

28



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"

"SISTEMA AKKERMAN DE HINCADO HIDROMECANICO DE TUBERIAS PARA CONSTRUCCION DE DRENAJE"

291151

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIATURA EN INGENIERIA CIVIL
P R E S E N T A :
HUGO QUINTERO RODRIGUEZ



ASESOR: VICTOR PERUSQUIA MONTOYA



FEBRERO 2001



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**ESTE TRABAJO LO DEDICO A LO MAS GRANDE
DE LA VIDA, MI FAMILIA.
MIS PADRES, MIS HERMANOS, MI ESPOSA, MI
HIJA**

**SISTEMA
AKKERMANN DE
HINCADO
HIDROMECÁNICO
DE TUBERÍAS PARA
CONSTRUCCIÓN DE
DRENAJE.**

INDICE.

PRÓLOGO.	1
INTRODUCCIÓN.	2
CAPÍTULO 1.	8
Historia de la construcción de drenaje en México.	
1.1 Antecedentes de la construcción de drenaje en México.	9
1.2 Experiencia que se tiene en la construcción de túneles en México.	21
1.3 Historia de la utilización de escudos para la construcción de túneles en México.	32
CAPÍTULO 2.	44
Sistema Akkerman.	
2.1 Sistema Akkerman.	45
2.2 Sistemas de hincado.	48
2.3 Cabezales de perforación y máquinas rotativas.	73
2.4 Fuentes de alimentación.	79
2.5 Estaciones intermedias de hincado.	80
2.6 Inyecciones de bentonita.	86
2.7 Información y sistemas de control.	90
2.8 Sistemas de acarreo.	93
CAPÍTULO 3.	104
Tecnología de construcción.	
3.1 Selección del sistema de hincado.	105
3.2 Fabricación de la lumbrera.	115
3.3 Colocación del sistema de hincado.	127
3.4 Excavaciones.	134
3.5 Hincado de tubería.	141
3.6 Utilización del láser.	148
Conclusiones.	153
Ventajas de la utilización del sistema.	154
Vocabulario.	I
Bibliografía.	A

PRÓLOGO.

El interés por crear nuevas técnicas que promuevan el bienestar del hombre, hacen que éste, se sienta capaz de innovar y producir elementos que satisfagan su necesidad. La construcción en particular de esta obra está encaminada a la población profesional en general y a todos aquellos que se interesen por las lecturas en global. El sistema de Hincado Hidromecánico de Tuberías, no es nuevo ni único, desde tiempos anteriores ya se tenían indicios de que algunos túneles se construían con escudo y los principales precursores en esta materia son, en este caso, son los Ingleses y los Alemanes.

El primer y excelente ejemplo de una máquina perforadora de túneles, es la máquina de Coronel Beamont, construida por John Fowler & Co. en 1881 y utilizada de 1881 a 1882 en una excavación piloto para el túnel del Canal de la Mancha en Folkestone. Y desde luego se ha venido perfeccionando toda la tecnología de las excavaciones subterráneas y sabemos que no terminará aquí la investigación del hombre por satisfacer sus más grandes complejos de evolución.

Ante todo, en esta obra, tratamos de mostrar que el recurrir a escudos excavadores para la construcción de túneles para drenaje, resulta interesante para la vida que llevamos los habitantes de una ciudad tan poblada, ya que el utilizar este tipo de maquinaria, nos ahorra espacio que podemos aprovechar para nuestras actividades cotidianas.

Por último, en el momento de que el lector examine esta obra, sabemos que la tecnología de excavación sin zanjas o Sistema de Hincado Hidromecánico de Tuberías, ha elaborado alguna modificación en alguno de los componentes de los equipos que en cuestión referimos.

México D.F. a 06 de octubre de 1997.

INTRODUCCIÓN.

TECNOLOGÍA DEL EQUIPO DE EXCAVACIÓN SIN ZANJAS.

La tecnología de excavación sin zanjas ha sido una efectiva y económica alternativa para la construcción de drenajes de trayectos subterráneos.

Lo que se hace común a lo largo de las excavaciones a cielo abierto, es la destrucción y el costo de reparación, causados por el corte de cepas de grandes o pequeñas magnitudes, cuando esto es innecesario con La Tecnología De Excavación Sin Zanjas ó Hincado Hidromecánico De Tuberías.

D.H. Akkerman diseño y construyó su primer escudo de Sistemas De Hincado De Tuberías en el año de 1963 para instalar una tubería de concreto 36" de diámetro para cruzar una avenida principal. Por este hecho, se ha perfeccionado cada vez más el sistema de hincado de tuberías y por tal motivo se ha provisto de diversos equipos para cientos de proyectos con cruces de calles y para proyectos completos de construcción de drenajes.

Con la introducción de controles remotos en máquinas de microtúnel, se ha expandido el rango de tamaños y condiciones generales con el cual los sistemas trabajan. Se ha incorporado la más alta tecnología para satisfacer las demandas del creciente mercado en la industria de las excavaciones sin zanjas.

Los sistemas de Akkerman están diseñados para establecer una alta producción de principio a fin de todos los proyectos, ya sea en terrenos blandos o hasta terrenos macizos de condiciones sólidas. Todos estos sistemas son usados para instalar clases de tubería tales como : RCP, FRP o de acero estructural.

El librar todos los impedimentos que se presentan durante la construcción de una línea de túnel, demuestra que un equipo es confiable y por lo tanto lo hace competitivo en un mercado tan saturado de técnicas y productos para la fabricación de estos túneles.

La empresa de Akkerman soporta sus equipos con un experimentado equipo de ingenieros, técnicos de campo conocedores del sistema, y un extenso departamento de partes y refacciones, todos dedicados al buen servicio y funcionamiento del equipo.

Se puede agregar que se puede trabajar con una línea estándar del equipo, y además, se puede tener la facilidad que si se requiere de un equipo especial, se puede hacer el diseño y la fabricación especial de éste, para proyectos con requerimientos únicos y especiales.

Las siguientes son características generales de la **UTILIZACIÓN DEL SISTEMA AKKERMAN DE TUNELFO E HINCADO POR EMPUJE DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO PARA COLECTORES DE DRENAJE.**

CARACTERÍSTICAS GENERALES.

El equipo.

Para llevar a cabo la instalación de tubería de concreto reforzado en un colector de alivio, se utilizan los equipos que conforman el sistema Akkerman con Cilindros Telescópicos, Sistema Serie SP-400 y Serie 5000, de empuje para el hincado y una máquina de tuncleo articulada tipo retroexcavadora.

La tubería.

La tubería que se utilice deberá ser de concreto reforzado. Para el hincado, deberán de cumplir con las especificaciones que satisfagan y reúnan todos los requisitos según las normas mexicanas de control de calidad, como se menciona la norma, "ASTM C76-90, Clase II, pared B", equivalente a la norma NOM C-20, grado I, pared B con junta hermética y con orificio para maniobras.

Debido a las condiciones de tipo de suelo y las características del equipo de empuje Akkerman, se debe de enfatizar con especial atención el cuidado en la calidad del acero de refuerzo, el concreto y el terminado final de este; considerando que la tubería será expuesta a una fuerza de empuje de hasta 800 toneladas (y en algunos casos pueden ser más, depende del diámetro de tubería que se requiera de hincar) cortas en el sentido horizontal.

El procedimiento.

Se inicia construyendo la lumbrera de hincado con ademe metálico cerrado, contenido con vigas mdrinas y troqueles hasta una profundidad de + 1.50 m, de la cota de proyecto del arrastre hidráulico, conformando el piso con una losa de concreto de 30 cm de espesor para recibir las correderas del equipo de hincado. Se coloca concreto entre una placa de acero y el ademe posterior al sentido del hincado para formar la pared de apoyo para el empuje.

El control de alineamiento horizontal y vertical.

Se deberá referir en forma convencional a los bancos generales topográficos del proyecto; durante el hincado, el control se lleva mediante un aparato de rayo láser ubicado adyacente a la pared de apoyo para el empuje. Este haz luminoso se proyecta hasta el escudo para la alineación del túnel.

La excavación del túnel.

La realiza el frente del escudo, mediante un mecanismo excavador, el material excavado es depositado en la parte baja del escudo y recogida por una banda transportadora que a través del escudo la deposita en una tolva colocada sobre un carro motriz eléctrico que se traslada sobre rieles a lo largo de la tubería, ya instalada hasta la lumbrera, de donde es sacada por el mismo equipo con el que se baja la tubería, y depositada en camiones volteo, y se lleva al lugar de tiro designado.

La unidad hidráulica de potencia.

En el caso de un sistema de cilindros telescópicos, la unidad de potencia, se mantiene fija en la parte exterior de la lumbrera y es operada mediante una consola, la cual transmite la energía hidráulica necesaria a los pistones telescópicos, al escudo excavador y a las estaciones intermedias de hincado; esta unidad es alimentada por un generador de energía eléctrica de 450 kw.

Una vez colocada la tubería sobre la corredera, para efecto de lograr una adecuada repartición de cargas y evitar despostillamientos eventuales se coloca un aro de madera comprimida (de $\frac{3}{4}$ " de espesor) en la espiga del tubo, se lubrica esta y se coloca la junta hermética (liga de neopreno), operando de una manera continua con el procedimiento de empuje para el hincado de la tubería.

Todo el sistema es hidráulico, impulsado por motores eléctricos. Utiliza un sistema de alta presión para la unidad de potencia y las estaciones intermedias de hincado y un sistema de baja presión para la alimentación del escudo excavador y para la banda transportadora de carga.

Estaciones intermedias de hincado.

Son para auxiliar a la unidad de potencia, y se colocan a intervalos necesarios de acuerdo a la longitud de hincado y a la resistencia del suelo; el número de segmentos de pistones es seleccionado limitándonos la capacidad de resistencia del concreto de la tubería seleccionada.

Dichas estaciones consisten en anillos de acero con segmentos metálicos de acoplamiento a la espiga del tubo, cada uno con cinco gatos hidráulicos (recuperables) que ejercen una fuerza de empuje de hasta 50 toneladas.

Bentonita.

Se prepara un lodo bentonítico con un polímero como aditivo el cual es inyectado a través de un orificio a cada quinto tubo para efectos de lubricación entre la pared exterior de la tubería y el suelo; este lodo se inyecta mediante una bomba en forma simultánea al hincado, procediendo posteriormente al final del hincado a taponear dichos orificios.

Las siguientes gráficas ilustran los sistemas de hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman.

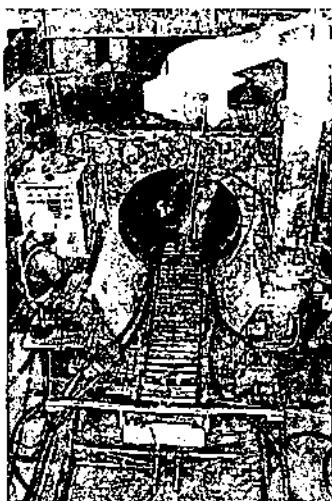


Fig. 1.1 Sistema de hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman Serie SP-400.

