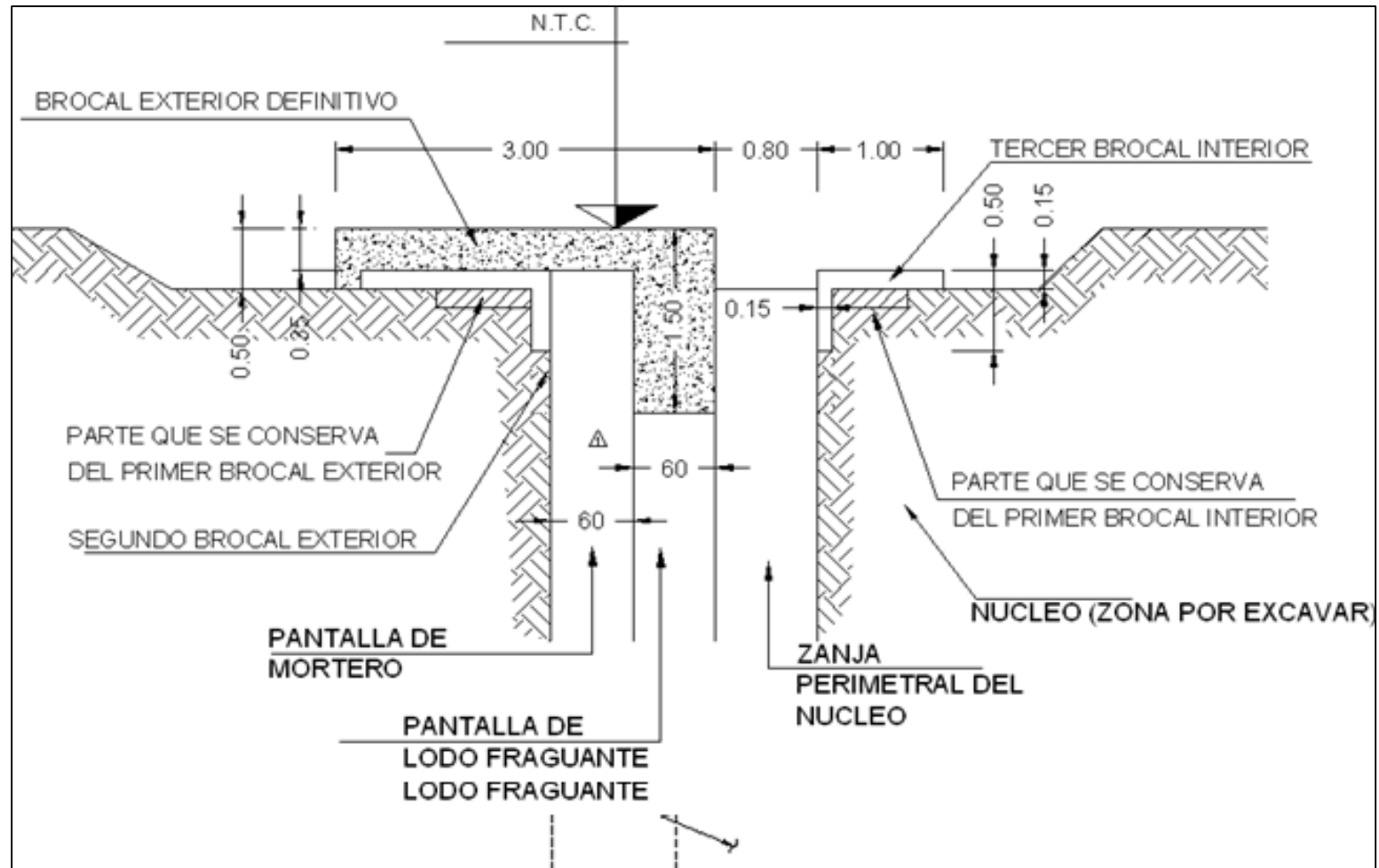


Figura 4.18 Brocal definitivo

4.6. CONSTRUCCIÓN DE ZANJA PERIMETRAL

Se comienza la excavación de la zanja perimetral con el mismo equipo utilizado en las excavaciones anteriores y siguiendo los mismos pasos para la extracción de terreno, la diferencia que existe es que solo es utilizado, para el ademe, lodo bentonítico con una densidad de 1.05 ton/m^3 . Esta zanja perimetral sirve para delimitar el núcleo de la lumbrera, facilitando así su posterior extracción.

La excavación de esta zanja perimetral deberá iniciar una vez que se tiene preparado el lodo bentonítico que se utilizara como ademe, el cual debe mantener una distancia máxima de 50 cm por debajo del nivel superior del brocal definitivo.

La excavación de los tableros se lleva a cabo en forma alternada, primero los tableros pares y posteriormente los impares, garantizando así la estabilidad de la excavación total de la zanja y no dejando cuñas de material entre ellos.

Se debe verificar la profundidad de la excavación y esto se hace con ayuda de una sonda construida con un contrapeso en la punta y un cable de acero de $1/8''$, lo suficientemente pesada para que penetre hasta el fondo de la excavación.

4.7. EXTRACCIÓN DEL NUCLEO

Terminada la zanja perimetral se procede al retiro del último brocal interior demoliéndolo con ayuda de medios mecánicos (rotomartillo montado sobre retroexcavadora 320 B) y verificando que todos y cada uno de los bloques de concreto sean retirados por completo.

Para este punto se utilizara una almeja loca montada en una excavadora de oruga tipo LS-118. El material que sea retirado es colocado directamente sobre camiones de volteo. El proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a) Se realiza la colocación de la almeja loca sobre el equipo de excavación.
- b) Se comienza con la elaboración de lodo bentonítico con el equipo dispuesto en obra y con una densidad mínima de 1.07 ton/m^3 .
- c) Una vez teniendo el suficiente lodo bentonítico para realizar la sustitución del material, se comienza la extracción del terreno, manteniendo siempre el nivel de lodo a no más de 50 cm por debajo del nivel superior del brocal definitivo exterior con ayuda de bombas de combustión de diesel.
- d) La excavación se realiza hasta llegar a la profundidad requerida por el proyecto. Para saber a que profundidad se esta llegando de manera practica, nos guiamos con los cables que sostiene a la almeja loca, revisando hasta donde llega el nivel del lodo en estos.
- e) Una vez terminada la excavación es necesario realizar la correcta verificación de la profundidad alcanzada, esto se realiza son ayuda de una sonda en una retícula elaborado sobre el área de la lumbrera de $1 \times 1 \text{ m}$. Si en está verificación se encuentra profundidades menores a las requeridas, se extrae el azolve que se registre.

En estas imágenes se puede apreciar la ejecución de extracción del núcleo en la lumbrera.



Figura 4.19 Extracción de material con almeja



Figura 4.20 Extracción de material con almeja



Figura 4.21 Extracción con almeja



Figura 4.22 Nivel de lodo bentonítico a 50 cm como mínimo.



Figura 4.23 Descarga de almeja en camiones de volteo



Figura 4.24 Plataforma para revisión de profundidad

4.8. TANQUE METÁLICO

Paralelamente al inicio de la construcción de la lumbrera se fabricará el tanque metálico conforme a proyecto y especificaciones indicadas en los planos, programando su fabricación de tal manera que dos semanas antes de que se termine la excavación del núcleo el tanque se encuentra totalmente habilitado y en la obra. *(VER ANEXO 1)*

PREPARACIÓN PARA COLOCAR EL TANQUE

En el perímetro del brocal exterior se hace la colocación de 4 muertos de concreto que servirán como apoyo a las plumas que se utilizarán para sustentar los muros de la lumbrera durante el colado de los mismos.

Se instalan 8 preparaciones especiales sobre el brocal de la lumbrera en dirección de las vigas I de 12" que se encuentran ancladas a los muertos, que servirán para soportar la pluma, la preparación es anclada con varilla de 1" a 1 m de profundidad y soldada a la placa de preparación.

Cuando se ha terminado la instalación de las mencionadas preparaciones, se procede a introducir las 24 vigas radiales que soportarán al tanque flotador, y posteriormente el muro de la lumbrera.

A continuación se procede a la instalación del sistema de inyección de aire comprimido por medio de compresores, mangueras y válvulas, verificando la alineación horizontal y vertical, ya que esta estructura forma parte fundamental para la construcción de lumbreras flotadas. También es importante verificar la hermeticidad del tanque ya que no puede tener ninguna ranura o algún tipo de fisura por la que pudiera escapar el aire que se le introduzca.

Para trasladar el tanque flotador del lugar donde fue construido se utilizan dos grúas con capacidad de 20 toneladas, teniendo especial cuidado en las tuberías instaladas en el tanque, ya que cualquier mala maniobra podría averiarlas y presentar problemas posteriores cuando se haga la inyección del aire.

Cuando el tanque esta por entrar en contacto con el lodo bentonítico de la lumbrera se abren las válvulas para dejar escapar el aire y que esta descienda poco a poco hasta que las 20 preparaciones que tiene el tanque entren en contacto con las 20 vigas radiales.

En las siguientes fotografías se muestran algunas de las maniobras realizadas para la colocación del tanque de flotación::



Figura 4.25 Maniobra realizada para la colocación de tanque metálico con ayuda de grúas



Figura 4.26 Inmersión de tanque en el interior de la lumbrera.



Figura 4.27 Anclaje de tanque con ayuda de vigas de sujeción

4.9. LOSA DE FONDO Y MURO DE LUMBRERA

Una vez que el tanque ha sido colocado es necesario instalar las plumas de control con malacates de 3 toneladas cada uno, siendo un total de cuatro plumas repartidas simétricamente alrededor de la lumbrera. Éstas servirán para las inmersiones de la lumbrera e irán ancladas al brocal permanente.



Figura 4.28 Plumitas de control perimetrales

También es necesario contar con el material suficiente para la elaboración del armado de las paredes de la lumbrera (varilla del diámetro pedido en el proyecto), así como con cimbra, que en este caso es prefabricada y reutilizable para el ahorro de tiempo y desperdicio de material, la cual será montada con ayuda de una draga Link Belt.

Teniendo todo lo anterior listo en la obra y verificando que el tanque esté perfectamente anclado de la lumbrera, se comienza con el armado de la losa de

fondo, colocando el acero conforme a proyecto. Se continua con el armado de la primera pared de la lumbrera, la cual alcanzará una altura de 2.50 m. Esta altura se obtiene con un análisis de flotación, el cual se basa en la cantidad de aire que se puede colocar dentro de la lumbrera y la flotación que esto provoca, así como por el centro de gravedad de la lumbrera.



Figura 4.29 Armado losa de fondo.



Figura 4.30 Armado de 1º muro de lumbrera.

Terminado el armado se prosigue con la colocación de la cimbra la cual se soporta con el brocal en el exterior y por la propia lumbrera en el interior. Esta cimbra debe estar correctamente plomeada y con los niveles revisados por topografía. Es importante en este proceso colocar poliestireno en las partes donde se va a soportar la lumbrera con las vigas de sujeción, formando espacios un poco más grandes que las vigas, para facilitar su colocación. También es esencial dejar unas horquillas de acero embebidas en el muro, las cuales servirán para sujetar de ahí las poleas que sirven como guía.

El concreto utilizado es transportado a la obra por medio de camiones con revolvedora. Este concreto tiene un $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ fabricado con cemento CPO 30R-RS; para su colocación se utiliza una bomba de concreto con pluma para facilitar y agilizar el proceso. Durante el colado se debe cuidar que el concreto sea colocado uniformemente en todo el perímetro de la lumbrera, esto se realiza con ayuda de vibradores y sirve para evitar descompensaciones en el equilibrio de la lumbrera causado por el peso del concreto al momento de colocarlo.