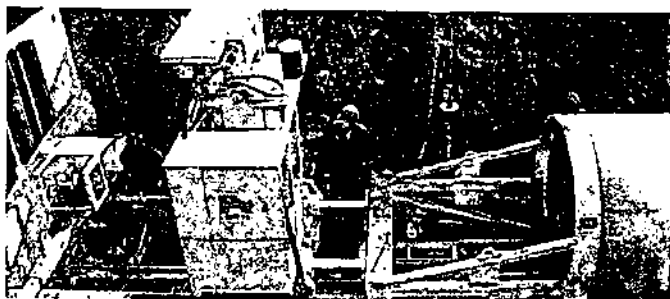


Fig. 1.2 Sistema de hincado hidromecânico de tuberias de Akkerman Serie 5000.

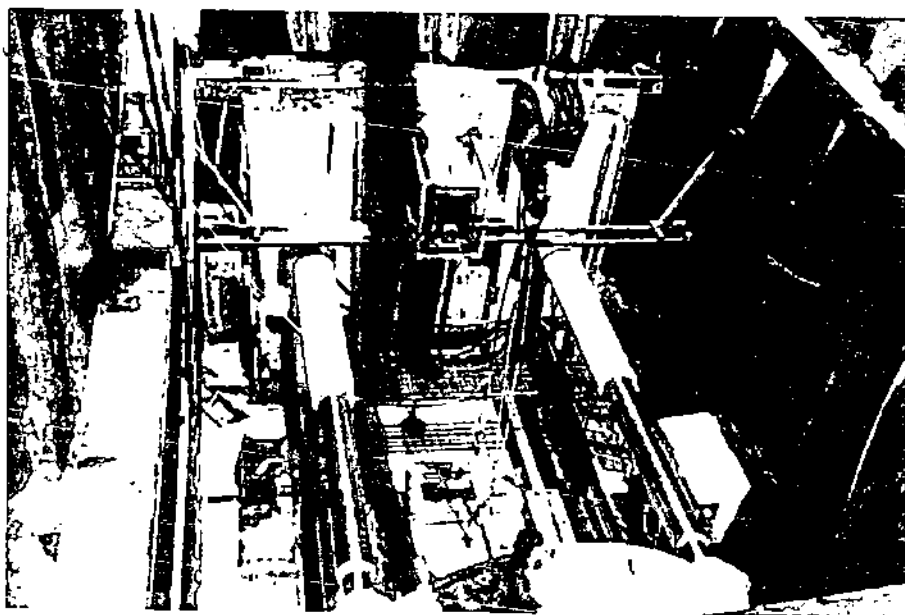


Fig. 1.3 Sistema de hincado hidromecânico de tuberias de Akkerman Cilindros Teloscópicos.

CAPÍTULO 1

HISTORIA DE LA
CONSTRUCCIÓN DE
DRENAJES EN MÉXICO.

CAPÍTULO 1

HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE EN MÉXICO.

1.1 ANTECEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE EN MÉXICO.

ORÍGENES

Mucho es lo que se ha dicho y escrito en el transcurso de más de cuatro siglos acerca de la magnificencia de México Tenochtitlán. Para el mundo europeo, esta ciudad cobró vida en el siglo XVI a través de que de ella hicieron los cronistas, algunos de ellos, participes o presenciales directos en la conquista y destrucción de la capital Tenochca.

Con lujo de detalles, y en el caso de Cortés con sistemático orden, van dando cuenta del paisaje que lo rodeaba, de su existencia y traza, del número de casas que tenía, de los suntuosos palacios que poseía, de las terrazas y jardines, de los mercados y plazas, de las actividades de sus habitantes. Nada escapa pues a sus ojos, pero no es en la cantidad de pormenores, con ser esto de tanta importancia, donde nos damos cuenta de la cabal admiración que en ellos suscitó, sino más bien en las comparaciones que varias veces se ven precisadas a hacer con ciudades europeas para explicar lo que veían en términos que fueran comprensibles a los lectores a quienes iban destinadas.

Así, Cortés dice que Tenochtitlán era tan grande como Sevilla y Córdoba y que tenía una plaza como dos veces la ciudad de Salamanca. Por su parte Bernal Díaz no se quedó atrás en sus elogios y cuando se refiere al mercado de Tlaltelolco, expresa que en él había tanta cantidad de gente vendiendo y comprando, que el ruido de las voces podía oírse a más de una legua de distancia, y que muchos de los soldados, sus compañeros, que habían estado en otras partes del mundo como Constantinopla y Roma, habían atestiguado no estar en una plaza tan grande, con tanto orden, con tanta gente y concierto.¹

Hoy resulta muy difícil imaginar con exactitud el aspecto que presentaba la región de los lagos en la época prehispánica, pues tanto la acción del hombre como de la naturaleza han contribuido a su radical transformación.

Las primeras descripciones hechas por los españoles proporcionaron mucha información acerca de ello, aunque a veces no concuerdan en los datos, por ejemplo cuando se refiere a las dimensiones de los entornos. Tampoco son uniformes, pues mientras a unos cronistas les interesó dar una visión general, a otros les preocuparon los detalle precisos.

En la segunda carta de Cortés al rey Carlos V se menciona:

Existe una gran superficie plana rodeada de montañas que iban decreciendo en altura hacia el interior. Estas montañas estaban cubiertas por espesos bosques de pinos, encinos y robles, y por las vertientes corrían numerosos ríos pequeños. La mayor parte de la superficie plana estaba ocupada por dos lagos separados entre sí, aunque no totalmente, por una legua de tierra en la que destacaban varios cerros. Ambos lagos diferían uno de otro, no solo en tamaño sino en la calidad de las aguas. El que estaba al sur, llamado Chalco, era largo y estrecho y tenía agua dulce gracias a la gran cantidad de manantiales que allí había, en este lago se criaban peces de tamaño regular. En cambio el del norte o de Tezcoco, era redondo y mayor, sus aguas eran saladas porque la tierra contenía salitre y no consentía la existencia de peces más pequeñísimos.²

LA TRADICIÓN HIDRÁULICA.

Estos pueblos, desde los humildes habitantes de las aldeas primitivas hasta los poderosos Tecpanecas, nacieron y crecieron a expensas de los lagos; por consiguiente las técnicas hidráulicas comenzaron a desarrollarse también en años muy tempranos.

Quizá los primeros trabajos consistieron en canales de riego para abastecer de agua a los cultivos, que por la sequía, quedaban privados de ello. El líquido para la subsistencia y consumo diario, fue al principio acarreado en cántaros y almacenado en grandes tinajas; los

¹ Díaz del Castillo, Historia verdadera de la conquista de la Nueva España, p. 160-161.

² Bernal, Tenochtitlan en una isla, p. 17.

acueductos fueron obras mucho más tardías, pues solo las necesidades de grupos urbanos mayores, hicieron posible su construcción.

Las grandes obras hidráulicas no fueron tampoco tan recientes como hasta hace poco se creía. Según los datos proporcionados por las fuentes puede confirmarse que el sistema lacustre comenzó, por lo menos desde la época Tolteca; aunque si se toma en cuenta el cultivo de las chinampas, se podría remontar aún más atrás.

Investigaciones más o menos recientes, permiten formular las hipótesis de que un periodo de mil doscientos años a partir de nuestra era, hubo escaso cultivo de chinampas, debido a cambios hidrológicos en la cuenca. El famoso viajero e investigador Alejandro de Humboldt comenta acerca de las chinampas:

La ingeniosa invención de las chinampas parece venir desde fines del siglo XVI; y es muy propia de la particular situación de un pueblo que, hallándose rodeado de enemigos y precisado a vivir en medio de un lago que cria pocos peces, estudiaba los medios de proveer a su subsistencia.³

EL VALLE DE MÉXICO.

La cuenca del valle de México se encuentra localizado entre los paralelos 19°2' y 20°12' y los meridianos 40' del Este y 15' del Oeste.⁴

Según Francisco de Garay, no es sino una inmensa boca volcánica que en su contorno y centro se ven los cráteres de multitud de volcanes apagados. A la llegada de los españoles el valle de México estaba ocupado por una región lacustre, cuyo recipiente mayor era el lago de Tezcoco ubicado en su parte central y más baja, sus aguas eran saladas. La ciudad de Tenochtitlán se hallaba en la laguna de agua dulce, separada de la de agua salada por un albarradón construido por Nezahualcoyotl, en la época de Moctezuma Ilhuicamina. La laguna de México tenía a su vez los diques calzadas de Tepeyac hacia el norte; de Tlacopan hacia el occidente y de Iztapalapa hacia el sur, que se bifurcaba con el fuerte de Nólol, yendo un ramal hacia Coyohuacan y el otro hacia Mexicatzingo e Iztapalapa.

EL PROBLEMA DEL AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO

Ha quedado reseñado que en la época prehispánica, Tenochtitlán resintió las inundaciones de 1449, cuando era gobernando por Moctezuma Ilhuicamina, época en que

Humboldt, Ensayo político..., p. 134

⁴ Luis Espinosa, Descripción oro-hidrográfica y geológica del valle de México, Ofic. Impresora de estampillas, 1902, 16

Nezahualcoyotl construyó el albardón; la de 1498 durante la gestión de Ahuitzol, producto de su intemperancia y no atribuible a lluvias torrenciales y derrames de los lagos, sino exclusivamente al manantial Acuecuexcatl.

En los años de 1499 a 1540, pasaron desapercibidos los problemas con las inundaciones en el valle de México, durante los gobiernos de Hernán Cortés y el virrey Antonio de Mendoza. Pero en los últimos años se había observado que en la temporada de lluvias, el torrente de los ríos que desaguan en los lagos, hacía crecer peligrosamente el caudal de los canales y acequias que atravesaban la ciudad, por lo que el ayuntamiento de 1541, se dirigió al virrey pidiendo se hicieran obras para evitar que las aguas ocuparan la ciudad.⁵

En el año de 1552, el ayuntamiento hizo una nueva presentación, ahora ante el virrey Velasco, insistiendo en la necesidad de salvaguardar a la ciudad de las inundaciones, pero como las lluvias no fueron copiosas en los dos años siguientes, solo se hicieron obras pequeñas. La reacción de los habitantes ante las inundaciones de 1555, no solo fue de terror, sino que la destrucción de sus propiedades y que trajo consigo severas críticas para el fundador Cortés que aparecen en un documento de 16 de Septiembre de 1555, que transcriben Cepeda y Carrillo:

En toda la nueva España ha llovido todo este año mucho mas que los pasados y ha echo gran daño en alguna de las provincias, porque ha anegado las sementeras de trigo y maíz, por estar en la ciudad en lo mas bajo.⁶

Gobernaba en la nueva España el virrey Martín Enriquez de Almanza cuando se volvió a presentar el problema de la inundaciones. La ciudad había descansado de ellas durante veinticuatro años, pero en 1579, como las lluvias fueron copiosas, las lagunas empezaron a derramarse sobre los pueblos ribereños; cosa que se agravó a principios de 1580, en que la aguas invadieron también la capital.

Inquieto el virrey por tales hechos, envió una comunicación al Cabildo, el que ordenó hacer un reconocimiento al corregidor Antonio Carbajal y al regidor Baltasar Mexia, a quienes se pidió fueran a ver los ríos y lo vean conforme a la pintura que esta ciudad tiene, y que para ello se entregó al señor corregidor y por lo tanto, lleven personas, indios antiguos, para que les informen de los nacimientos de las dichas aguas y ríos. Habiéndolo visto, sepan e informen de donde nace el daño que sucede de no menguar las dichas acequias y estar siempre crecidas y del remedio que podría haber.