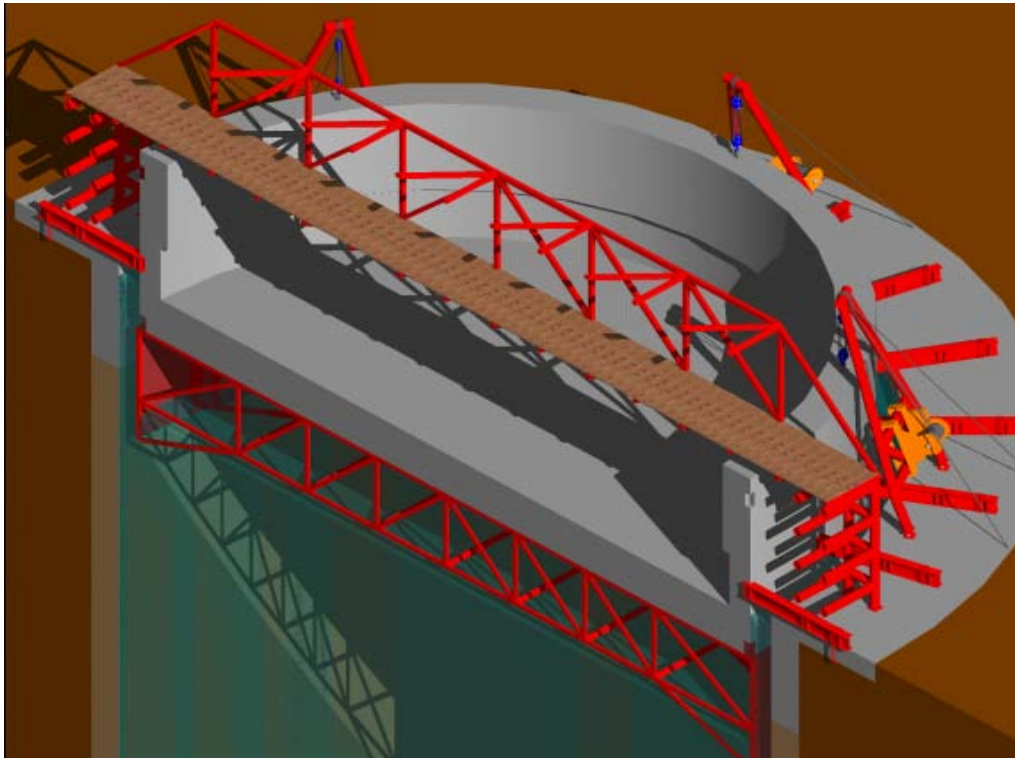


Figura 4.31 Corte de proceso de elaboración de muro e inmersión.

Este concreto se deja fraguar ocho horas, ya que se trata de un concreto de fraguado rápido. Se prosigue con el descimbrado exterior e interior retirándola en módulos con ayuda de una grúa.

Descimbrado el muro de la lumbrera se procede a la inyección de aire comprimido hacia el interior del tanque metálico por medio del sistema de tuberías, válvulas y el compresor, esto hasta lograr la flotación y poder retirar las vigas de sujeción.

Liberada la lumbrera y con ayuda de los malacates esta se nivela en caso de ser necesario, para así proceder a la inmersión con el retiro de aire y de lodo, verificando la nivelación y alineamiento con aparatos topográficos. En esta etapa es importante mantener siempre la verticalidad de la misma, ya que puede ocurrir que la lumbrera entre de forma irregular y provoque un volteo. Por esta razón se debe tener una buena coordinación en el manejo de los malacates. Para evitar problemas con el suelo, el nivel de lodo bentonítico, como en las etapas anteriores, no debe ser mayor a 50 cm del paño del brocal exterior.

Este proceso es similar para los otros colados e inmersiones, la única diferencia es que a partir de la 3era inmersión el lodo que es extraído de la excavación de la lumbrera, es colocado en el interior de los muros de la lumbrera, esto se realiza para que el peso sea mayor y así la inmersión se realice con mayor facilidad.



Figura 4.32 Corte de proceso de elaboración de muro e inmersión

En la última etapa de colado se debe hacer la rectificación de la altura de los muros. También se debe dejar en el borde superior de los muros de la lumbrera 20 horquillas, que servirán para anclarla con ayuda de las vigas de sujeción.

4.10. TRABES DE LIGA Y RELLENO DE ZANJA Y BAJO TANQUE

El siguiente paso en el proceso de construcción es demoler parte del brocal exterior y de los muros de la lumbrera para realizar el armado y colado de las trabes de liga, necesarias para tener totalmente estática la estructura de la lumbrera. Una vez que se tienen armadas y coladas las trabes de liga se retiran los cerrojos y se da pie a la etapa de inyección del mortero bajo el tanque y en la zanja perimetral.

Previamente se conservaron tuberías que van al fondo de la lumbrera en el perímetro y al centro, se trata de tubería de 3" de diámetro que en una primera etapa sirvió para inducción de aire y que ahora permite la inyección en la zanja perimetral y bajo el tanque; estas zonas estaban hasta este momento llenas de lodo bentonítico y por medio de la inyección se remplazará por mortero de baja resistencia.



Figura 4.33 Tubería empleada en la inyección de mortero al fondo de la lumbrera

Una vez que se ha terminado la inyección de mortero se procede a la limpieza de la lumbrera y poder continuar con los trabajos de recepción del escudo. Esta estructura también servirá para la administración de los servicio al túnel, la dotación de dovelas, suministro de materiales etc.

5. PROGRAMA DE OBRA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA LUMBRERA

En la siguiente tabla se muestra la información referente a tiempos de ejecución de cada una de las actividades programas en obra, el tiempo de ejecución siempre es variable debido a las condiciones de clima, disposición de materiales, entrega de equipo, etc., sin embargo; se debe tener previsto este tipo de inconvenientes y tener la capacidad de adaptar actividades alternas que permitan tener un control de los tiempos de entrega según la planeación.

PROGRAMA DE OBRA TUNEL RÍO DE LA COMPAÑÍA	215 días
LUMBRERAS	65 días
PRELIMINARES	51 días
inicio de actividades	0 días
Colocación de barda perimetral	6 días
Colocación de oficinas	10 días
Generación de bancos de nivel y mojoneras	12 días
Trazo de tableros de la lumbrera	2 días
Construcción de pozo auxiliar N°1	5 días
Excavación para primer brocal provisional	3 días
Colocación de cimbra	3 días
Armado de primer brocal provisional	7 días
Colocación de concreto	1 día
Deshabilitado de cimbra	2 días
Construcción de pozo auxiliar N°2	6 días
CONSTRUCCIÓN DE MURO PANTALLA DE LODO FRAGUANTE	19 días
Montaje de equipo guiado	3 días
Construcción de pozo auxiliar N°3	4 días
Preparación de lodo fraguante	3 días
Inicio de excavación	7 días
Limpieza general	2 días
Construcción de pozo auxiliar N°4	4 días
CONSTRUCCIÓN DE LOS SEGUNDOS BROCALES PROVISIONALES	24 días
Demolición del primer brocal provisional	3 días
Limpieza de la zona	1 día
Excavación para segundo brocal provisional	3 días

Colocación de cimbra	3 días
Armado de primer brocal provisional	5 días
Colocación de concreto	1 día
Deshabilitado de cimbra	1 día
CONSTRUCCION DE PANTALLA PERIMETRAL DE MORTERO	125 días
Montaje de equipo guiado	3 días
Preparación de lodo bentonítico	3 días
Inicio de excavación	14 días
Colocación de mortero	14 días
Limpieza general	2 días
CONSTRUCCIÓN DE LOS BROCALES DEFINITIVOS	12 días
Preparaciones para colocación de brocales definitivos	3 días
Colocación de cimbra	3 días
Armado de primer brocal provisional	5 días
Colocación de concreto	1 día
Deshabilitado de cimbra	1 día
CONSTRUCCIÓN DE ZANJA PERIMETRAL	19 días
Montaje de equipo guiado	3 días
Preparación de lodo bentonítico	3 días
Inicio de excavación	14 días
Colocación de mortero	14 días
Limpieza general	2 días
EXTRACCIÓN DEL NUCLEO	30 días
Demolición y retiro del último brocal interior	3 días
Preparación de lodo bentonítico	3 días
Inicio de excavación	25 días
Verificación de profundidad alcanzada	1 día
PRELIMINARES PARA COLOCACION DE TANQUE	32 días
Colado de muertos perimetrales de concreto	4 días
Colocación de vigas radiales	4 días
Instalación del sistema de inyección	3 días
Traslado y colocación del tanque en sitio	3 días
Anclaje de tanque	2 días
LOSA DE FONDO Y MUROS DE LUMBRERA	26 días
Armado de losa de fondo y muro 1	6 días

Colocación de cimbra 1	1 día
Colocación de concreto	1 día
habilitado de acero muro 2	1 día
Colocación de cimbra 2	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
habilitado de acero muro 3	1 día
Colocación de cimbra 3	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
habilitado de acero muro 4	1 día
Colocación de cimbra 4	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
habilitado de acero muro 5	1 día
Colocación de cimbra 5	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
habilitado de acero muro 6	1 día
Colocación de cimbra 6	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
habilitado de acero muro 7	1 día
Colocación de cimbra 7	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
habilitado de acero muro 8	1 día
Colocación de cimbra 8	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
habilitado de acero muro 9	1 día
Colocación de cimbra 9	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
habilitado de acero muro 10	1 día
Colocación de cimbra 10	0.5 días
Colocación de concreto	0.5 días
LIMPIEZA DE LUMBRERA	9 días
retiro de lodo bentonitico	6 días
limpieza de fondo de lumbrera	3 días

6. PLANOS

6.1. INTERPRETACION ESTRATIGRAFICA A LO LARGO DEL TUNEL

6.2. MODELO GEOTECNICO DE LA LUMBRERA

6.3. ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES

6.4. ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES

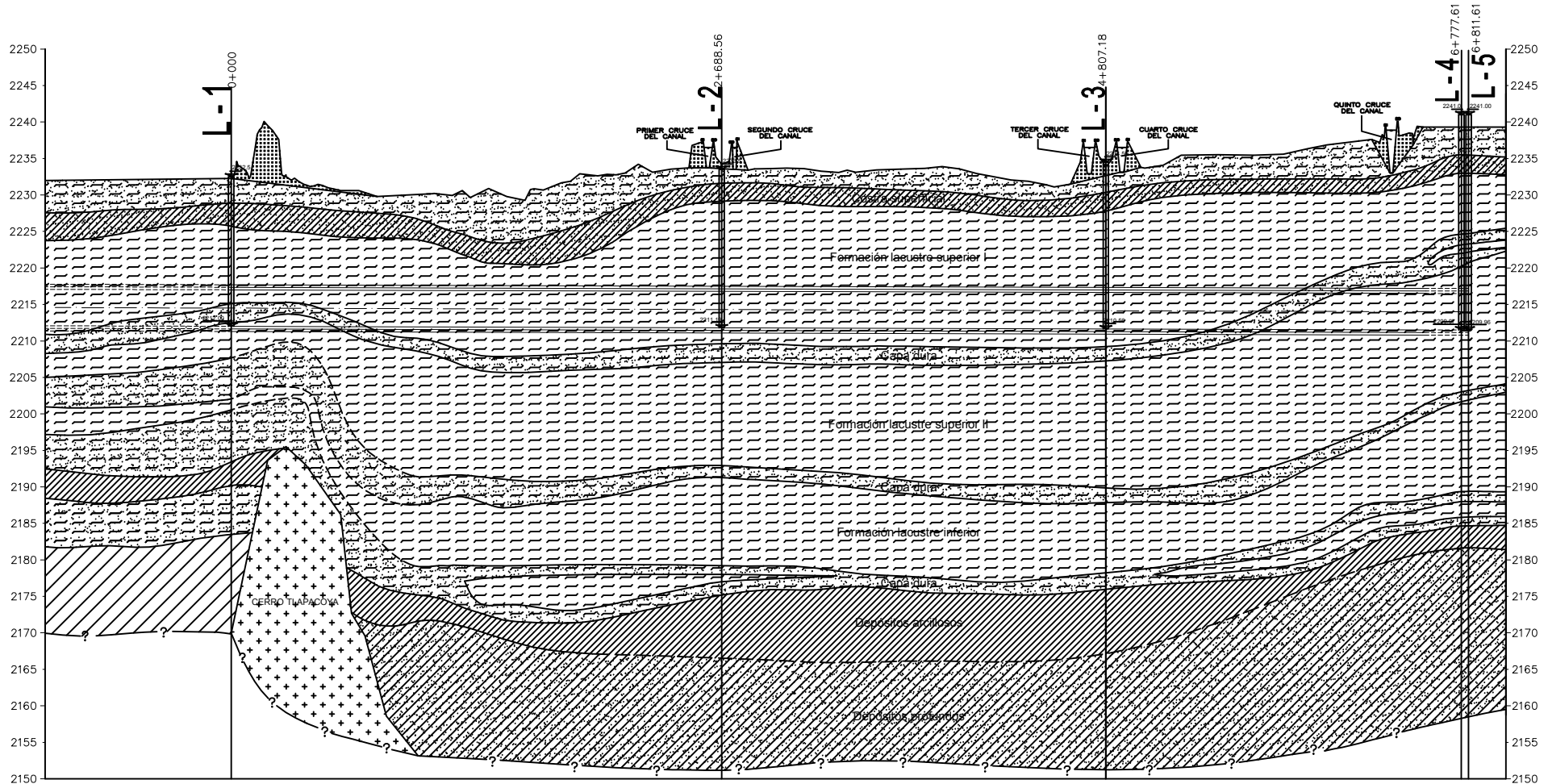
6.5. ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES

6.6. ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES

6.7. LUMBRERA, PLANTE, ELEVACION Y CORTES

6.8. LUMBRERA, LOSA DE FONDO Y DETALLES

6.9. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO GENERAL



UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	
Simbolo	Descripción
	Bordo: Arenas limosas y arenas arcillosas
	Arcillas arenosas y arenas arcillosas
	Limos de alta plasticidad con lentes arenosos
	Limos arenosos, arenas limosas y arenas con limo compactas
	Arcillas de alta plasticidad y arcillas arenosas
	Interstratificaciones de arenas limosas, limos arcillosos arenosos y limos arcillosos

NOTA: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-CNA-1995 "SISTEMA DE ALcantarillado SANITARIO, ESPECIFICACIONES DE HERMETICIDAD".