En sesión del Cabildo de 5 de febrero de 1580, aparecen los licenciados Baltasar y Obregón informando, sobre la tarea encomendada a ellos, indicando que se hicieron acompañar de oficiales y personas que entienden de semejantes obras y de medida, entre

⁵ Luis González Obregón. *Resena histórica del desagüe del valle de México, 1449-1900*. I, 58.

⁶ Fernando de Cepeda y Fernando Alonso Carrillo. *Relación universal legitima y verdadera del sitio en que esta fundada la muy noble, y muy leal ciudad de México*. Salgado, 1637, fol 5 vuelta.

ellos Claudio de Arciniega, donde fueron a Ecatepec, Huehuetoca y otras partes donde pareció convenir y así poderse desaguar la dicha laguna.

SE INUNDA MÉXICO EN 1604.

El primer plano arquitectónico de la ciudad de México se elabora en el año de 1628 por el maestro Juan Gómez de Trasmonte. El plano está orientado como sigue: hacia arriba el Oriente, hacia abajo el Occidente, a la derecha el Sur y a la izquierda el Norte.

Se nota que la ciudad está cruzada por numerosas acequias y zanjas. Cosa curiosa, a partir del año de 1555, se dan las inundaciones con intervalos de veinticuatro años, es decir, 1579-1580 y la otra en 1604.

El testigo presencial de la inundación y cronista, lo fue el antiguo vecino de la ciudad, fray Juan de Torquemada, quién relata anduvo en canoas, en las calles anegadas. Y lo manifiesta:

Este mismo año de 1604, llovió tanto por el mes de agosto, que se ninchó la laguna de México, con todas sus llanadas, que cubrieron sus aguas casi todo el suelo de esta ciudad, y llegó en alguna calles a que se pasaban en canoas.⁷

El albarradón de San Lázaro construido en 1555, estuvo a punto de ser destruido al igual que el de Nezahualcoyotl, puesto que la gente de la ciudad lo había estado destruyendo poco a poco llevándose la piedra y la tierra. Afortunadamente el virrey Montesclaros ordenó su reparación salvándose esa obra, tan útil a la ciudad.

Simultáneamente se iniciaron los trabajos de reconstrucción de la calzada de Tepeyac y la de San Cristóbal, que servía de dique entre los lagos de San Cristóbal y de Tezcoco.

ENRICO MARTÍNEZ Y EL DESAGÜE DEL VALLE DE MÉXICO.

Enrico Martínez, astrólogo, geógrafo, médico, ingeniero, arquitecto, impresor y escritor, como si fuera poco, cosmógrafo del rey e interprete de la inquisición. Unia a todo lo anterior el conocimiento del latín, castellano, alemán y flamenco.

⁷ Fray Juan de Torquemada, Monarquía india, Porrúa 1969, I, 306, Lib III, Cap XXVIII.

Su nacionalidad fué cuestionada durante mucho tiempo. Arribó a la nueva España en el mes de enero de 1590, en la misma flota que el virrey don Luis de Velasco, en la que también venía Juan Ruiz de Alarcón.

Antes de su intervención en la obra del desagüe, tuvo gran actividad como impresor, como se puede comprobar con los numerosos títulos que editó. El resto de su vida, forma parte del desagüe de las aguas del valle de México.

El virrey Velasco, atento de las inundaciones causadas por las lluvias, decidió llevar a cabo un proyecto en la que se pudieran evitar este tipo de fenómenos, para el cual Enrico Martínez, propuso desaguar el valle de México. En forma siguiente, la comitiva del virrey, escuchó el proyecto de Enrico Martínez, diciendo que se practicase desde Huehuetoca a la laguna de Citlaltepec, en una distancia de 14850 varas, de las que 800 estaban abiertas por una acequia antigua y que la máxima profundidad sería de 37 varas.

El proyecto de Martínez se aprobó, pero él nos informa que cuando esta obra se comenzó, se encaminó a dos fines: el primero y principal, para quitar de la laguna de México, el agua que fuese necesaria para asegurar a la ciudad de la inundación que se teme; el segundo que, si por falta de tiempo y fuerzas o que por algún impedimento que por debajo de la tierra se ofreciese, que por lo menos se pudiera desaguar la laguna de Zumpango, con advertencia que el principal objeto de la obra es terminarla y desaguar el valle.

Estos trabajos fueron inaugurados por el virrey Velasco el 29 de noviembre de 1607, dando él la primera azadonada. El propio maestro del desagüe nos da las medidas y formas de los trabajos realizados del 29 de noviembre de 1607 al 17 de septiembre de 1608: de la laguna de Zumpango a Nochistongo, 15,950 varas de las cuales 7,500 van a cielo abierto, de la orilla de la laguna de Zumpango, hasta Huehuetoca, con más de 13 varas de fondo. Acerca de los trabajos de desagüe realizados por Enrico Martínez, Humboldt, admirado expresa:

Una galería subterránea que sirve de canal de desagüe, acabada en menos de un año, de 6,600 m de largo, con una sección transversal de 10.50 m², es una obra hidráulica que en nuestros días y aun en Europa llamaría la atención de los ingenieros⁶

El ingeniero francisco de Garay quien pensaba que Enrico era mexicano escribió:

⁶ Enrico Martínez, Breve relación de la importancia de la obra de desagüe y de lo que está hecho y resta por hacer en ella: 1449-1900, Vol. II, Apéndice, Doc Num 3, p 15

La historia no recordaba un hecho tan portentoso como la apertura de esa galería en tan corto espacio de tiempo, y en la época en que se llevó a cabo, seguramente ningún otro pueblo en el mundo hubiera podido vanagloriarse de un hecho semejante.⁹

EL VALLE DE MÉXICO DURANTE LA ÉPOCA INDEPENDIENTE.

En 1823 se hallaba al frente de la Secretaría de Relaciones el señor Lucas Alamán. Por la memoria que leyó ante el congreso, el 8 de noviembre de ese año, se infiere que ningún trabajo, mayor o menor, se había emprendido para mejorar las deterioradas obras del desagüe desde el tiempo del virrey Apodaca. Al principio de la década de los treinta, durante el gobierno del general Anastacio Bustamante, al amparo de una situación hacendaria menos comprometida que en años anteriores, se activaron los trabajos de conservación y mantenimiento del desagüe, ahora ya bajo un plan mas sistematizado y coordinado. El coronel José Rincón, experto muy acreditado en materia de ingeniería, fue designado director general de obras y no tardó en advertirse la eficacia de su gestión.

Por lo tanto, Alamán, que antes solo hablara en teoría del problema, decidió hacer en compañía de Rincón, una inspección ocular de las diversas obras que componen el sistema general de desagüe, y quedo pasmado de la odisea técnica de Enrico Martínez. Por lo pronto, se trabajó durante todo 1831 en las obras urgentes de reparación para evitar los peligros del momento que hubiera podido correr la capital y a que se vió expuesta en la estación de aguas de 1830, consistentes en derribar los caídos que amenazaban ruina próxima, en desenzolvar canales de atierres que estos mismos caídos causaban dejando libre y expedito el cause de las aguas.

En 1847, cuando el ejército norteamericano se aproximaba al valle de México, nuestro gobierno dispuso como medida de defensa, que se inundara la zona oriental, haciéndose varias sangrias al canal de la Viga y rompiendo las exclusas del Mexicatzingo. Por supuesto el invasor no fue detenido, y aquella medida preventiva solo vino a agravar los males físicos de la ciudad y pueblos del sur.

Para reparar lo destruido en aras de la defensa nacional, las autoridades del Distrito Federal asignaron a dos técnicos. El primero fue Francisco de Garay, que con el tiempo seria el autor del proyecto mas acertado del desagüe general; y el segundo era el ingeniero M. L. Smith. Uno y otro eran peritos entusiastas de la ciencia hidráulica. Por lo pronto el plan de Garay, expuesto en el comienzo de 1848, consistió en reparar la compuerta principal de Mexicatzingo, que en la temporada de lluvias debería de permanecer cerrada, abriéndola a determinadas horas para el paso de las canoas, evitándose así, que las crecientes del rio Churubusco bajasen sobre México.

El programa de Smith era muy pretencioso, el cual expuso con claridad, obteniendo buena información de inspecciones oculares y la solidez técnico científica. Lo interesante

⁹ Enrico Martínez, Ob. Cit. p. 116

de la tesis de Smith, contra el parecer de los muchos admiradores de Enrico Martínez, impugna el proyecto de desagüe de Huehuetoca, teniéndolo por equivocado y contraindica la prosecución del mismo. Smith discurre que de los cinco lagos (Chalco, Texcoco, San Cristóbal, Xaltocan y Zumpango) debe de hacerse un solo complejo de vasos comunicantes por medio de canales que arranquen del lago de Chalco, a la altura del pueblo de Ayotla, y concluyan en el lago de Zumpango.

En 1866 se autorizó el proyecto de Tequixquiác. La obra comprendía tres ataques simultáneos:

1.- Un tajo abierto de 39 ½ km. Que comenzaría en el lago de Texcoco, entre la gran cruz de madera y el canal que baja del mismo nombre.

2.- La sección mas difícil, el túnel, de casi 10 km. que arrancaría del bordo norte de la laguna de Zumpango y terminaría en la barranca de Acatlán, llamada también de Tequixquiác. En este proyecto se trazaron 24 lumbreras a intervalos de 400 m.

3.- A la salida de éste, se proyectó el tajo de desembocadero, llamado también de Tequixquiác, sobre el cauce de la misma barranca de Acatlán.

Con el triunfo de la república, se acentúa la ilusión de lograr un nivel decoroso de bienestar material. Solucionada y enconada la ya vieja querrela política, los mexicanos dispondrían de tiempo completo para encarrilar y hacer rentable el potencial económico del país. De 1867 a 1876 se creó la Secretaría de Fomento, donde su titular fue el ingeniero Blas Balcárcel. El 2 de diciembre de 1867 se aprobó un impuesto especial para el financiamiento de las obras de desagüe, discutido con el ministro de hacienda, José María Iglesias.

Hasta septiembre de 1870 según Balcárcel solo se habían logrado 25,056 metros cúbicos de material de excavación. Se pretendía comunicar por agua las lagunas de Texcoco y Zumpango, para facilitar el transporte de mercancías desde la ciudad de México y así eliminar el alto costo de los desplazamientos por vía terrestre.

El empuje final de las obras del desagüe se da en el momento en que Díaz se afianza en el poder, desde que se inicia el periodo de reelección indefinida (1884) y el régimen transita del "Luxepecanismo" al "Porfiriato". Poco antes, con la idea de que el aparato burocrático actuaba lento e ineficazmente, se había ensayado el plan para transferir las obras a una empresa privada.

En efecto "La Dirección del Desagüe del Valle de México" fue suprimida en 1881 por el gobierno de Manuel González a causa de haber autorizado el congreso un contrato para que una compañía particular, encabezada por Antonio Mier y Celis, se encargara de la canalización de los ríos navegables, además del desagüe y saneamiento del valle y de la capital de México. Este era un mal negocio para el gobierno, en el que lo peor radicaba en

las compensaciones asignadas a la firma contratante: inmensas extensiones de tierra desecadas, que de haberse otorgado legalmente, habría convertido a la capital en una plaza sitiada, por una propiedad particular. Y en el caso del contrato de 1881 que la concesión otorgada a Iñigo Noriega para desecar la laguna de Chalco se quería apropiarse de las tierras más fértiles, donde en 1882 los trabajos volvieron a ejecutarse por administración.