LOS DUCTOS DE AGUAS RESIDUALES(NEGRAS) DEBEN SER IMPERMEABLES Y HERMETICOS PARA QUE NO PERMITAN QUE ESTA AGUA FLUYA AL EXTERIOR DEL DUCTO Y CONTAMINE ACUIFEROS Y SUELOS. SE INCLUYEN PRUEBAS DE PERMEABILIDAD Y HERMETICIDAD.

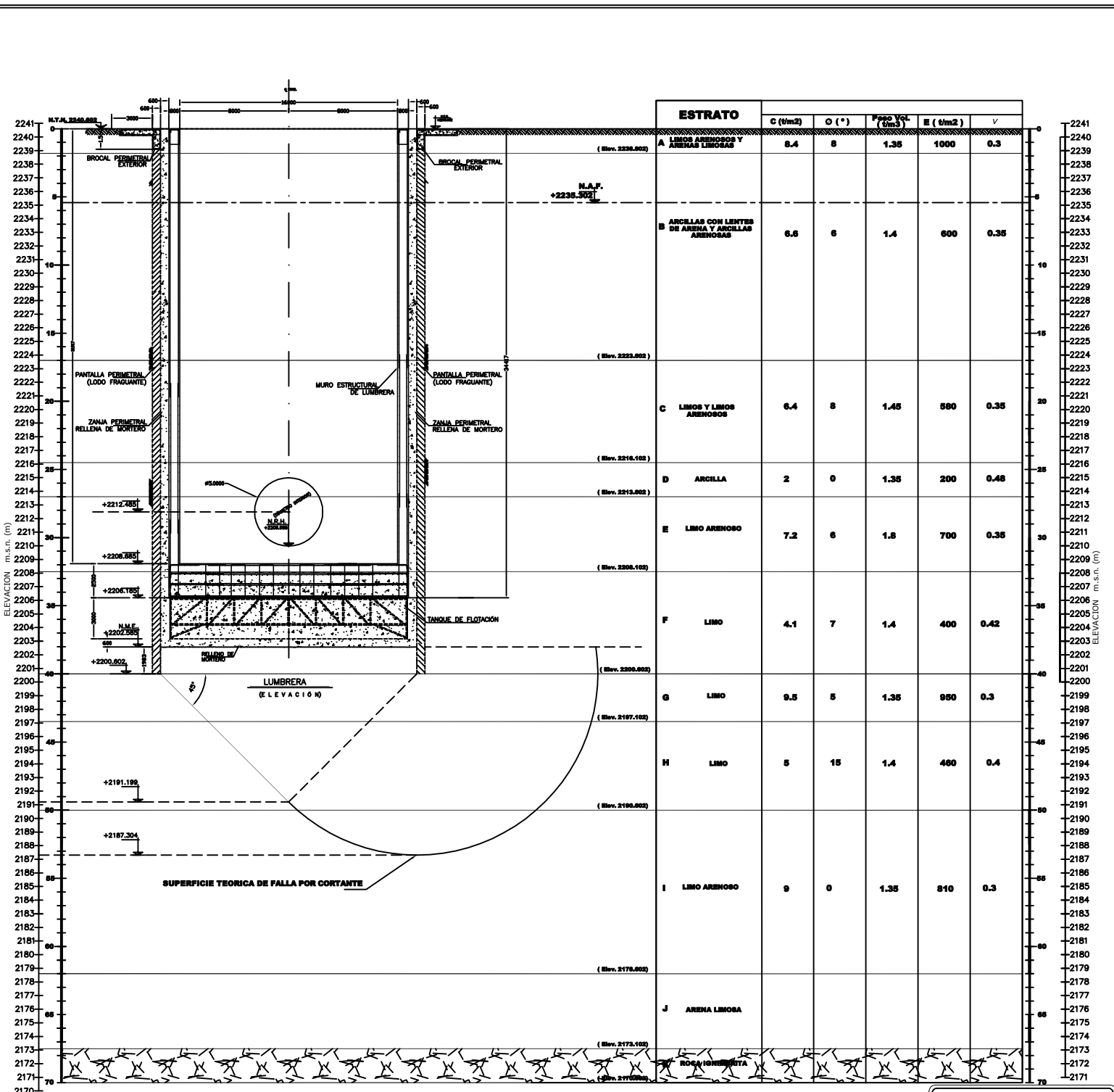
NORMA PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION, EL VIERNES 11 DE OCTUBRE DE 1996.

PROYECTO:	
FECHA:	
ELABORADO POR:	
REVISADO POR:	

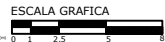
REVISADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:

INTERPRETACIÓN ESTRATIGRAFICA A LO LARGO DEL TUNEL

NO. DE PLANOS: 6.1



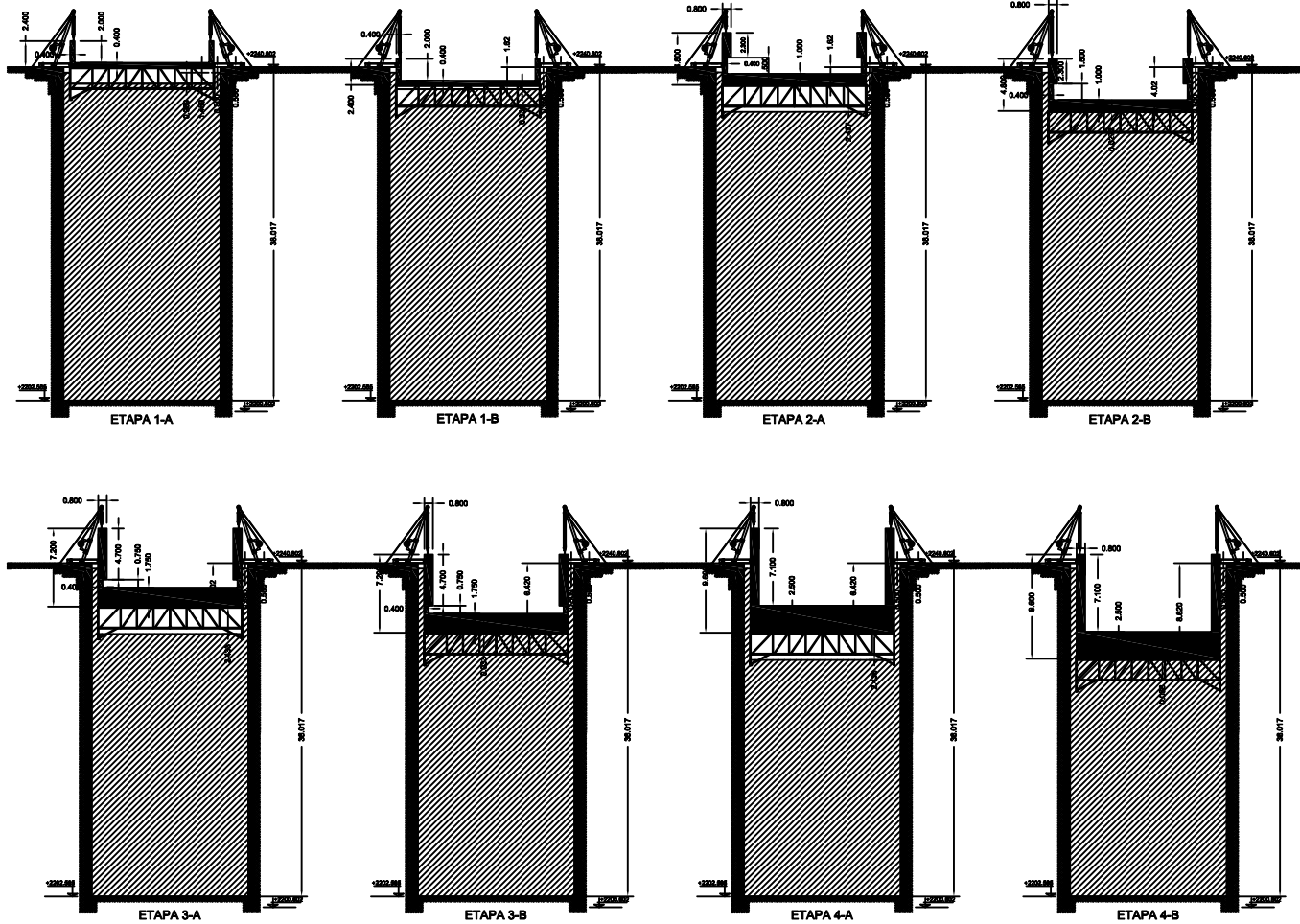
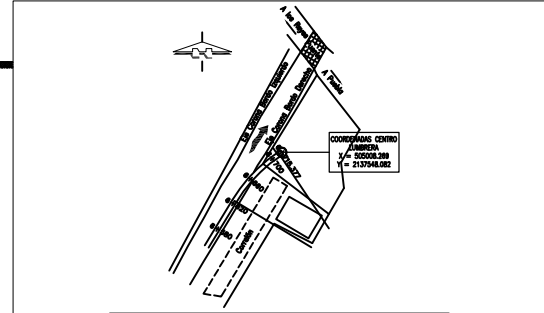
ESTRATO	ESTRATO				
	C (t/m ²)	Q (°)	Peso Vol. (t/m ³)	E (t/m ²)	V
A LIMOS ARENOSOS Y ARENAS LIMOSAS	8.4	8	1.35	1000	0.3
B ARCILLAS CON LENTES DE ARENA Y ARCILLAS ARENOSAS	6.6	6	1.4	600	0.35
C LIMOS Y LIMOS ARENOSOS	6.4	8	1.45	500	0.35
D ARCILLA	2	0	1.35	200	0.48
E LIMO ARENOSO	7.2	6	1.8	700	0.35
F LIMO	4.1	7	1.4	400	0.42
G LIMO	9.5	5	1.35	950	0.3
H LIMO	5	15	1.4	460	0.4
I LIMO ARENOSO	9	0	1.35	810	0.3
J ARENA LIMOSA					