Un año después se entregaba la obra a un contratista extranjero, la "Mexican Prospecting and Finance Co. Ltd." en el siguiente estado: "Lumbreras 1 a la 24 con excepción de la 19 que estaba perdida; en total, 956.11 m de profundidad y 922.73 de revestimiento. Los contratistas para terminar debían ejecutar 281.55 m de profundidad, 328.07 de revestimiento. Túnel, 7,939.55 m. faltaba casi una tercera parte de la obra de las lumbreras y del túnel no se había concluido la quinta parte.

Esta empresa inglesa, no contando aun con todo su equipo, no tenía avance deseado y por tal manera los trabajos estaban lo suficientemente lentos, para que los mexicanos estuvieran tensos sobre la terminación de los túneles.

Pero la "Mexican Prospecting" tuvo un error al calcular en lo que se refiere a los costos del túnel de Tequixquiác y cometió otra equivocación mayor al tratar de modificar substancialmente el proyecto de desagüe general. El cambio consistía en acortar la extensión del gran canal en su sección norte (la de su terminación) poco más de 6 km. La empresa inglesa subcontrató los trabajos a la "Read & Campbell" la ejecución de la obra y afines de 1890 la primera transferencia contrato a la segunda.

En 1891 se dieron cuenta que este contrato había sido un fiasco ya que la empresa Campbell arrojaba números rojos. De las quince lumbreras programadas solo 5 habían llegado a la profundidad indicada y se había abierto poco más de 240 m de galería, y la empresa solicitó rescindir su contrato, entregando la obra en el estado lamentable en que se encontraba. En 1891 el túnel de Tequixquiác y el de Zumpango fueron definitivamente abandonados, por que al gobierno mexicano no le salían las cuentas.

La fase final del túnel constituye un ineludible mérito de la técnica mexicana y en particular al ing. Luis Espinosa, cuyo talento y perseverancia fueron compensados por el éxito, al cabo de tres décadas de esfuerzos. El primero de marzo de 1892, la junta directiva se hizo cargo de la obra total del túnel, en la que faltaba por ejecutar, acabado y revestido de 12 lumbreras y casi la mitad de la galería. El revestimiento de la bóveda y cubeta se completaron el resto del año, de modo que la obra pudo darse oficialmente por concluida en el mes de diciembre: 10,021.79 m de túnel según los precisos cálculos de Espinosa se habían consumido en el año de 1893 las siguientes cantidades:

*22 millones de ladrillos, 1 millón de dovelas de beton comprimidos, mil metros cúbicos de mortero de tezontle y cal, 20 mil metros cúbicos de piedra de mampostería, 20 mil toneladas de carbón quemado, 10 mil cuerdas de leña y 11800 m cúbicos de madera.*¹⁰

Durante el año de 1930, la creada Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del México moderno, emprende la denominada Prolongación sur del gran canal. En esta obra se aprovecha la zanja primitiva existente que había quedado cortada en la carretera de Puebla y que era necesario para descargar los pequeños canales de riego, drenar el aeródromo militar y prever los servicios de todo el Distrito Federal.

En 1932, el jefe del departamento central del Distrito Federal, el Lic. Aarón Saenz, hace una prolongación de 500 m en el gran colector sur, inicia el colector NUM. 6 a lo largo de la calle Dr. Lucio. En 1933 se terminó el colector NUM. 6 que desemboca en el colector sur en la calzada de Balbuena y que atraviesa a lo largo de la calle de Lorenzo Boutorini. En 1934 se inician los colectores 9 y 1, junto con las redes de atarjeas correspondientes. Se advierte la delantera que lleva el crecimiento de la ciudad, quedando a la zaga la longitud de colectores ya construidos y de atarjeas instaladas.

En el año de 1935 se inició la construcción de los colectores 12 y 14 destinados a sanear las colonias Moderna, Postal, Narvarte, del Valle, Tacubaya y San Pedro de los Pinos. En el año de 1936 quedó totalmente terminado el colector NUM. 14 y se inició la construcción del colector NUM. 11 y en el año de 1942 quedó totalmente terminado.

En 1944 se decidió entubar el río consulado desde su nacimiento para mejorar las condiciones de salubridad y expeditar la comunicación entre las colonias Santa María, San Jacinto y Tacuba. En 1945 se terminó la construcción del colector NUM. 16 y se prosiguió con los colectores NUM 24, 26 y 13.

LAS OBRAS CONTEMPORÁNEAS.

En 1942, el Distrito Federal, el 40% de la población, contaba con servicios de drenaje. El crecimiento acelerado de la población y la ampliación de las zonas urbanas, trajo como consecuencia seguir aumentando la incapacidad de drenaje de colectores y de atarjeas para ser capaz de conducir los caudales durante la época de precipitaciones pluviales. Esta incapacidad se veía agravada por los hundimientos de la ciudad, que dislocó las redes de drenaje al grado que las mismas se encontraban a un nivel que era 4 m inferior al del gran canal del desagüe.

La situación se agravó más en los años posteriores, por lo que el jefe del Departamento del Distrito Federal (DDF), Ernesto Uruchurtu, en el año de 1953, creó la

¹⁰ Luis Espinosa. Libro 3º. Reseña histórica y técnica de las obras del desagüe del Valle de México. 1856-1900. p. 934

Dirección General de Obras Hidráulicas, con las siguientes funciones: estudiar, proyectar y construir, las obras necesarias para el abastecimiento de agua de la ciudad, para el drenaje de la misma y para los hundimientos.

En 1954, el organismo formuló el plan general de trabajo para resolver los problemas del hundimiento, inundaciones y del abasto de agua potable, el cual consistía de los siguientes puntos:

1.- Utilizar, hasta donde sea admisible el alcantarillado existente, aliviando su trabajo en la época de lluvias por medio de conductos interconectores que limiten las áreas tributarias de cada colector a valores compatibles con sus dimensiones y pendientes.

2.- Instalar una planta de bombeo con capacidad de 80 m³ por segundo y construir un túnel para el mismo caudal, que descargaría las aguas negras y de lluvia en el gran canal de desagüe, a la altura de San Cristóbal Ecatepec.

3.- Entubar el primer tramo del gran canal y la totalidad de la prolongación sur, ya que su existencia sería un problema sanitario grande.

4.- Ampliar la red de colectores hacia las regiones del Distrito que no lo poseen.

Hasta el año de 1959, la DGCOH, estudió y proyectó el entubamiento faltante del Río Consulado, cuya construcción se terminó en el año de 1960; se hizo el proyecto del colector 15, el más grande de la ciudad siguiendo las calles de Aragón, Fortuna y Av. Azcapotzalco hasta el Torco. Su objeto era drenar la mayor parte de Azcapotzalco que entonces descargaba al colector 11 en condiciones sumamente precarias. Su construcción se terminó en el año de 1961.

En ese mismo año, se inició la construcción del interceptor poniente para conducir 25 m³/seg. En los años de 1963 y 1964, fue prolongado ese interceptor por la Secretaría de Recursos Hidráulicos del DDF. La prolongación partía del Vaso de Cristo, formado con la confluencia de los ríos Hondo y Chico de los Remedios hasta el río Cuautitlán, donde su longitud era de 32.2 km., incluyendo túneles formados por conducto semielíptico cerrado de 12 km. de longitud; su capacidad creciente de 30 a 80 m³/seg. para captar los escurrimientos de los ríos de Tlalnepantla, San Javier y Tepotzotlán y los regularizados del vaso de Cristo.

Desde que se construyó esta obra, ha venido funcionando en condiciones satisfactorias. Sin embargo, en la actualidad ya muestra signos de capacidad limitada, debido a los desarrollos urbanos y a la deforestación intensiva. La otra obra significativa se hizo en el río Churubusco, que funciona como estructura auxiliar drenando, por medio de una planta de bombeo en Acuíco de 40 m³ de capacidad, en la parte sur de la ciudad; las otras dos plantas de bombeo en la descarga del colector de Iztapalapa, de 9 m³/seg y la del colector de Ejército de Oriente de la misma capacidad. También construyó para la descarga del río de Los Remedios el puente canal en el km. 9.5 del Gran Canal de Desagüe.

El canal de Miramontes drena en la actualidad el 25% del área urbana del D.F. que había sido motivo de grandes problemas de insalubridad, por ser un canal de aguas negras que cruzaba cada vez zonas más densamente pobladas. En resumen, de 1952 a 1966 las condiciones obligaron a la instalación de 29 plantas de bombeo en diversas zonas de la ciudad para elevar las aguas hasta la altura del gran canal. También se hizo necesario ampliar la red de colectores y atarjeas.

Con todo lo anterior se había logrado un avance en las mejoras del gobierno hidráulico, pero el problema grueso seguía en pie y mientras se trabajaba en obras mencionadas, después de analizar y estudiar varias alternativas, se llegaba a la seria solución definitiva.

El planteamiento era sencillo, como audaz y osada la fórmula para resolverlo: si la metrópoli se estaba hundiendo a cierto ritmo, tenía que construirse un sistema de desagüe lo suficientemente seguro para que, por mas que se hundiera la ciudad, aquel jamás dejara de funcionar.

Bajo el nombre de *Drenaje Profundo*, el plan definitivo de esta gigantesca obra fue aprobado el año de 1967.

1.2 EXPERIENCIA QUE SE TIENE EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES EN MÉXICO.

Uno de los planteamientos para solucionar el problema de las inundaciones de la ciudad de México, era el de construir una obra que solucionara todas las perspectivas que establecía el gobierno. Una de ellas, y la más grande idea, era la del Drenaje Profundo.

En el mes de abril del año de 1967 se iniciaron los trabajos de la construcción. El Departamento del Distrito Federal, a través de su Dirección General de Obras Hidráulicas se hizo cargo de ésta. Algo que es necesario destacar, es la que una porción considerable de la obra rebasa el lindero político del Distrito Federal y se interna en el Estado de México y termina en la jurisdicción del estado de Hidalgo.

Estas obras de alcantarillado de 1967 fueron impulsadas por el jefe del Departamento del Distrito Federal, el Lic. Alfonso Corona del Rosal. A partir del mes de septiembre del mismo año, estas obras implicaron la ampliación de servicios, así como el mejoramiento y la rehabilitación de redes existentes, para evitar inundaciones.

Pero lo más importante fue la iniciación de los trabajos del Sistema de Drenaje Profundo, dada la urgencia de disponer de esta obra vital para garantizar los servicios de alcantarillado del Distrito Federal.

La excavación de un túnel para desalojar las aguas negras y pluviales de la zona urbana de la ciudad de México, se llevó a cabo en un tramo de 68 km. de longitud, a través de los cuales se presentaron los más diversos materiales en cuanto a su origen y a su resistencia; los factores que más influyeron en la construcción del túnel son los geológicos e hidrológicos de los sitios por donde el túnel pasaría, así como sus dimensiones.

EXCAVACIONES PARA LA LUMBRERA.

Los túneles de los que consta el sistema de drenaje profundo de la ciudad de México, se construyeron a partir de los elementos denominados lumbreras, que son pozos circulares excavados desde la superficie, con diámetros entre 6.00 y 9.00 m excavados unos en suelos blandos y otros en rocas.

La excavación de las lumbreras se hizo en profundidades variables de 25 y 225 m; los procedimientos empleados en las lumbreras a lo largo de los interceptores y el emisor central fueron muy variables. La excavación para las lumbreras más difíciles, son las que se presentaron en los suelos de depósitos lacustres que se encuentran en el valle de México.

a) LUMBRERAS EXCAVADAS EN SUELOS BLANDOS.

Por las características de resistencia encontradas en los sondeos de muestreo efectuados, el problema fundamental de la construcción de las lumbreras, era la falla de fondo. Esto motivó los siguientes procesos.

1.- Proceso de construcción por flotación.

Este método consiste en la excavación de un brocal perimetral, en la cual se realizan perforaciones secantes además con bentonita: una vez completo el anillo perimetral con estas perforaciones llenas de bentonita, se procede a excavar el núcleo de la lumbrera, mediante una draga con cucharón de almeja que va extrayendo la arcilla. Al mismo tiempo, la excavación se va llenando con lodos bentoníticos para evitar una falla de fondo. A medida que la lumbrera se profundiza, se aumenta la densidad de los lodos de bentonita para lograr un equilibrio entre las presiones de las paredes y la presión del lodo. Las paredes de la lumbrera fueron previamente excavadas con una máquina de rotación para limitar el pozo de la misma. Una vez excavada la lumbrera, se procede a colar en la superficie una parte de los muros laterales y la losa de piso de la lumbrera, que son ligeramente menores en diámetro que la excavación; el fondo de la lumbrera así colado, se va bajando y se van colando segmentos de muro a medida que esta va bajando en la excavación flotando dentro de los lodos bentoníticos. Llega un momento en que la flotación de la lumbrera es tal, que impide que esta baje; en ese momento se empieza a llenar la lumbrera en el interior con agua, para darle mayor peso y provocar que baje.

2.- Procedimiento de construcción mediante muros colados en situ.

Este proceso es de la siguiente manera. Se cuelan los brocales de la lumbrera en la superficie: los cuales coinciden con los muros de ademe de la propia lumbrera; a partir de estos brocales como guía, se hacen cuatro perforaciones para limitar los tableros de los

muros; una vez efectuada las perforaciones extremas, se procede a excavar un cuadrante de los muros de la lumbrera mediante una draga equipada con almeja guiada, esta perforación se realiza hasta 2.00 ó 3.00 m. más abajo de la profundidad de excavación, para permitir que el azoive se deposite en el fondo y el concreto llene el espacio excavado para los muros hasta el fondo de la lumbrera.

Aunque los muros no son perfectamente circulares, se forma un prisma de 16 lados iguales; al mismo tiempo se van excavando cada uno de estos lados, se van llenando con lodos de bentonita para estabilizar la perforación y evitar el cierre de la misma por falla de las paredes de arcilla; una vez llegada a la profundidad deseada se hace una limpieza general del muro. se introduce la parrilla que forma el armado o refuerzo del concreto y se cuela el cuadrante mediante unas trompas de colado.

En los extremos de cada cuadrante, previamente colados, se introducen unos tubos que limitan el cuadrante, los cuales se van extrayendo a medida que el concreto endurece, para que en ésta forma quede una media caña al extremo del muro. Se procede de idéntica forma en los tres cuadrantes restantes hasta completar la lumbrera. En las juntas de colado se dejan unos tubos de inyección para garantizar un sello perfecto entre los cuadrantes de la lumbrera.

b) LUMBRERAS EXCAVADAS EN ROCAS.

Esta excavación se divide en dos tipos.

- 1.- Lumbreras excavadas en tobas sin necesidad de explosivos.
- 2.- Lumbreras excavadas en rocas con el uso de explosivos.

1.- LUMBRERAS EXCAVADAS EN TOBAS SIN NECESIDAD DE EXPLOSIVOS.

El primer método, como son las rocas consideradas como blandas, se consideran las siguientes actividades.

- 1.- Previamente al inicio de la excavación del núcleo de la lumbrera, se cuela un brocal de hasta 1.50 m de profundidad.
- 2.- La excavación del núcleo de la lumbrera, mediante pistola neumática, rezagando el material con el empleo de una grúa con la superficie.
- 3.- Excavación con máquina hasta cierta profundidad (30.00 m). En este trabajo se emplean retroexcavadores, brazos excavadores o traxcavo de descarga lateral. A partir de esta profundidad, se instala la torre para el manto (elevación) del material en la lumbrera.

4.- Ademado de las paredes de la lumbrera mediante marcos metálicos circulares con retoque de madera, o bien de concreto lanzado de 15 cm de espesor.

5.- Una vez que las lumbreras avanzan en la excavación, es necesario por lo general instalar equipos de bombeo y traspaleos verticales para mantener la excavación en seco.

2.- LUMBRERAS EXCAVADAS EN ROCAS CON EL USO DE EXPLOSIVOS.

La excavación con uso de explosivos se atiende de la siguiente manera. Previo al inicio de la excavación del núcleo de la lumbrera, se excavan y vuelan brocales de concreto de 1.20 m de profundidad, a continuación se efectúa la barrenación del fondo de la lumbrera con avances entre 0.80 m y 3.00 m, previo a la voladura del fondo, sale el personal y se saca el equipo de excavación y rezaga a la superficie. Una vez efectuada la voladura, se procede a colocar el ademe de la lumbrera a base de marcos metálicos o concreto lanzado.

En algunas lumbreras es necesario efectuar tratamientos de inyección para estabilizar el terreno o impermeabilizarlo y poder excavar. El ademe de concreto lanzado en algunas zonas se refuerza con malla electroforjada.

EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES CON ESCUDOS.

EXCAVACIÓN CON ESCUDO.

Un escudo de excavación se puede dividir en tres partes esenciales:

1.- La cachucha frontal, que es el borde de corte del escudo, formada con un placa de acero de carburo de tungsteno en su extremo y en forma de flecha.

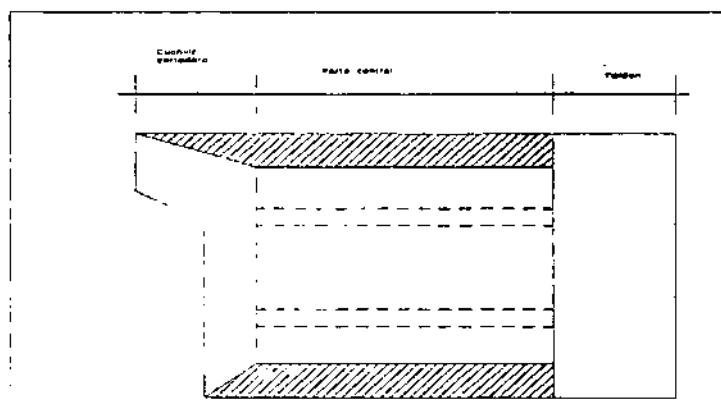


Fig. 1.1 División de un escudo para diseño.

Tal como se muestra en la figura 1.1, esta parte es de ligeramente mayor diámetro que el resto del escudo, de tal manera que proporciona una disminución de la resistencia al deslizamiento entre el escudo y el terreno. Una segunda función de la cachucha, fue proporcionar a los trabajadores que excavan el frente, una protección contra pequeños caídos del terreno en el frente.

2.- La parte intermedia se destinó a alojar los elementos de empuje, tanto de las plataformas delanteras como los gatos para el avance del escudo. También aloja el compartimiento de mando del sistema hidráulico que acciona el escudo, proporcionando un lugar para las maniobras de erección de las dovelas que forman el revestimiento provisional, y finalmente aloja las guías para guiar el escudo mediante un sistema de rayo láser.

3.- El faldón del escudo, fue diseñado para la erección de las dovelas dentro de la coraza de metal.

Durante la excavación con el escudo y a través del proceso de la excavación se tuvo en cuenta de las siguientes actividades.

a) **El empuje de los gatos para el avance del escudo.** Una vez que se rezaga el producto de la excavación y cuando se limpia el frente, se procede a empujar el escudo accionando los gatos hidráulicos, los cuales se apoyan en los anillos de dovelas colocado en el propio faldón del escudo. El avance en cada ciclo es de aproximadamente de 75 cm. Con objeto de tener espacio para la colocación de otro anillo de dovelas.

b) **Bajar la mampara.** Una vez que avanza el escudo la mampara posterior se baja colocando un pequeño tramo de vía, con objeto de que la rezagadora penetrara hasta el

frente de la excavación por el interior del escudo; al mismo tiempo se inyecta gravilla entre las dovelas y el terreno con objeto de lograr el contacto entre el terreno y la dovela, ya que generalmente queda un espacio entre el espesor de la camisa del escudo y la ranura efectuada por el frente de la excavación.

e) **Excavar la ranura perimetral para el siguiente avance del escudo.** Esta excavación se realiza por medio de pistolas neumáticas manuales. La excavación hacia el frente del escudo se hace en forma de punta de flecha de 75 cm de profundidad por 80 cm de ancho aproximadamente. El objeto de esta ranura es la de disminuir la resistencia del terreno a la penetración.

d) **Colocación del anillo de dovelas, que es el revestimiento primario del túnel.** Una vez que se coloca el anillo de dovelas se procede a apretar toda la tornillería que une a cada dovela; a la vez que se aprietan los tornillos se colocan unos puntales metálicos en el anillo que quedaba fuera del faldón del escudo.

e) **Excavación del frente.** La excavación del frente del escudo se efectúa en tres partes iniciando la excavación en la parte superior, mientras se baja la mampara; se continua en el segundo y tercer tercio, al mismo tiempo se inyecta la gravilla, se colocan los puntales y se aprietan los tornillos de las dovelas.

f) **Ademar el frente con madera.** Cuando se termina la excavación de cada una de las tres secciones del frente, este se adema antes de proceder a la excavación de la sección inmediata inferior, troquelando el ademe de madera con los gatos frontales que el escudo lleva en su parte delantera.

g) **Rezaga de la excavación.** Una vez que se baja la mampara, la rezaga entra al escudo y transporta el material hacia las vagonetas las cuales son arrastradas con locomotora hasta la lumbrera.

h) **Subir la mampara.** Terminada la excavación y la rezaga, se sube la mampara iniciando el nuevo ciclo de trabajo, empujando el escudo hacia el frente apoyándolo en el último anillo de dovelas colocado.

i) **Inyección entre las dovelas y el terreno.** Seis metros atrás del faldón del escudo, se procede a efectuar una inyección de contacto entre el revestimiento de dovelas y el terreno, a base de cemento, llenando el espacio que ocupaba parcialmente la inyección de gravilla.

j) **Abatimiento de los niveles piezométricos desde superficie.** Para evitar problemas de arrastre del material hacia la excavación, provocados por el flujo de agua y presiones hidrostáticas, se efectúa un abatimiento de los niveles piezométricos mediante la superficie mediante pozos de bombeo.

EQUIPO.

El equipo cuenta con las siguientes partes.

1.- Equipos hidráulicos. Para que se accionen los mecanismos hidráulicos de los gatos frontales se usó el equipo Elgood, este equipo se encontraba en superficie y el fluido que hacía accionar los gatos, pasaba por mangueras hasta el frente de las excavaciones.

2.- Herramientas para la excavación de frentes. En el caso de los interceptores, normalmente, se excavó el frente del escudo con herramientas manuales, abriendo en esta forma la ranura lateral para que penetrara la coraza del escudo; posteriormente se excavó el corazón del terreno con ayuda de la misma herramienta.