MODELO GEOTECNICO DE LUMBRERA

NO. DE PLANO: 6.2

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



- NOTAS GENERALES:**
- ACOTACIONES EN METROS.
 - EN EL DISEÑO DE LA SECUENCIA DE FLOTACIÓN DE LA LUMBRERA, FUERON CONSIDERADOS LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:
 PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO REFORZADO: 2.34 ton/m³
 PESO VOLUMÉTRICO DEL LODO ESTABILIZADOR: 1.07 ton/m³
 PESO TOTAL DEL TANQUE FLOTADOR: 51 ton
 DICHSOS PARÁMETROS PODRÁN VARIAR DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES REALES EN EL CAMPO, POR LO QUE PODRÁN EFECTUARSE PEQUEÑOS AJUSTES EN LAS CARGAS DE LOS COLADOS Y EN EL VOLUMEN DE AIRE INYECTADO EN EL TANQUE FLOTADOR Y/O EN EL LODO UTILIZADO COMO LASTRE EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA YA COLADA.
 - DURANTE TODO EL PROCESO DE COLADOS E INMERSIONES DE LA LUMBRERA, EL NIVEL DE LODO ESTABILIZADOR DE LA EVACUACIÓN DEBERÁ MANTENERSE UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 0.5 m POR ABAJO DE LA COTA SUPERIOR DEL BRICOL DEFINITIVO.
 - DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DE COLADO SE DEBERÁ GARANTIZAR UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DEL CONCRETO EVITANDO DESBALANZAR EL PESO DE LA LUMBRERA.
 - EL LODO ESTABILIZADOR DEBERÁ CUMPLIR CON LOS REQUISITOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES.
 - PREVIAMENTE AL INICIO DE LAS ETAPAS DE COLADO E INMERSIONES DE LA LUMBRERA, EN EL BRICOL DEFINITIVO SE DEBERÁN INSTALAR LAS PLUMAS DE UZLE PARA EL CONTROL DE SU VERTICALIDAD, ASÍ COMO LAS VIGUETAS CERRIDAS.
 - PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES QUE SE INDICAN SE DEBERÁN LLEVAR REGISTROS MINUCIOSOS DE LOS VOLUMENES DE LOS COLADOS EFECTUADOS, Y DEL LASTRE EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA, A FIN DE PREVER LOS AJUSTES QUE CORRESPONDAN EFECTUAR EN EL CAMPO LO LARGO DEL PROCESO.
 - ESTE PLANO DEBE LEERSE EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 2 DE 4, HOJA 3 DE 4 Y HOJA 4 DE 4).
 - PROPIEDADES QUE DEBE TENER EL LODO ESTABILIZADOR:
 PESO VOLUMÉTRICO: 1.07 T/M³
 CONTENIDO DE ARENA: MENOR A 5%
 AGUA LIBRE: MENOR A 300C
 POR SU PARTE, LAS PROPIEDADES:
 VISCOSIDAD MARSH
 ESPESOR DEL ENJARRE
 F+H
 NO SON FUNDAMENTALES PARA GARANTIZAR EL EFECTO ESTABILIZADOR BUSCADO, PARA EL LODO EN CUESTIÓN.

SIMBOLOGÍA DE MATERIALES



NOTA IMPORTANTE:

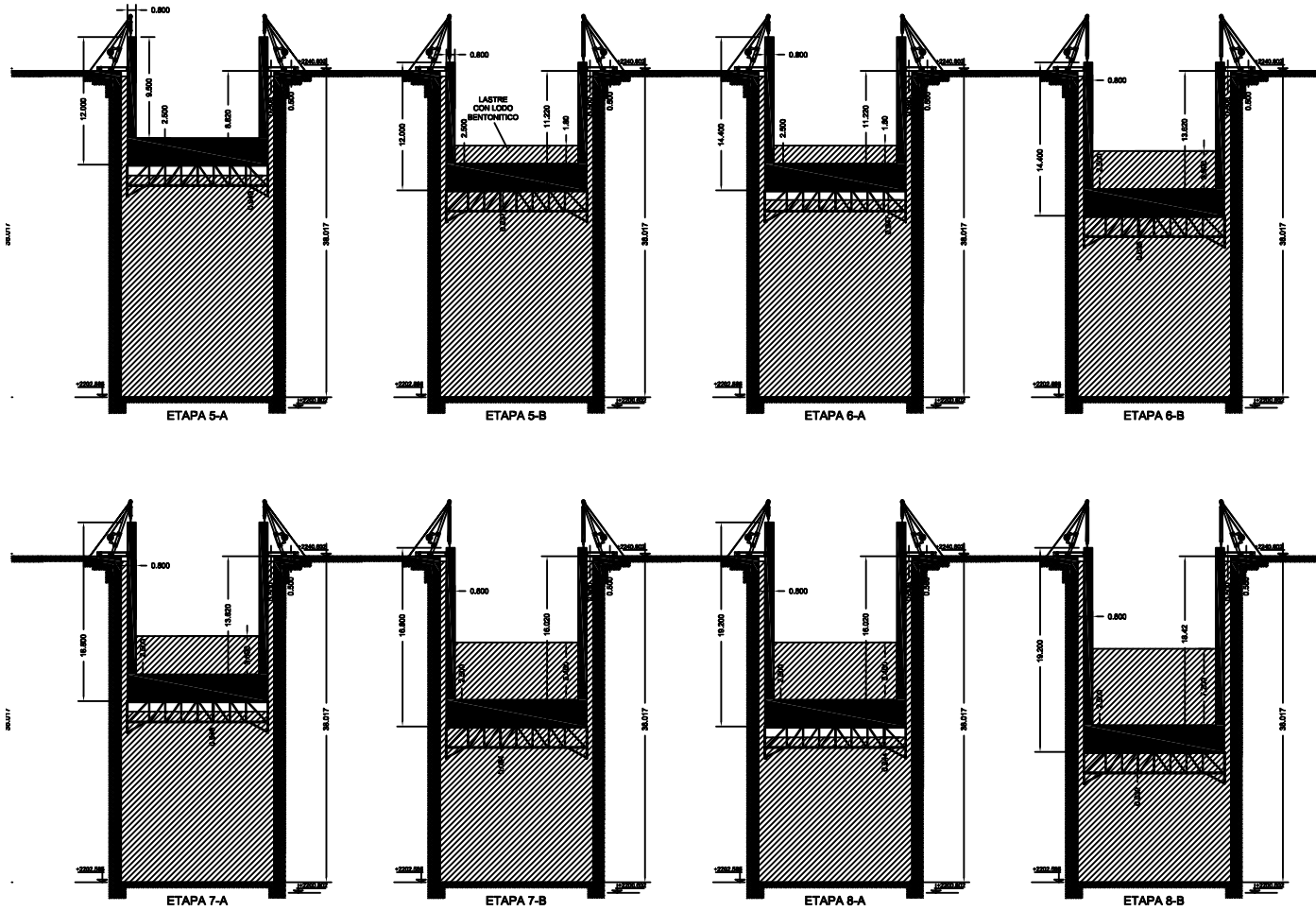
LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 5-A A 8-B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 2 DE 4).
 LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 9-A A 12-B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 3 DE 4).
 LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 13-A A 16-B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 4 DE 4).

PROYECTO	BOVIS
FECHA	

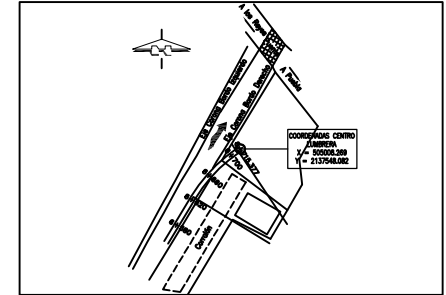
REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	EST/ID/EL/MEC
1		EMISIÓN ORIGINAL PARA REVISIÓN Y COMENTARIOS	

ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 1 DE 4)

ESCALA: D.F. COBRE: m NO. DE PLANO: 6.3
 ARCHIVO: ingenieros@bgsa.com



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



NOTAS GENERALES:

- ACOTACIONES EN METROS.
- EN EL DISEÑO DE LA SECUENCIA DE FLOTACIÓN DE LA LUMBRERA, FUERON CONSIDERADOS LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:
 PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO REFORZADO: 2340 kg/m³
 PESO VOLUMÉTRICO DEL LODO ESTABILIZADOR: 1070 kg/m³
 PESO TOTAL DEL TANQUE FLOTADOR: 51 ton
 DICHO PARÁMETROS PODRÁN VARIAR DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES REALES EN EL CAMPO, POR LO QUE PODRÁN EFECTUARSE REQUISITOS AJUSTES EN LAS CARGAS DE LOS COLADORES Y EN EL VOLUMEN DE AIRE INYECTADO EN EL TANQUE FLOTADOR Y O EN EL DEL LODO UTILIZADO COMO LASTRE EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA YA COLADA.
- DURANTE TODO EL PROCESO DE COLADOS E INMERSIONES DE LA LUMBRERA, EL NIVEL DE LODO ESTABILIZADOR DE LA EXCAVACIÓN DEBERÁ MANTENERSE UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 0.5 m POR ABAJO DE LA COTA SUPERIOR DEL BROCAL DEFINITIVO.
- DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DE COLADO SE DEBERÁ GARANTIZAR UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DEL CONCRETO EVITANDO DESBALANCEAR EL PESO DE LA LUMBRERA.
- EL LODO ESTABILIZADOR DEBERÁ CUMPLIR CON LOS REQUISITOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES.
- PREVIAMENTE AL INICIO DE LAS ETAPAS DE COLADO E INMERSIONES DE LA LUMBRERA, EN EL BROCAL DEFINITIVO SE DEBERÁN INSTALAR LAS PLUMAS DE IZAJE PARA EL CONTROL DE SU VERTICALIDAD, ASÍ COMO LAS VIGLETAS CERRIDAS.
- PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES QUE SE INDICAN, SE DEBERÁN LEVAR REGISTROS INMEDIOS DE LOS VOLUMENES DE LOS COLADOS EFECTUADOS, Y DEL LASTRE EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA, A FIN DE PREVER LOS AJUSTES QUE CORRESPONDA EFECTUAR EN EL CAMPO A LO LARGO DEL PROCESO.
- ESTE PLANO DEBE LEERSE EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 1 DE 4, HOJA 105, 4 Y HOJA 4 DE 4).
- PROPIEDADES QUE DEBE TENER EL LODO ESTABILIZADOR
 PESO VOLUMÉTRICO: 1070 TMS
 CONTENIDO DE ARENA: MENOR A 5%
 AGUA LIBRE: MENOR A 200C
 POR SU PARTE, LAS PROPIEDADES:
 VISCOSIDAD MARSH
 ESPESOR DEL ENJARRE
 PH
 NO SON FUNDAMENTALES PARA GARANTIZAR EL EFECTO ESTABILIZADOR BUSCADO, PARA EL LODO EN CUESTIÓN.

SIMBOLOGÍA DE MATERIALES



NOTA IMPORTANTE:

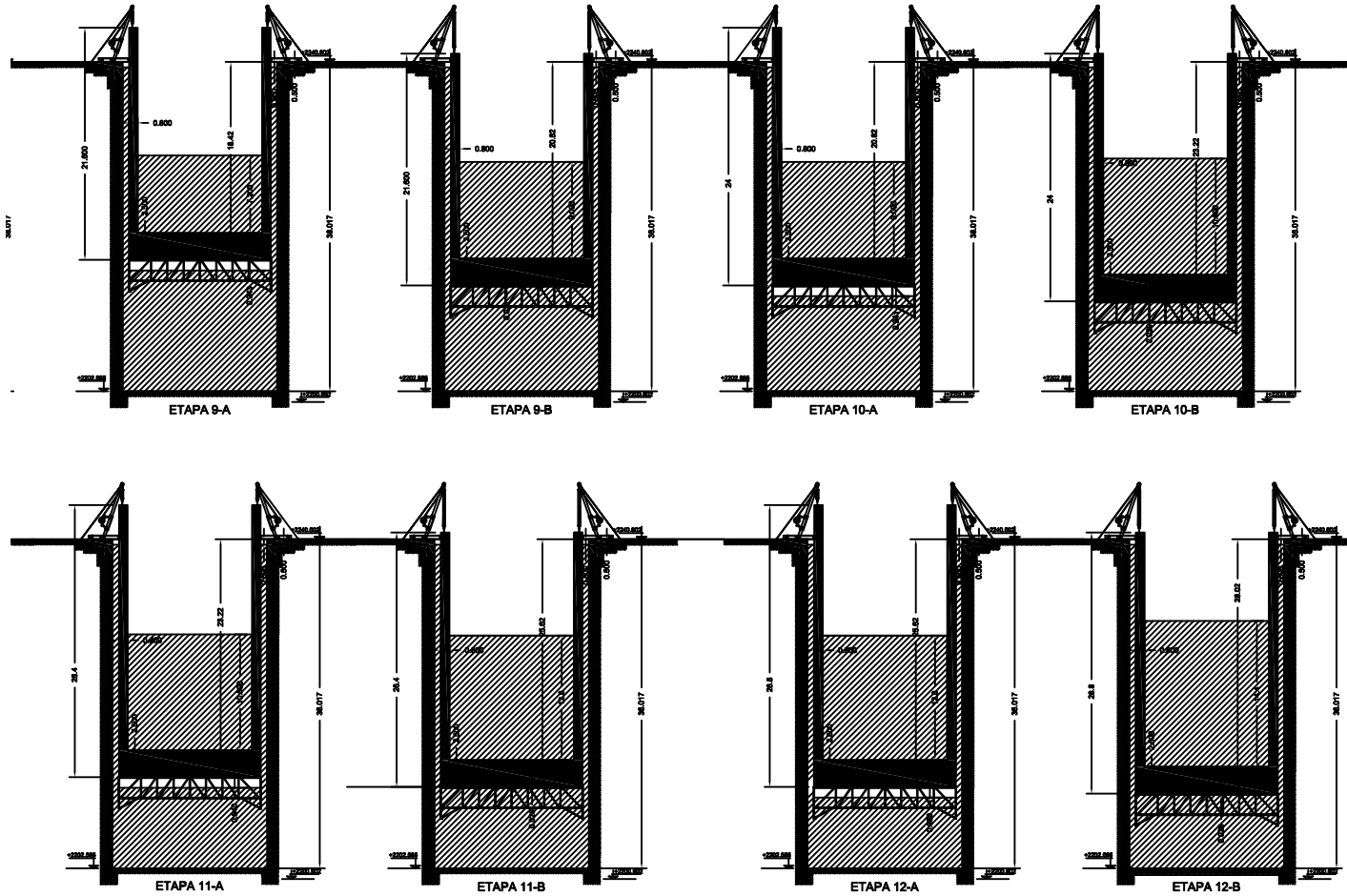
LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 1-A A 4-B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 1 DE 4)
 LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 5-A A 10-B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 3 DE 4)
 LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 13-A A 15-B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 4 DE 4)