3.- Brazo erector. Para la colocación de las dovelas, el escudo contaba con un brazo erector accionado hidráulicamente el cual podía girar en ambas direcciones y además podía desplazarse del orden de 75 cm sobre el eje del túnel, acercándose o alejándose del escudo; en su extremo este brazo tenía un mecanismo para agarrar las dovelas y colocarlas en su posición correcta.

4.- Gatos de empuje. Los gatos de empuje localizados en el faldón del escudo, son los que proporcionaban el movimiento del mismo, apoyándose sobre el último anillo de dovelas, tienen una carrera de 75 cm y son en total 25.

5.- Gatos frontales. Se emplearon para sostener el ademe de madera, en tanto se colocaba el revestimiento de dovelas y el escudo avanzaba.

6.- Plataformas en el frente. Además de contribuir al ademe del frente, proporcionaron área de trabajo para la excavación del mismo, y para la colocación del ademe de madera.

TÚNELES EXCAVADOS EN ROCAS.

A) TÚNELES DE SECCIÓN COMPLETA.

En este tipo de obras para la excavación a sección completa, se utilizaron perforadoras de muy diversos tipos, desde la plataforma de barrenación consistente en un jumbo, formando un marco cuadrado con dos pisos guiados sobre la vía, en el que se montaban 4 o 6 perforadoras automáticas y una perforadora central semifija, para hacer el barreno central o barreno quemado. Las plataformas de barrenación se movían sobre unas vías o sobre ruedas neumáticas o sobre patines, o sobre la combinación de ellos. Estos jumbos o plataformas avanzaban hacia el frente durante la barrenación del mismo y se retiraban a 150.00 m aproximadamente, al momento de la voladura.

Los barrenos normalmente se perforaba a 1.50 y 3.00 m de longitud, dependiendo del material encontrado en el frente, en el cual la mayoría de los casos consistió en roca ígnea fracturada, con las fracturas rellenas de material arcilloso, variando el espaciamiento de las fracturas.

La barrenación se elaboraba a base de plantillas de barrenación conforme a la calidad de roca y tipo que se excavó, desde plantillas con 80 barrenos hasta plantillas de 120 barrenos, que daban un rendimiento de la perforación en roca poco fracturada de 14.00 m por hora promedio.

VOLADURA DE LA ROCA.

Para la carga de explosivos en los barrenos, se utilizó el procedimiento estándar manual, se limpiaba el barreno con aire comprimido, cuando este no se lograba limpiar del todo, hubo necesidad de emplear los llamados cucharillas introduciendo mangueras o tubería de PVC para impedir que los barrenos se cerraran en esta operación. Se introducía la dinamita en el barreno, mediante el taco de madera. Posteriormente se metían los estopines eléctricos con alambre de 3.05 m de largo. Se eligieron estopines de tiempo de tal forma que se retardara la explosión en varias zonas, empezando generalmente por la zona central o corazón, continuando con la zona de transición alrededor de la primera, y al final la zona de fracturamiento.

La cantidad de explosivos empleados en los diferentes frentes dependía del tipo de material encontrado, con lo cual se puede decir que la cantidad varió desde 0.4 kg/cm³ en los materiales más suaves en donde se trataba de quebrar únicamente el terreno, hasta rocas en donde se llegó a utilizar 1.2 kg, de dinamita por metro cúbico de material excavado.

Los estopines eléctricos se encontraban en corto circuito para evitar cualquier accidente. Antes de proceder a efectuar la voladura del frente, se checaban todos los circuitos que se conectaban en paralelo, verificando que todas las puntas quedaran activadas.

VENTILACIÓN.

La ventilación se puede realizar en tres procesos.

1.- Inyección de aire fresco al frente del túnel durante las operaciones de barrenación y rezaga. Extracción de aire durante las operaciones de carga y voladura, esto era posible invirtiendo el sentido de los ventiladores.

2.- Extracción durante todo el tiempo desde el interior del túnel hacia la superficie.

3.- Inyección de aire desde la superficie hasta el frente de la excavación durante todo el tiempo.

La capacidad de los ventiladores que se emplearon en los túneles, fue de promedio de 38.000 ft³/min.

REZAGA.

La rezaga se extrae del túnel fundamentalmente en tres operaciones.

1.- Carga del material en el frente posterior de la voladura.

2.- Transporte del material al frente de la lumbrera.

3.- Manteo o elevación del material del fondo de la lumbrera hacia la superficie.

La carga del material en el frente de excavación se efectuó principalmente por cargadores con cucharón de descarga lateral, de una capacidad de unos 2 m³ aproximadamente. La vía se colocaba del lado izquierdo del túnel de tal forma que el cargador circulaba en la parte derecha del mismo.

ADEMADO.

Una vez efectuado la excavación y retirada la rezaga, se efectuaba el ademado del frente con la colocación de marcos metálicos y retaque de madera, o bien de concreto lanzado. El objeto de este ademe, es garantizar la estabilidad del túnel entre el momento de la excavación y el colado del revestimiento definitivo.

Para completar el ciclo de la excavación se volvía el equipo y la gente al frente para iniciar una nueva etapa de barrenación y por lo tanto un nuevo ciclo de avance.

B) EXCAVACIÓN A MEDIA SECCIÓN.

Cuando en el terreno se tenían las características de un posible desprendimiento, se efectuaba la excavación a media sección, abriendo inicialmente la primera sección superior del túnel, haciendo un banco de material y colocando el ademe provisional de marcos metálicos en esta sección, y posteriormente unos 10.00 m atrás se excavaba la mitad inferior del túnel por el mismo procedimiento señalado.

Una vez que se colocaron los marcos superiores, se excava o se banqueaba el material de la sección superior y al mismo tiempo se tronaba y se rezagaba una parte de la sección inferior. La rastra además de servir de apoyo a los marcos en la media sección superior de la excavación, se utilizaba como una trabe para soportarlos al momento de excavar la media sección inferior.

Esta trabe quedaba apoyada en el terreno de la media sección superior y en el otro extremo en los últimos marcos completos del túnel. En algunas zonas cuando el material cargaba sobre los marcos de la media sección superior se unían estos mediante una sección longitudinal y perfiles de canal en diagonal, formando una armadura que fuera capaz de soportar la carga que transmiten los marcos de la media sección superior.

C) TÚNEL PILOTO.

Una variante de la excavación a media sección, constituyó la excavación con túnel piloto. Este procedimiento tuvo por objeto en la mayoría de los casos, determinar con anticipación las aportaciones de agua en las formaciones en las que el túnel atravesaba, y en segundo lugar, observar el tipo de terreno al cual la excavación completa iba a enfrentarse.

En realidad, la construcción del drenaje profundo es una muestra de las obras de ingeniería, en materia de construcción de túneles para drenaje, más representativa que se han construido en nuestro país, en el México contemporáneo.

1.3 HISTORIA DE LA UTILIZACIÓN DE ESCUDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES EN MÉXICO.

ANTECEDENTES.

Las obras subterráneas han sido uno de los recursos de mayor relevancia para la humanidad. Desde épocas remotas, los seres humanos efectúan excavaciones subterráneas para refugiarse en ellas cuando se presentaban fenómenos naturales y en algunos casos utilizados como muscos y resguardo de pinturas rupestres.

A través del tiempo y debido a sus necesidades que se van presentando, el hombre se ha visto obligado a efectuar excavaciones subterráneas de mayor longitud y de diámetro; por ejemplo, para la extracción de valiosos metales de las minas, sistemas de agua potable y desalojo de aguas negras, que en la actualidad el crecimiento poblacional que se tiene en algunas localidades, es desmedido, razón por la cual, los organismos gubernamentales han trazado de utilizar nuevas tecnologías que ayuden a resolver la problemática, que prevalece en el ámbito del desalojo de aguas negras y pluviales del valle de México y algunas otras poblaciones.

Algunas de las técnicas que se han empleado últimamente y dados los espacios reducidos con los que se disponen para laborar, la mejor solución para desalojar el agua, es a base de túneles, y por este medio se desalojan la mayor parte de las aguas negras y pluviales que se producen en el valle de México.

Debido a las características del suelo del valle de México, que es de alta compresibilidad y gran contenido de agua que fluctúa entre el 300% y el 550%, de baja resistencia (24 ton/m^2), y con un peso volumétrico promedio de 1.20 ton/m^3 ¹¹, el realizar excavaciones a ciertas profundidades, resulta de alto riesgo; sin embargo la perforación de túneles se ha podido realizar a través de equipos sofisticados como son los llamados

¹¹ Estudio de mecánica de suelos, Lumbera N° 8 Eduardo Molina, Consultoría Integral de Ingeniería, Ing. Eduardo Viquez U.

escudos de frente abierto y aire comprimido, sistema que fue desplazado por el sistema de frente cerrado y lodo a presión, diseñado para realizar excavaciones en suelos blandos típicos del valle de México.

Las ventajas que representa el utilizar estos equipos son las siguientes:

Seguridad. Ofrece al personal mayor seguridad y eficiencia en el desarrollo de los trabajos fuera del frente del escudo de excavación.

Eficiencia. El complicado sistema de que está provisto el escudo, hace que tenga mayor eficiencia al lado del método tradicional.

Rapidez. Esta herramienta cuenta con un sistema que acelera la excavación.

Economía. Utilizar esta herramienta como excavación de túneles y de acuerdo a los rendimientos que se obtienen, supera en gran parte los teóricos y con ello una mejor economía.

En la ciudad de México se han utilizado los métodos de escudo de excavación para la construcción de túneles para drenaje. Los más importantes que se han empleado en la construcción de drenaje, son los que se utilizaron en la construcción de drenaje profundo de la ciudad de México. Estos métodos son:

- * ESCUDO DE FRENTE ABIERTO Y AIRE COMPRIMIDO.
- * ESCUDO DE FRENTE CERRADO Y LODOS A PRESION.

De forma sintetizada, estos métodos cuentan con las siguientes características.

ESCUDO DE FRENTE ABIERTO Y AIRE COMPRIMIDO.¹²

Los escudos utilizados son de 6.24 m de diámetro exterior y 6.37 de longitud, accionados mediante 26 gatos de empuje y 150 ton de capacidad cada uno, una carrera de 0.90 m y para el ademado del frente de excavación se tiene 17 gatos frontales de igual carrera y con una capacidad de 120 ton cada uno. El revestimiento primario utilizado esta compuesto a base de anillos de dovelas de concreto armado de 0.25 m de espesor y 0.75 m de ancho, el cual se forma mediante el armado de 7 piezas (4 normales, 2 tangenciales y una cuña) formando un diámetro interior de 5.56 m.

Las actividades principales que se llevaron a cabo en la excavación del túnel mediante el empleo del escudo de frente abierto y frente cerrado fueron:

¹² Construcción de túneles. Juan Manuel Anguiano Lozada. Trabajos en lumbre Nº 8, p 7.