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	EST	HID	ELE	MEC
1					X	
0						

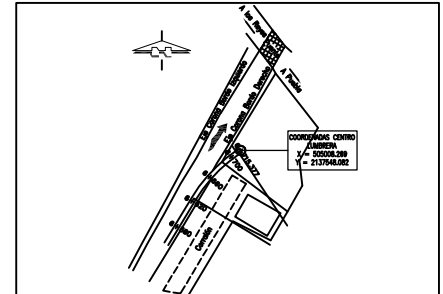
ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 2 DE 4)

MÓDULO, D.F.	CÓDIGO	NO. DE PLANO
	01	6.4

PROYECTO	REVISO
APROBADO	



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



NOTAS GENERALES:

- ACOTACIONES EN METROS.
- EN EL DISEÑO DE LA SECUENCIA DE FLOTACIÓN DE LA LUMBRERA, FUERON CONSIDERADOS LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:
 PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO REFORZADO: 2.36 ton/m³
 PESO VOLUMÉTRICO DEL LODO ESTABILIZADOR: 1.07 ton/m³
 PESO TOTAL DEL TANQUE FLOTADOR: 51 ton
 DICHSOS PARÁMETROS PODRÁN VARIAR DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES REALES EN EL CAMPO, POR LO QUE PODRÁN EFECTUARSE PEQUEÑOS AJUSTES EN LAS CARGAS DE LOS COLADOS Y EN EL VOLUMEN DE AIRE INYECTADO EN EL TANQUE FLOTADOR Y/O EN EL DEL LODO UTILIZADO COMO LASTRE EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA YA COLADA.
- DURANTE TODO EL PROCESO DE COLADOS E INMERSIONES DE LA LUMBRERA EL NIVEL DE LODO ESTABILIZADOR DE LA EDUCACIÓN DEBERÁ MANTENERSE UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 0.5 m POR ABAJO DE LA COTA SUPERIOR DEL BROCAL DEFINITIVO.
- DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DE COLADO SE DEBERÁ GARANTIZAR UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DEL CONCRETO EVITANDO DESBALANCEAR EL PESO DE LA LUMBRERA.
- EL LODO ESTABILIZADOR DEBERÁ CUMPLIR CON LOS REQUISITOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES.
- PREVIAMENTE AL INICIO DE LOS ETAPAS DE COLADO E INMERSIONES DE LA LUMBRERA EN EL BROCAL DEFINITIVO SE DEBERÁN MEDIR LAS PLUMAS DE JALÉ PARA EL CONTROL DE SU VERTICALIDAD, ASÍ COMO LAS VIGUETAS - CORRIDO.
- PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES QUE SE INDICAN, SE DEBERÁN LLEVAR REGISTROS MINUCIOSOS DE LOS VOLUMENES DEL OS COLADOS EFECTUADOS, Y DEL LASTRE EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA, A FIN DE PREVER LOS AJUSTES QUE CORRESPONDAN EFECTUAR EN EL CAMPO A LO LARGO DEL PROCESO.
- ESTE PLANO DEBE LEERSE EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 1 DE 4, HOJA 2 DE 4 Y HOJA 3 DE 4).
- PROPIEDADES QUE DEBE TENER EL LODO ESTABILIZADOR
 PESO VOLUMÉTRICO 1.07 T/M³
 CONTENIDO DE ARENA MENOR A 5%
 AGUA LIBRE MENOR A 0.02%
 POR SU PARTE, LAS PROPIEDADES:
 VISCOSIDAD MARSH P-1
 ESPESOR DEL ENLAJE P-1
 NO SON FUNDAMENTALES PARA GARANTIZAR EL EFECTO ESTABILIZADOR BUSCADO PARA EL LODO EN CUESTIÓN.

SIMBOLOGÍA DE MATERIALES



NOTA IMPORTANTE:

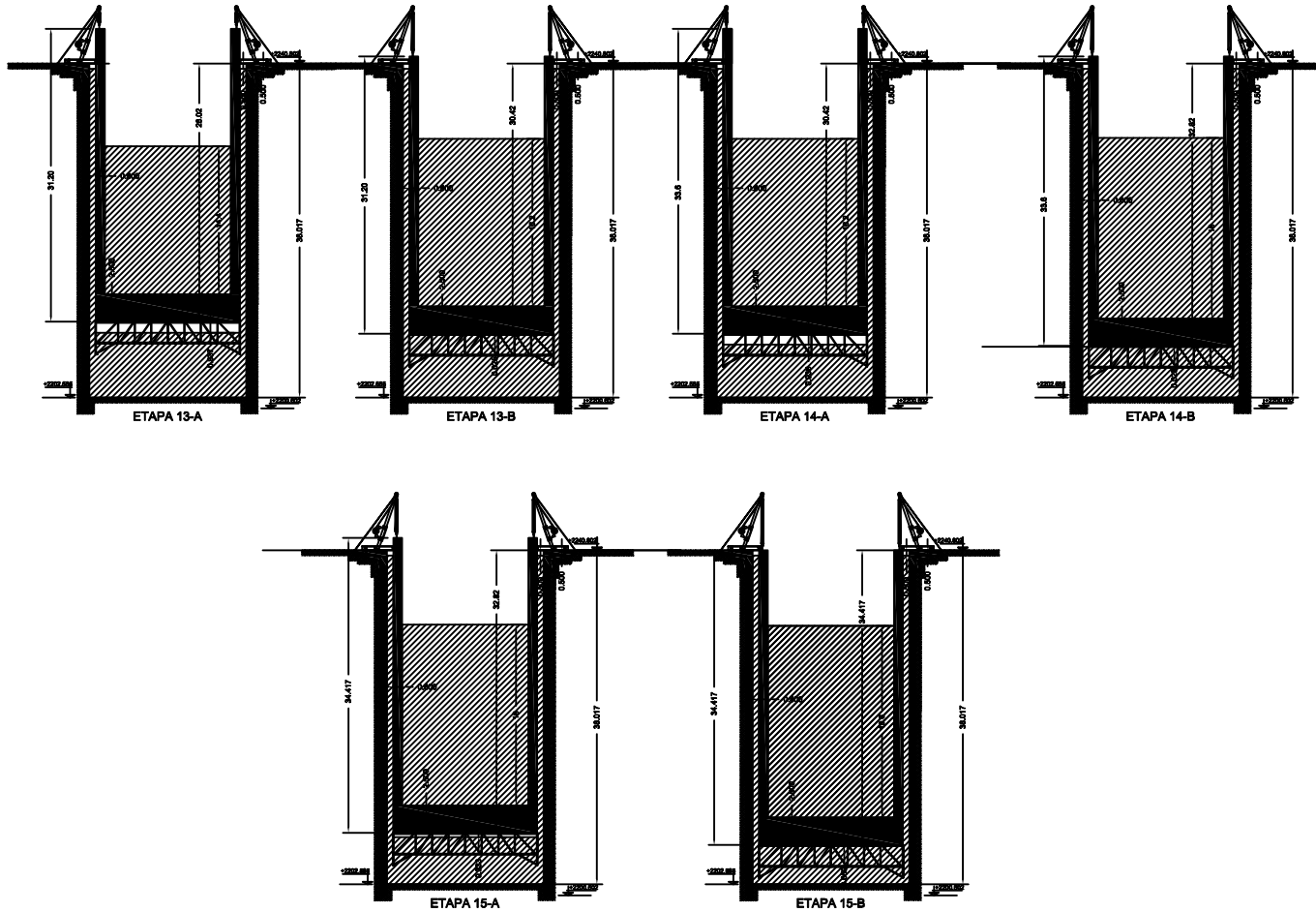
LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 1 A A 4 B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 1 DE 4).
 LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 5 A A 8 B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 2 DE 4).
 LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 13 A A 15 B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 4 DE 4).

PROYECTO:	REVISÓ:
ARGOB:	

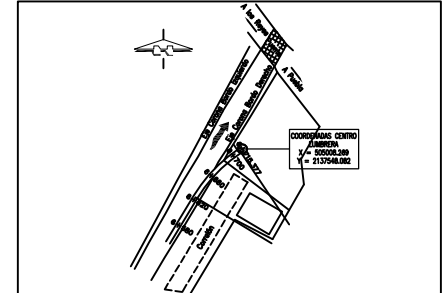
REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	EST	HID	ELE	MEC
1		EMISIÓN ORIGINAL PARA REVISIÓN Y COMENTARIOS	X			

ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 3 DE 4)

MODULO, D.F.	CORRE: m	NO. DE PLANOS: 6.5
--------------	----------	--------------------



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



NOTAS GENERALES:

- ACOTACIONES EN METROS.
- EN EL DISEÑO DE LA SECUENCIA DE FLUJACIÓN DE LA LUMBRERA FUERON CONSIDERADOS LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:
 PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO REFORZADO: 2.34 t/m³
 PESO VOLUMÉTRICO DEL LODO ESTABILIZADOR: 1.07 t/m³
 PESO TOTAL DEL TANQUE FLUJADOR: 91 t/m³
 DICHO PARÁMETROS PODRÁN VARIAR DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES REALES EN EL CAMPO, POR LO QUE PODRÁN EFECTUARSE PEQUEÑOS AJUSTES EN LAS CARGAS DE LOS COLADOS Y EN EL VOLUMEN DE ARE INYECTADO EN EL TANQUE FLUJADOR Y/O EN EL DEL LODO UTILIZADO COMO LASTRE EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA YA COLADA.
- DURANTE TODO EL PROCESO DE COLADOS E INMERSIONES DE LA LUMBRERA EL NIVEL DE LODO ESTABILIZADOR DE LA EXCAVACIÓN DEBERÁ MANTENERSE UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 8.5 m POR ABajo DE LA COTA SUPERIOR DEL BROCAL DEFINITIVO.
- DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DE COLADO SE DEBERÁ GARANTIZAR UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DEL CONCRETO EVITANDO DESBALANCE EN EL PESO DE LA LUMBRERA.
- EL LODO ESTABILIZADOR DEBERÁ CUMPLIR CON LOS REQUISITOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES.
- PREVIAMENTE AL INICIO DE LAS ETAPAS DE COLADO E INMERSIONES DE LA LUMBRERA, EN EL BROCAL DEFINITIVO SE DEBERÁN INSTALAR LAS PLUMAS DE ISALIE PARA EL CONTROL DE SU VERTICALIDAD, ASÍ COMO LAS VISUETAS CERRIDAS.
- PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES QUE SE INDICAN SE DEBERÁN LLEVAR REGISTROS MINUCIOSOS DE LOS VOLUMENES DE LOS COLADOS EFECTUADOS, Y DEL LASTRE EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA, A FIN DE PREVENIR LOS AJUSTES QUE CORRESPONDAN EFECTUAR EN EL CAMPO A LO LARGO DEL PROCESO.
- ESTE PLANO DEBE LEERSE EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 1 DE 4, HOJA 2 DE 4 Y HOJA 3 DE 4).
- PROPIEDADES QUE DEBE TENER EL LODO ESTABILIZADOR:
 PESO VOLUMÉTRICO: 1.07 T/M³
 CONTENIDO DE ARENA: MENOR A 6%
 AGUA LIBRE: MENOR A 200%
 POR SU PARTE, LAS PROPIEDADES:
 VISCOSIDAD MARSH:
 ESPESOR DEL ENLAJRE:
 P.H:
 NO SON FUNDAMENTALES PARA GARANTIZAR EL EFECTO ESTABILIZADOR BUSCADO, PARA EL LODO EN CUESTIÓN.

SIMBOLOGIA DE MATERIALES

- TERRENO NATURAL
- CONCRETO
- LODO INMORTICADO
- PANTALLA DE LODOOS FRAGUANTES

NOTA IMPORTANTE:

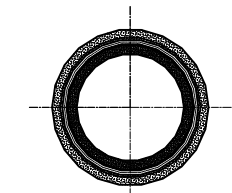
LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 1 A 4, A 4-B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 1 DE 4).
 LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 5 A 8, A 8-B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 2 DE 4).
 LAS ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES 9 A 12, B, Y LAS NOTAS GENERALES, SE INDICAN EN EL PLANO ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 3 DE 4).

PROYECTISTA	REVISOR
APROBADO	

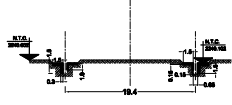
1					
0	EMISIÓN ORIGINAL PARA REVISIÓN Y COMENTARIOS	X			
REV. FECHA	DESCRIPCIÓN	EST	IND	ELE	MEC

ETAPAS DE COLADOS E INMERSIONES (HOJA 4 DE 4)

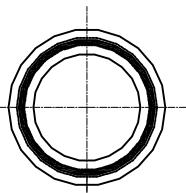
MEDIO, D.F.	COTAS M	NÚM. DE PLANO 6.6
-------------	------------	----------------------



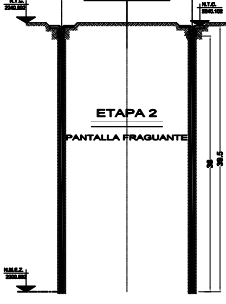
PLANTA



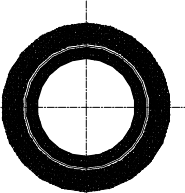
ETAPA 1
BROCALES TEMPORALES



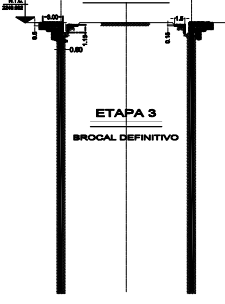
PLANTA



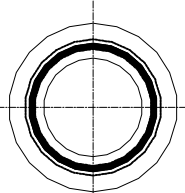
ETAPA 2
PANTALLA FRAGUANTE



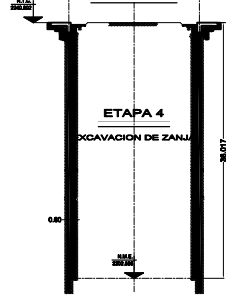
PLANTA



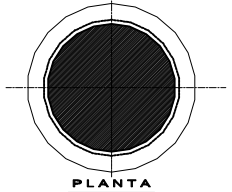
ETAPA 3
BROCAL DEFINITIVO



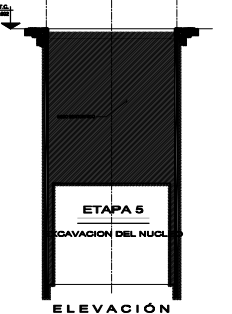
PLANTA



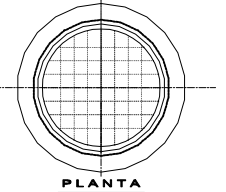
ETAPA 4
EXCAVACION DE ZANJA



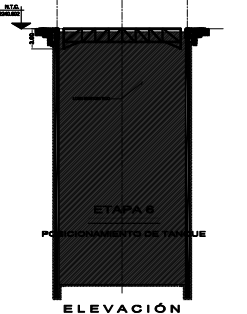
PLANTA



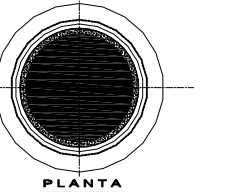
ETAPA 5
EXCAVACION DEL NUCLEO



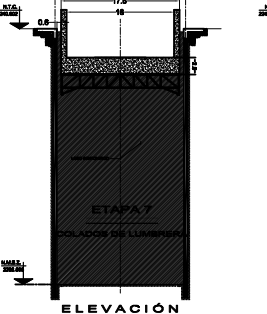
PLANTA



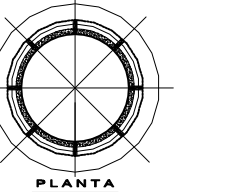
ETAPA 6
POSICIONAMIENTO DE TANQUE



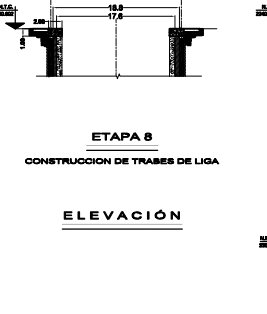
PLANTA



ETAPA 7
RELLENADO DE LUMBRERA

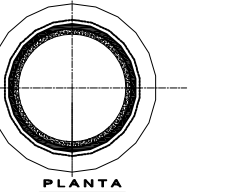


PLANTA

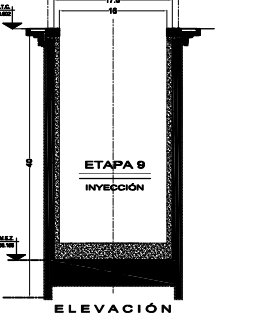


ETAPA 8
CONSTRUCCION DE TRAMES DE LIGA

ELEVACION



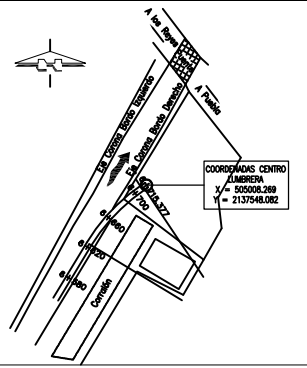
PLANTA



ETAPA 9
INYECCION

ELEVACION

CROQUIS DE LOCALIZACION



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO GENERAL

ETAPA 1.- CONSTRUCCION DE BROCALES TEMPORALES EXTERIOR E INTERIOR PARA LA PANTALLA DE LODO FRAGUANTE. SIGUIENDO EL TRAZO DE UN POLIGONO REGULAR DE 22 LADOS, CON LAS DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS MOSTRADAS EN EL PLANO, EN SU NUMERO DE REVISION VIGENTE.

ETAPA 2.- CONSTRUCCION DE LA PANTALLA PERIMETRAL DE LODO FRAGUANTE. MEDIANTE UNA ZANJA EXCAVADA CON AYUDA DE UNA ALMEJA DE 60 CM. DE ANCHO Y ESTABILIZANDO LA EXCAVACION CON EL PROPIO LODO FRAGUANTE. CAPA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE A 28 DIAS SEA DE 15 kg/cm². LOS TABLEROS SERAN EXCAVADOS DE MANERA ALTERNIA, MANTENIENDO EL NIVEL DEL LODO FRAGUANTE A UNA DISTANCIA NO MAYOR DE 50 CM. CON RESPECTO AL NIVEL SUPERIOR DEL BROCAL TEMPORAL.

ETAPA 3.- DEMOLICION DEL BROCAL TEMPORAL INTERIOR Y CONSTRUCCION DE LOS BROCALES EXTERIOR DEFINITIVO Y 2º BROCAL INTERIOR (TEMPORAL) PARA EXCAVAR LA ZANJA PERIMETRAL QUE DELIMITA EL CONTORNO DEL NUCLEO DE LA LUMBRERA.

ETAPA 4.- EXCAVACION CON AYUDA DE ALMEJA DE LA ZANJA PERIMETRAL QUE DELIMITA EL CONTORNO DEL NUCLEO DE LA LUMBRERA, ESTABILIZANDOLA CON LODO BENTONITICO.

LA EXCAVACION DE LA ZANJA PERIMETRAL DEBERA SER INICIADA TODA VEZ QUE EL LODO FRAGUANTE AL CANCE EL 80% DE SU RESISTENCIA DE PROYECTO.

EL NIVEL DEL LODO BENTONITICO ESTABILIZADOR, DENTRO DE LA ZANJA, SE DEBERA MANTENER A UNA DISTANCIA NO MAYOR DE 50 CM. CON RESPECTO AL NIVEL SUPERIOR DEL BROCAL DEFINITIVO.

ETAPA 5.- EXCAVACION DEL NUCLEO DE LA LUMBRERA, REALIZADA CON ALMEJA LOCA Y SUSTITUYENDO LOS MATERIALES EXCAVADOS CON LODO BENTONITICO, DE MANERA QUE SU NIVEL SE UBIQUE A UNA PROFUNDIDAD NO MAYOR DE 50 CM. CON RESPECTO AL NIVEL SUPERIOR DEL BROCAL DEFINITIVO.

AL TERMINO DE LA EXCAVACION DEL NUCLEO, SERA NECESARIO VERIFICAR LOS NIVELES DEL FONDO, CON AYUDA DE UNA SONDA, EN UNA CUADRICULA DE 1.00 M. DE LODO, DEBIENDO EXTRAER EL AZOLVE QUE SE DETECTE.

ETAPA 6.- INSTALACION DE LOS MALACATES Y PLUMAS PARA EL CONTROL DE LA FLOTACION, Y DE LAS VIGAS DE SUSECCION, PARA EL POSICIONAMIENTO DEL TANQUE DE FLOTACION.

ETAPA 7.- CONSTRUCCION E INMERSION POR ETAPAS, DE LA LUMBRERA, CONFORME AL ANALISIS DE FLOTACION ANALIZADO, CONSERVANDO ETAPAS DE COLADO CON ALTURAS DE 2.4 M Y LA UTILIZACION DE LODO BENTONITICO EN EL INTERIOR DE LA LUMBRERA COMO LASTRE, TAL COMO LO INDIQUE EL ANALISIS DE FLOTACION.

DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DE COLADO EL CONCRETO SE DISTRIBUIRA UNIFORMEMENTE, EVITANDO DESBALANCEAR EL EQUILIBRIO DE LA LUMBRERA.

- 1.- LA SOBRECARGA EN UNA DISTANCIA EQUIVALENTE AL DIAMETRO DEL BORDE DE LA LUMBRERA, NO DEBERA EXCEDER EL VALOR DE 5 kg/cm². EN CASO DE PERMITIRSE ACCESO DE MAQUINARIA PESADA, AL ENTORNO ANULAR DE LA LUMBRERA, DEFINIDO POR UN 2º.- EN TODO MOMENTO LOS POZOS DE BOMBO DEBEN CONTINUAR OPERANDO.
- 3.- EL PESO VOLUMETRICO MINIMO DEL LODO DEBERA SER 1.07 TON/M³.

NOTA: PREVIO AL COLADO DE LAS TRAMES DE LIGA, SE DEBERA VERIFICAR CON LECTURAS PIEZOMETRICAS SI EL ABATIMIENTO DE PRESION HIDRAULICA PREVISTO EN EL PROYECTO SE CUMPLE, GIMANTIZANDOSE LOS FACTORES DE SEGURIDAD ESTIPULADOS, YA QUE EN CASO CONTRARIO SE DEBERAN TOMAR LAS ACCIONES PREVENTIVAS CORRESPONDIENTES, COMO NO ABATIR MAS DE 0.5 METROS DEL NIVEL DEL LODO.