1. Instalación de una planta de emergencia con capacidad necesaria para no parar las actividades de excavación.
2. Instalación de compresores de alta y baja presión para el suministro de aire al frente de excavación y el mantenimiento de la presión del túnel.
3. Instalación del servicio médico para realizar los exámenes al personal, con aptitudes para trabajo bajo ambiente hiperbárico.
4. Instalación de un sistema de enfriamiento de aire, para que este, al ser suministrado al centro de trabajo sea agradable al trabajador.
5. Instalación de una sub-estación eléctrica con la capacidad adecuada para el funcionamiento de todo el equipo eléctrico, alumbrado del túnel, superficies etc.
6. Instalación de mampara de concreto en el tiro de la lumbrera, así como mamparas metálicas: este conjunto limitará la zona de ambiente presurizado del normal.
7. Colocación de esclusas verticales para el acceso del personal, maquinaria, equipo, materiales y extracción del material producto de la excavación.
8. Instalación de talleres tales como eléctrico, mecánico, carpintería y soldadura.
9. Instalación de oficinas de obra.
10. Instalación de la torre de manto para la extracción del material producto de la excavación, así como el suministro de materiales al frente de la excavación. Esta torre de manto se instala una vez cambiado el sistema de esclusas verticales por esclusas horizontales.

TRABAJOS EN TIRO DE LA LUMBRERA.

1. Construcción de cama o cuna para recibir el escudo de frente abierto.
2. Construcción del muro de atraque para facilitar el empuje del escudo.

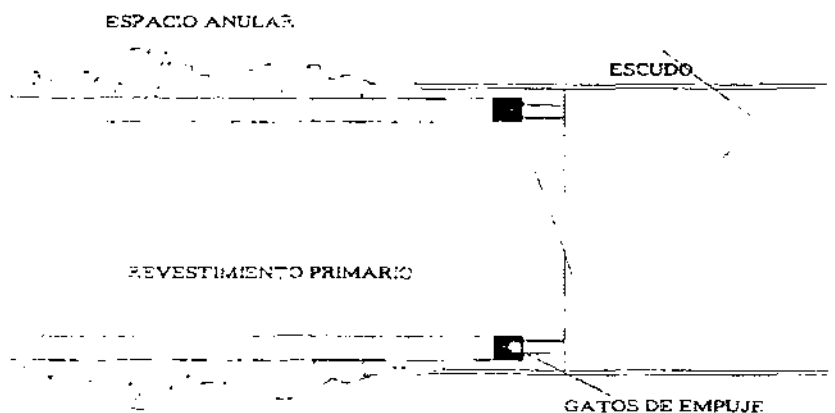


Figura 1.2 Esquema general de un escudo de excavación.

3. Inyección de lechada en forma de aureolas (cemento, arena sílica, bentonita y agua) en toda la zona por donde saldrá el escudo, con la finalidad de crear una zona estable.
4. Instalación de tuberías para el suministro de aire, sistema hidráulico del escudo, agua, sistema eléctrico, etc..
5. Instalación del sistema de esclusas en tiro de la lumbrera.
6. Colocación de lastre a base de arena sobre mampara de concreto.

Con las instalaciones terminadas para iniciar la excavación del túnel, el proceso es de la siguiente manera:

Se procede a efectuar la presurización (lumbrera) y se inicia la etapa de demolición del muro de la lumbrera. A medida que la demolición aumenta, se instalan los anillos de atraque, los cuales sirven como apoyo para empujar el escudo mediante los gatos, llamados de empuje. Este proceso se realiza hasta que el escudo se introduce al terreno natural, previa colocación del revestimiento primario.

El diámetro interior del revestimiento primario es de 5.56 m. Conforme los anillos se van instalando en el faldón del escudo y este avanza, los anillos salen del escudo, procediendo de inmediato a efectuar la inyección del relleno entre el terreno natural y los anillos de dovelas. Esta inyección se compuso de una mezcla de bentonita, arena sílica.

cemento y agua, a fin de llenar el espacio anular de 0.07 m dejado por el faldón del escudo, como se observa en la figura anterior.

METODO DE ESCUDO DE FRENTE CERRADO Y LODOS A PRESIÓN.

Las características principales de este método que se utilizó en la construcción del sistema de drenaje profundo son las siguientes:

1. Longitud del escudo 7.30 m.
 2. Diámetro exterior 6.24 m.
 3. Peso del escudo 240 ton.
 4. Gatos de empuje (24 piezas) 120 ton de capacidad cada uno.
 5. Motores eléctricos 8 de 30/20 kw.
 6. Carrera de los gatos de empuje de 1.15 m.
 7. Anillo erector.
 8. Cabeza cortadora de disco metálico de 6.12 m de diámetro.
 9. Gato de transmisión de 360 ton de capacidad.
 10. Cámara de mezclado, cuenta con 24 paletas licuadoras.
 11. Tren de equipo que consta de:
 - a) Cabina del operador.
 - b) Unidad de potencia hidráulica.
 - c) Unidad neumática.
 - d) Sistema de válvulas.
 - e) Cabina de equipo eléctrico.
 - f) Cabina de TC/TM
 - g) Bomba de descarga de lodos.
 - h) Transformador de corriente eléctrica.
 - i) Tubería telescópica.
 12. Caseta de control.
 13. Bombas auxiliares para traspaleo de lodo producto de la excavación.
- A continuación se enlistan las instalaciones necesarias para efectuar los trabajos.

- Sub estación eléctrica.
- Planta de emergencia.
- Patio de dovelas y sistema de manto.
- Compresor.
- Cisterna para agua tratada.
- Planta de tratamiento y sistema de circulación de lodos.
- Tuberías en superficie.

En la siguiente figura se muestran los aspectos generales del escudo.

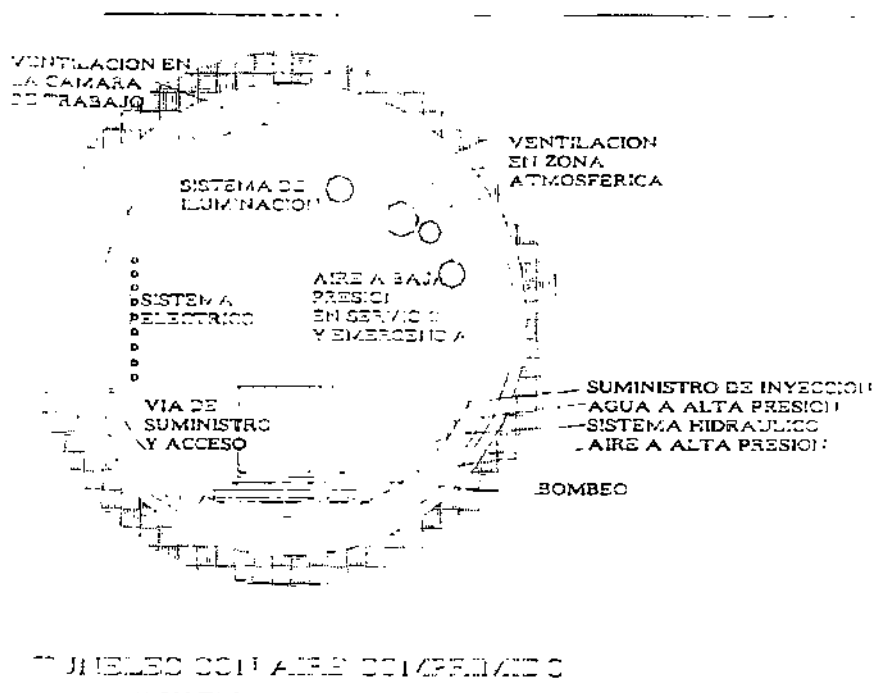


Figura 1.3 Corte que muestra las instalaciones generales de túneles con aire comprimido.

PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE CON OTRO SISTEMAS.

Después de tres años de que el ingeniero Antonio Torres realizó en el proyecto de excavaciones sin zanjas e hincados de tuberías, la compañía Contratista de Baja California S.A de C.V. le fue otorgado un contrato para llevar a cabo la demostración de un proyecto a la administración pública de México concerniente al desalojo de agua con la dependencia de CEAS (Comisión Estatal de Agua y Saneamiento) del estado de México, en el Valle de Chaleo. Antonio Torres Director de la compañía mencionada se reunió con equipos Akkerman para solicitar asistencia y equipos en el proyecto de muestra.

Maynard Akkerman y Antonio Torres se conocieron en la Conexpo de 1993 para discutir el uso y las opciones de los túneles e hincado de tuberías en algunos proyectos de México. El propósito era conseguir un proyecto actualmente en construcción para demostrar que los túneles e hincado de tuberías podrían ser más ventajosos que los métodos tradicionales.

Después de muchas investigaciones, se determinó que este procedimiento podría ser el más apropiado. La parte de este proyecto construido con zanjas abiertas, ha sido obstaculizado por la lenta producción y por la falta de control de calidad. El primer paso fue excavar 30.00 metros de longitud y colocar una tubería de 96" de diámetro, por debajo de la vía del ferrocarril usando el equipo de hincado de tuberías Serie 5000 de Akkerman.

El valle de Chalco es una zona que se localiza en el sur-este de la Ciudad de México. La profundidad del nivel de agua freática es de 30 cm. El terreno en su mayor parte es de un barro poroso y arenoso (arena limosa).

La profundidad del túnel fue de unos 5.50 metros debajo de los activos rieles del ferrocarril. El proceso de hincado no detuvo sus actividades por el paso del ferrocarril en su horario de actividad.

Las tuberías fueron empujadas con el sistema Akkerman Serie 5000 y la excavación se realizó con un tipo de retroexcavador, y el frente de la excavación se protegió con compuertas que se cierran automáticamente. Esta combinación fue aprobada por el director de construcción de CEAS, al cual hizo el siguiente comentario: esta es la única manera de que CEAS pueda cumplir con las expectativas del Gobierno Estatal y los residentes.

La demostración del proyecto se tomó dos días y durante el primer día solo se pudieron hincar 8.00 metros de tubería. Durante el segundo día, se lograron hincar 19.00 metros.

Después de que se llevó a cabo el empuje final, todo el equipo obrero pudo introducirse en la tubería y el Director de Construcción Jesús Ortiz Gutiérrez, hizo un comentario: "con esta producción podemos terminar el proyecto en menos tiempo de lo esperado". El Director de CEAS Rodolfo Martínez Muñoz dijo, "esto es asombroso, por primera vez podemos caminar por las tuberías del proyecto de Chalco".

Después de que el empuje final fue completado y el equipo de trabajadores estaban dentro de la tubería, un movimiento telúrico interrumpió la celebración. Se revisaron las tuberías para cerciorarse que no estuvieran dañadas. Se verificó que efectivamente las tuberías no tenían daños, y esto pudo determinar, que las excavaciones de tuberías de desagüe, deberían ser sin zanjas.

Estos sistemas de hincado hidromecánico de tuberías se han estado manejando en Estados Unidos con gran aceptación. Como ejemplo de muestra de estos equipos, en el municipio de Xalostoc, del estado de México, se lleva a cabo el hincado de tubería por este sistema.

Esta tubería se está instalando en la Avenida Central (termina ahí donde desemboca en el bordo de Xochiaca y nace en la avenida centenario de ese municipio. La tubería que se está instalando es de diámetro interior de 2.44 m y de diámetro exterior de 2.99 m. la producción de esta tubería es de aproximadamente 14 tubos diarios, en dos turnos de 12 horas. Esto nos da una longitud de 34.6 mil de tubería hincada en condiciones normales de trabajo.

La tecnología de excavación sin zanjas, es un sistema que se inició en los Estados Unidos de Norte América. Estos sistemas constan de la colocación e hincado de tubería sin la necesidad de excavar para introducirlas. En el país del norte, esta tecnología ha estado a la vanguardia en la construcción de túneles, desde diámetros pequeños hasta diámetros muy significativos, en la mayor parte de ese país.