ETAPA 8.- TERMINADA LA CONSTRUCCION DE LAS TRAMES DE LIGA SE PROCEDERA A REALIZAR LA INYECCION DE RELLENO BAO TANQUE Y ZANJA PERIMETRAL DE ACUERDO AL LO SIGUIENTE:

PROCEDIMIENTO DE INYECCION

- 1.- AGREGAR LASTRE AL INTERIOR DE LA LUMBRERA, EN LA FORMA DE AGUA O LODO, SIN EXCESAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LAS TRAMES DE LIGA.
- 2.- 24 HRS. DESPUES DE COLADAS LAS TRAMES DE LIGA, SE INICIA EL RELLENO DEL TANQUE METALICO, MEDIANTE INYECCION DE MORTERO FLUIDO DE UN F.C. 30 KG/CM² A TRAVES DE LAS TUBERIAS DE 3" DE DIAMETRO QUE SE DEJARON PARA ESTE FIN. LA INYECCION DEBERA INICIAR EN EL CENTRO DEL TANQUE Y CON NIVEL TOPOGRAFICO VERIFICAR QUE NO SE LEVANTE LA ESTRUCTURA DE LA LUMBRERA, DURANTE EL PROCESO DE INYECCION.
- 3.- CUANDO EL MORTERO INYECTADO EN EL TANQUE DEL FONDO ALCANCE POR LO MENOS EL 20% DE SU RESISTENCIA DE PROYECTO, SE CONTINUARA CON LA INYECCION DE LA ZANJA PERIMETRAL, A TRAVES DE LAS TUBERIAS "TREMIE" DISTRIBUIDAS UNIFORMEMENTE.
- 4.- CUANDO EL MORTERO INYECTADO EN LA ZANJA PERIMETRAL ALCANCE EL 50% DE SU RESISTENCIA DE PROYECTO, SE PODRA RETIRAR EL LODO O AGUA QUE LASTREA EL INTERIOR DE LA LUMBRERA.

ETAPA 10.- LIMPIEZA FINAL

NO.	REVISION	FECHA	DESCRIPCION	ESTADO

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO GENERAL

MEXICO, D.F.	ESCALA: m	NO. DE PLANO: 6.9
--------------	-----------	-------------------

PROYECTO	NO. 660
APROBADO	

CONCLUSIONES

Durante cada etapa del proceso constructivo se encontraron dificultades, sin embargo en estas circunstancias es posible poner a prueba la capacidad de los ingenieros y arquitectos a cargo. Es también necesario prever cada una de estas situaciones y contar con el equipo necesario para resolverlas.

Algunos de los momentos más difíciles tuvieron lugar por la inestabilidad del suelo en época de lluvias, fue necesario emplear bombas y trabajar contra reloj para sacar adelante el trabajo que se estuviera realizando en ese etapa del proceso.

Sobra mencionar la importancia de una lumbrera en obras civiles de este tipo, sin embargo salta a la vista la importancia misma de la obra en su conjunto.

Es bien sabido que el valle de México sufre problemas causados por el agua, irónicamente en algunas ocasiones por la falta y en otras por el exceso de ella, es decir; se tiene una insuficiencia en la dotación de agua potable a la comunidad y al mismo tiempo un creciente aumento en la generación de aguas residuales cada vez más difícil de tratar.

La población crece de una manera desmedida, la necesidad del líquido vital ocasiona la sobreexplotación de los mantos acuíferos y esto a su vez, asentamientos que dañan las redes de drenaje existentes. Sobre las soluciones se ha hablado mucho, sin embargo, son pocas las que se llevan a cabo.

Considero necesario regular y/o reglamentar los asentamientos humanos, la planificación de las obras de desalojo de aguas residuales, la optimización de obras de captación que hasta este momento trabajan a un mínimo de su capacidad, la captación de aguas pluviales en diferentes puntos del Valle de México y sin duda alguna, la

creación de una cultura del agua que nos permita entenderla como un recurso indispensable y limitado.

El proyecto tratado en este trabajo contribuye de manera notable al manejo de las aguas residuales en esta zona, sin embargo hace falta trabajar en muchos otros proyectos de la misma naturaleza que mejoren la calidad de los servicios en el centro del país.

BIBLIOGRAFÍA

- NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-001-CNA-1995
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ESPECIFICACIONES DE
HERMETICIDAD
- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D
2487
- MECÁNICA DE SUELOS, TOMO II.
AUTOR: JUAREZ BADILLO..
EDITORIAL: LIMUSA-WILEY
- DOCUMENTOS Y ARCHIVOS DE OBRA PUESTOS A DISPOSICIÓN PARA
CONSULTA Y REPRODUCCIÓN PARCIAL

ANEXOS

1. TANQUE METÁLICO

Se realiza la construcción de un tanque metálico sobre el cual se colocara la losa de fondo y los muros de la lumbrera. Este tanque es el que le dará a la lumbrera la capacidad para flotar sobre el lodo bentonítico y realizar la construcción de abajo hacia arriba, sumergiendo este tanque conforme avance la construcción de los muros.

Este tanque metálico debe de realizarse paralelamente con la construcción de la lumbrera de tal forma que al momento de terminar la excavación del núcleo, el tanque este terminado y listo para la su colocación.



Figura A1.1 Armadura del tanque metálico

Se debe verificar que el tanque de flotación se encuentre totalmente sellado, ya que a este se le inyectara aire comprimido con ayuda de una compresora, para lo cual

se colocan 4 pares de tubos en forma radial alrededor del tanque y 3 tubos en el centro de 3", cada uno con su válvula de control de entrada y salida de aire. A este tanque de flotación también se le colocan unas entradas que servirán como orejeras y sostendrán a la lumbrera al brocal definitivo con ayuda de las vigas de sujeción. Este número de orejeras dependerá de la cantidad de tableros con los que cuente el brocal definitivo.



Figura A1.2 Cubierta de tanque metálico



Figura A1.3 Tanque metálico terminado

2. MONTAJE DE ESCUDO

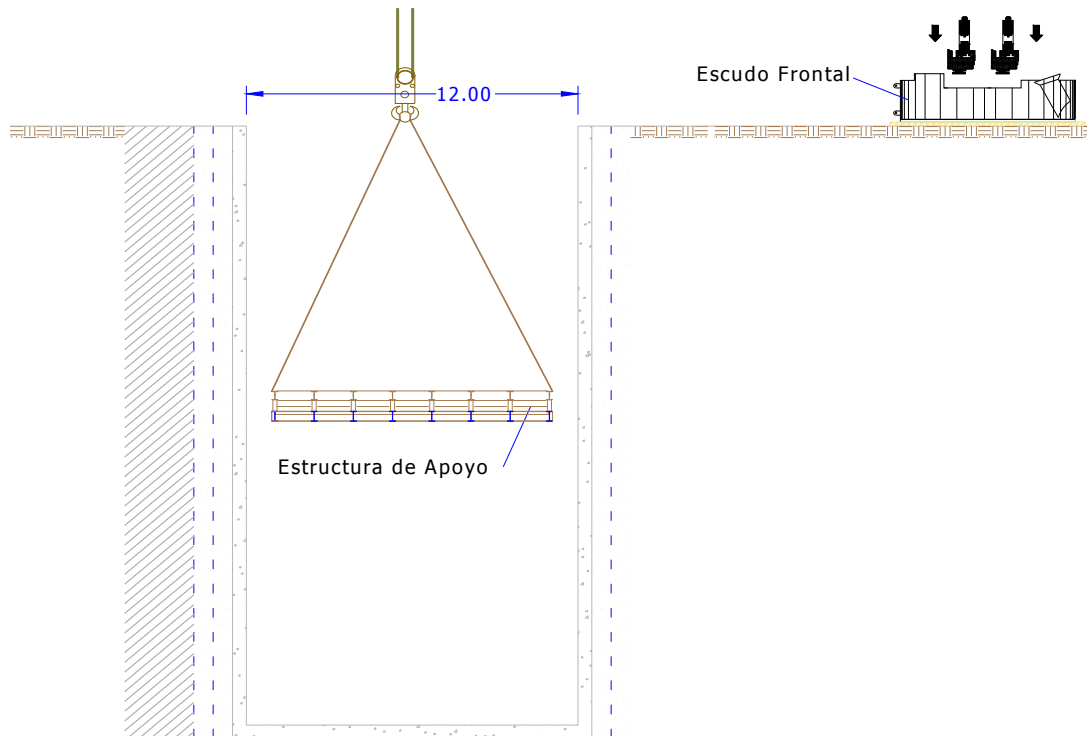


Figura A2.1. Fase 1: Se descinde la Estructura de Apoyo en la Lumbrera y en superficie se montan los motores al Escudo Frontal.

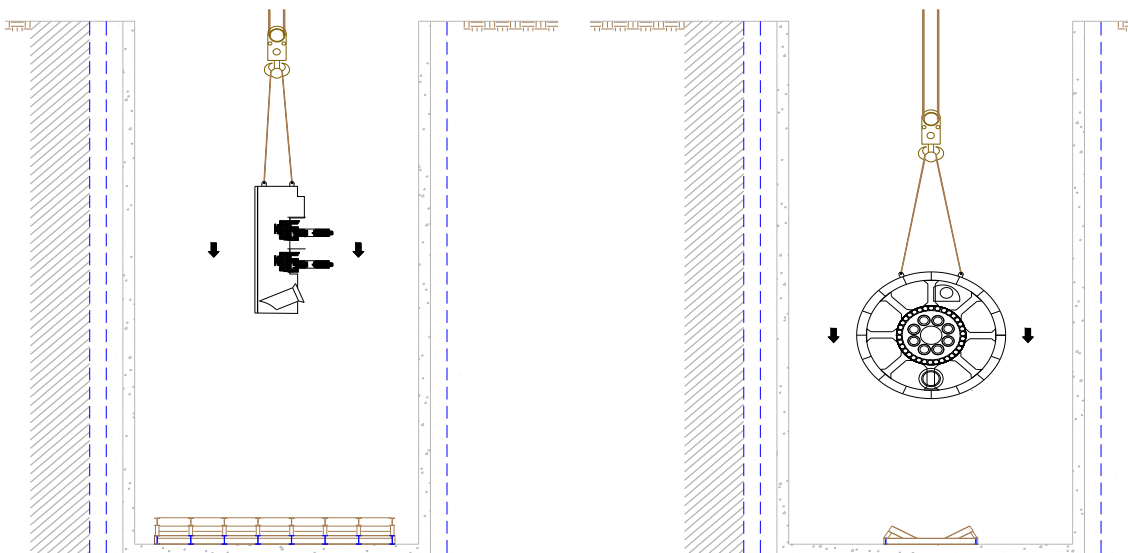


Figura A2.2. Fase 2: Posicionamiento del Escudo Frontal sobre la Estructura de Apoyo dentro de la Lumbrera.

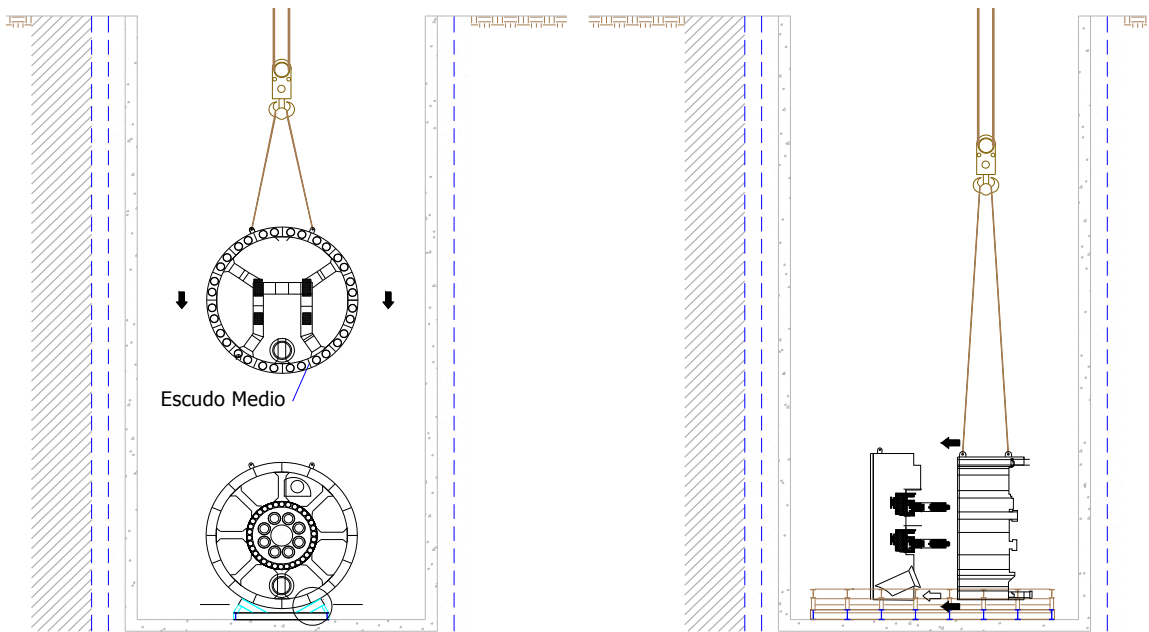


Figura A2.3. Fase 3: Bajada del Escudo Medio y conexión al Escudo Frontal.

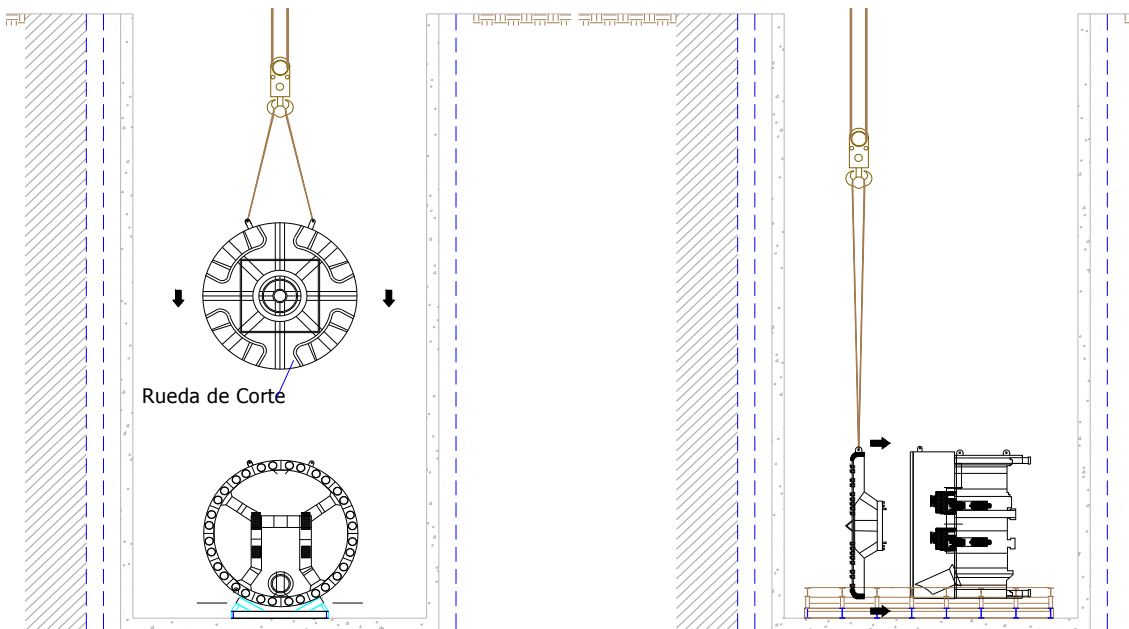


Figura A2.4. Fase 4: Bajada de la Rueda de Corte y embridado al Escudo Frontal

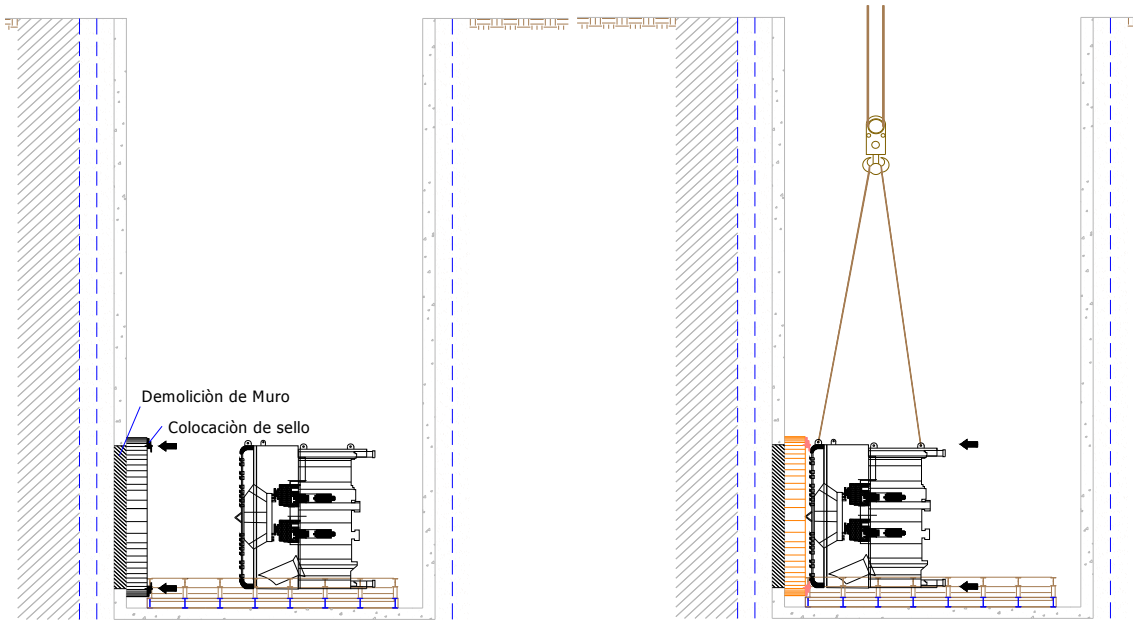


Figura A2.5. Fase 5: Se acerca el Escudo Frontal al portal de salida, previa demolición de muro y colocación de sello.

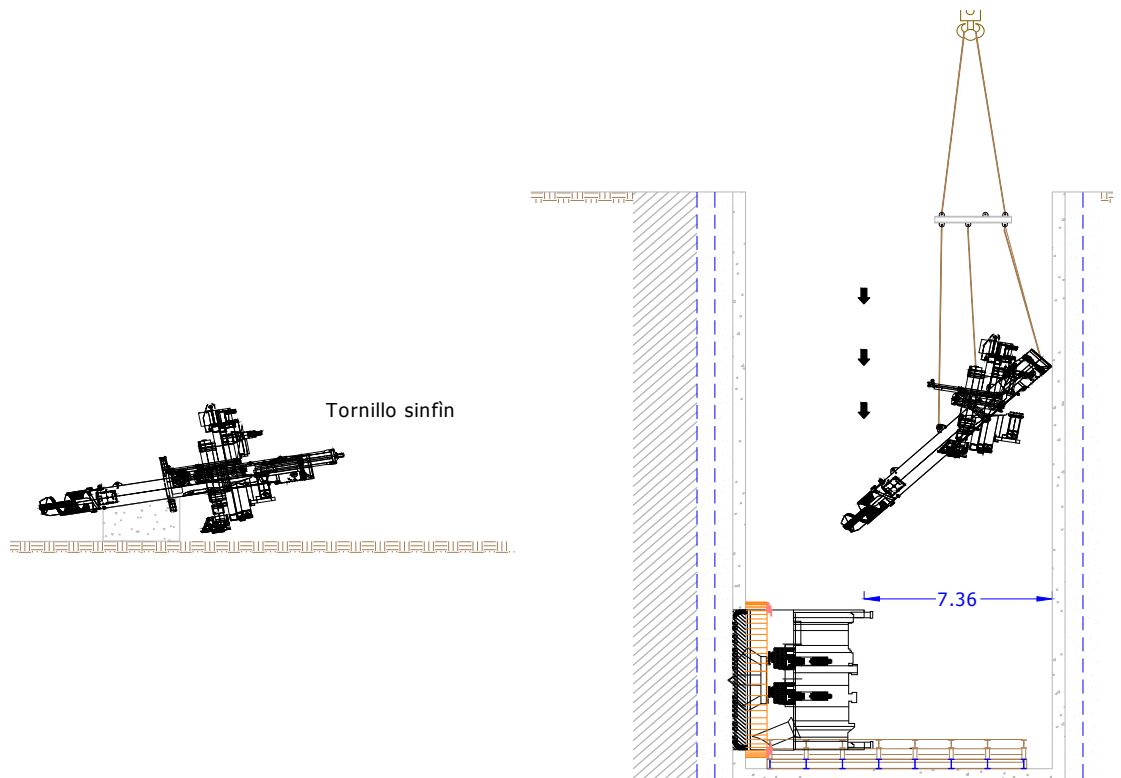


Figura A2.6. Fase 6: Se ensambla el Pórtico- Erector al Tornillo sinfin y se descenden a la Lumbrera para su conexión.

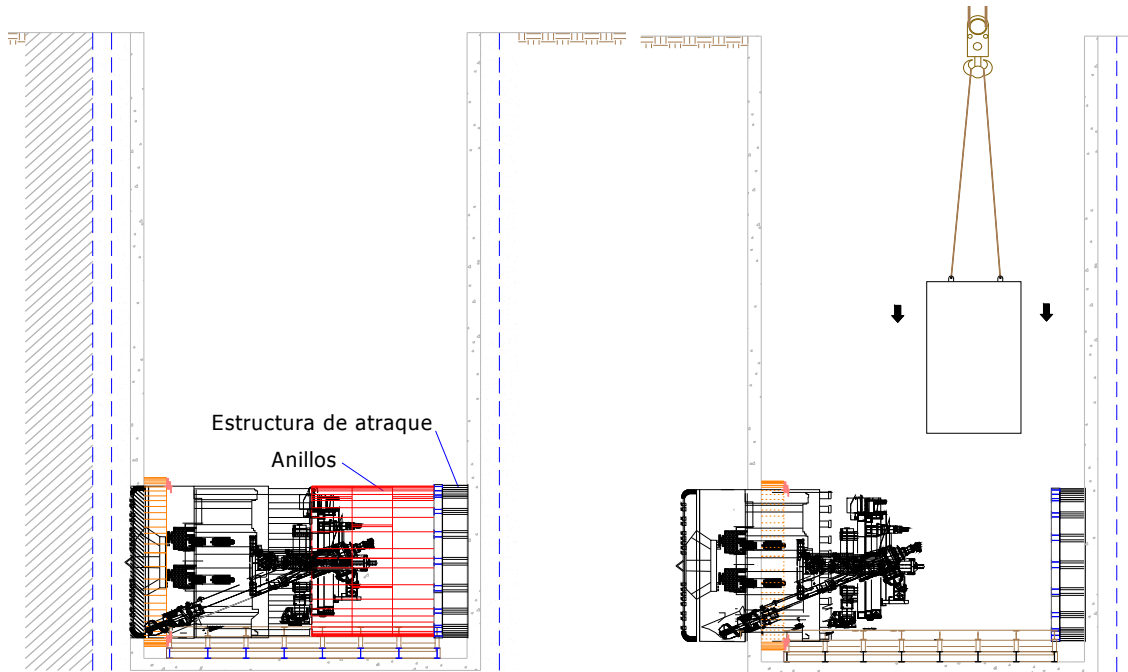


Figura A2.7. Fase 7: Se baja la Estructura de atraque, se montan anillos y se excavan los primeros 3.50 m para dejar espacio para el descenso del Faldón.

3. DOVELAS

Se utilizó tecnología de punta para la fabricación de moldes para dovelas de última generación con optimización del diseño de los segmentos y reducción de conectores, insertos, etc. Se utilizó un tipo único de segmentos que permitieron la eliminación de errores en el suministro de anillos al frente de trabajo.



Figura A3.1. Habilitado y armado de acero de refuerzo



Figura A3.2. Colocación de acero en moldes



Figura A3.3. Proceso de curado



Figura A3.4. Almacenamiento de dovelas

4. REVESTIMIENTO DEFINITIVO

El revestimiento definitivo del túnel se logra con una cimbra telescópica que se desplaza a lo largo del túnel.



Figura A4.1. Cimbra telescópica



Figura A4.2. Cimbra telescópica colocada



Figura A4.3. Revestimiento definitivo de 30 cm de espesor