Como por ejemplo, podemos citar algunos lugares en donde se ha presentado la oportunidad de trabajar con este sistema con resultados satisfactorios.

En la ciudad de Springfield Illinois, se otorgó un contrato para llevar a cabo un proyecto de excavación sin zanjas comúnmente denominado "Sistema De Hincado Hidromecánico De Tuberías" para hincar tubería de 144" de diámetro interior. Esta tubería hincada en este lugar, pesaba aproximadamente 18.5 toneladas. Con este proceso de obra se tuvo que utilizar maquinaria capaz de hacer maniobras, para poder mover y colocar la tubería en la fosa de maniobras conocida como lumbrera.

El proyecto de la ciudad de Springfield, fue el resultado directo de dos estudios que ayudaron a la determinación de utilizar el **Sistema De Hincado Hidromecánico De Tuberías De Akkerman**. Uno de ellos fue un estudio estructural de la existencia del drenaje, el cual fue construido en la época de 1880, de donde se determinaba que la mejor manera de trabajar con el drenaje era el de sustituirlo para su mejor funcionamiento.

Otra razón para que se construyera este drenaje con este sistema, es que en esta ciudad, llueve mucho, aproximadamente unos 1800 pies cúbicos por segundo, esto es que entre más pronto la obra se terminara, menores problemas se presentarían. Y los equipos de Akkerman cumplían con esta garantía, la de terminación anticipada de los trabajos.

La tubería que se utilizó en para esta obra es de 144" de diámetro interior y de 12" de pared, la tubería resiste 6500 psi a la compresión para este diseño.

A lo largo de la ruta del túnel, fueron instaladas cinco estaciones intermedias de hincado, durante el cual tres fueron utilizadas durante la operación, donde esto dignifica que no se necesitó de mayor fuerza que la indicada.

De acuerdo con Akkerman, cada segmento tiene 5 pistones. Todas las estaciones fueron provistas de aceite por un grupo de líneas de la fuente de poder y operadas desde una consola de control. La máquina de escudo de Akkerman introduce la tubería por un proceso

a través del suelo. El modelo de escudo que se utilizó en el proceso de esta obra, fue el EX 168 y fue equipado con desarenador para atrapar todo el material perdido y el excavador se permitía rotar horizontalmente entre el área de excavación.

El operador de la consola de control controlaba todas las operaciones directamente. La banda ajustable, modelo CD 2422, transportaba el material o rezaga, a el sistema de acarreo modelo 1448, compuesto por una unidad de acarreo (de potencia eléctrica con un paquete de batería intercambiable, y con una capacidad de reacción de 800 fpm), que lleva el material hasta la fosa de maniobras o lumbrera. Una vez que el material ha sido sacado hacia la zona de maniobras, la tolva es izada por una grúa, el cual deposita el material sobre la superficie. Una vez que realiza esta actividad vuelve a introducir la tolva en la unidad de acarreo y realizar el mismo proceso iterante.

De hecho, para operar propiamente de estos equipos y para un buen alineamiento del túnel se utiliza un láser. Para iniciar el trabajo del hincado de 167 m el equipo de trabajo de la compañía constructora Siciliano Inc. Tubo primero que excavar y perforar las placas de acero para introducir el escudo en el terreno. Este trabajo requirió aproximadamente de tres semanas de intensa labor y cerca de 70 m³ de concreto como plantilla de trabajo.

Para que el equipo de empuje se apoye correctamente se pone un muerto de concreto capas de resistir las fuerzas provocadas por el empuje de la tubería. Una vez que la placa de concreto a sido colada los trabajadores proceden a instalar el sistema de hincado. El equipo que se instaló fue un sistema telescópico de cilindros múltiples (6 cilindros de 200 toneladas de empuje y de 3.35 m de largo).

La fuente de poder que se utilizo para este equipo fue el modelo 200-100E (unidad eléctrica de 440 Volts, 60 Hz, características altas y bajas de los sistemas de presión; tiene dos motores de 100 HP de poder de las bombas que suministran aceite a presión a el túnel para el escudo excavador y la banda transportadora y otro motor de 100 HP de la fuente que suministra aceite a presión a los cilindros de las estaciones intermedias de hincado.

El contrato que originalmente se acabaría en un plazo nominalmente de 1 año, se puede realizar en un periodo de 6 meses y desde luego bajando los costos de construcción con este sistema.

Como ya se ha mencionado, el buen funcionamiento de este sistema, en buena parte, se debe al estudio de la mecánica de suelos para determinar las capacidades de los suelos y resistencias al corte.

La tecnología de la excavación sin zanjas ha avanzado de manera trascendente y ha llegado a más partes de la Unión Americana.

En la ciudad de Bainbridge del estado del Sur de Georgia la compañía especialista en la construcción de túneles L.M. Bradshaw adquirió un equipo para la construcción de un

túnel de 72" de diámetro que se terminó de manera exitosa. Con este proyecto que llegó a su construcción, se tuvo en mente que la destrucción que se pueda generar es la mínima y que no perjudica de manera significativa a los residentes.

En la ciudad de Nebraska en Estados Unidos se hincaron 128 pies de tubería de 72" de diámetro interior con el sistema Serie 5000 de akkerman. La producción de hincado al inicio de esta tubería fue de 32 m en tan solo 17 horas de trabajo continuo. Pero el mejor rango de producción que se tuvo en esa obra fue de 25 metros en tan solo 12 horas. El personal que trabajó en la obra, fue especializado, preparado por expertos y trabaja continuamente en la obra hasta que se termina el proceso.

Otra obra que se tuvo conocimiento fue en la ciudad de Washington D.C. donde se hincó tubería de 72" de diámetro interior donde se tuvo una satisfacción en la construcción de este drenaje. El equipo que se utilizó fue el de la Serie 5000 y tan solo se utilizó el 60% de su capacidad debido a la poca resistencia del suelo al corte.

De la misma forma en la ciudad de San Diego se hincaron 1100 ml de tubería de 128" de diámetro interior. Este trabajo tuvo la fortuna de terminarse dentro de el tiempo planeado que fue de abril 29 a agosto 7 de 1993. La instalación de este equipo tuvo una duración de 3 días.

La producción que se tuvo en este trabajo fue de 12 m en 10 horas y por lo que fue, el sistema no provocó problemas de tránsito ni inconvenientes con la población.

LA CIUDAD DE EVANSTON, CHICAGO EN 1995

La tecnología de la excavación sin zanjas ha llegado a mas partes de los estado unidos, que ha impactado de tal manera en donde el departamento de obras publicas de esa ciudad en Illinois, decidió llevar a cabo en diciembre de 1995, un trabajo de túneleo en un suburbio de Chicago.

Este es un trabajo de aproximadamente de 70 millones de dólares, y se ha dividido en fases para su trabajo en diversas etapas. Estos proyectos no se elaboran por si solos, es un conjunto de actividades en las que diversas empresas tienen su parte proporcional.

Este sistema fue diseñado para controlar las aguas provenientes de la precipitación pluvial y de los derrames de la ciudad y los suburbios. La parte del contrato denominada 4-A, incluía 1108 ml de tubería hincada, construido con tubería de concreto reforzado de 72" de diámetro interior.

Esta fase de proyecto fue dividida en dos frentes de ataque aproximadamente de 600 m y 500 m, dos fosos de hincado de 7.50x4.30 m de planta de trabajo, el cual estaban situados cerca de las calles donde el proyecto de construcción, necesitaba maniobrabilidad.

donde fue instalado por Shea, responsable técnico de la empresa constructora. El director de la empresa Robert Magna, comentó sobre las fosas de trabajo que estaban construidas con vigas de acero y cortinas de acero vertical como si fuera un entrenamiento militar y cortinas de acero vertical. La compañía constructora L. Keef mejoró la calidad de los trabajos utilizando el sistema de hincado hidromecánico de tubería de Akkerman. En esa obra fue utilizado un escudo excavador modelo 720C de compuertas cerradas, debido a las condiciones del suelo, y un sistema de hincado serie SP-400 de 400 toneladas de empuje.

Una banda transportadora de residuos sólidos de 18" fue colocada para retirar toda la rezaga, producto de la excavación del escudo, transportado por un carro de 4.0 m³ de capacidad. Se necesitó poner estaciones intermedias de hincado para el óptimo funcionamiento del equipo y así poder hincar más tramo de tubería de 72" de diámetro interior. En este proyecto se utilizó tubería RCP, clase 5 de tubo de hincado, según norma americana.

La geología del suelo consistía en arcillas ligeras con poca capacidad a la compresión. Esta era de 0.25 ton/ft³, así mismo el contenido de agua era de 26 al 30%, el señor Magna comentaba que la disposición de los materiales no podría permitir derrames.

Las compuertas cerradas del escudo excavador permiten controlar los efectos del terreno bajo el nivel de agua freática en el frente. Varias veces las compuertas fueron cerradas debido al problema de los derrumbes de tierra en el interior del túnel debido a lo suave del terreno y la poca resistencia del mismo.

Una vez que se llegó a tope con la pared de la otra lumbrera con el escudo excavador, perforaron con equipo especial la tablaestaca para poder permitir el paso del escudo, llegando con precisión a la lumbrera especificada.

Para cada frente de excavación se requirió de un programa de lubricación del terreno. Para el primer frente de excavación se requirieron alrededor de 20,000 galones de bentonita inyectada. Se reportaba que en la primera fase de hincado, la presión suministrada fue de 6,500 psi (cerca del 80% de la capacidad de lo que tiene el equipo), y al cual la segunda fase de hincado necesitó alrededor de 3,200 psi. Así mismo la segunda fase de hincado necesitó de mucho menos bentonita esto significa que se conservó la presión de empuje manejable del terreno.

La bentonita jugó un papel importante para el hincado de la tubería, de la misma forma se entendió que la bentonita proporcionó la estabilidad del terreno excavado.

Las estaciones intermedias de hincado de la misma forma fueron un gran suceso dentro del hincado. Dentro de la primera fase de 600 ml. fueron usadas cuatro estaciones intermedias de hincado y en la segunda fase, solo se usaron tres. Estas estaciones intermedias de hincado proporcionaron un empuje de 350 toneladas al sistema; de esta forma las estaciones intermedias de hincado pudieron ser operadas junto con el sistema de hincado o independientemente.

Esta tecnología de excavación sin zanjas para tubería para drenaje ha tenido una utilización mayor en el hincado hidromecánico de tubería por su fácil desarrollo. Es un sistema limpio y seguro.

Como características particulares de los adelantos tecnológicos está el de optimizar los recursos para su mejor aprovechamiento y así poder resolver las demandas de la población y satisfacer los bienes comunitarios.

CAPÍTULO 2

SISTEMA AKKERMAN.

2.1 SISTEMA AKKERMAN

Akkerman es un fabricante de equipos de excavación propios para el hincado de tubería de concreto o de acero según normas americanas y estándares mexicanos, tanto como europeos.

Estos equipos son de uso pesado y están disponibles para diámetros de tuberías desde 12" hasta 144" o de fabricación especial. Su uso no solo es de construcción de vías de drenaje o de introducción de líneas de agua potable, también su función es la de hincar tubería de acero para la conducción de combustibles y su tiempo de realización o ejecución de las obras se reduce significativamente.

Anteriormente las excavaciones para tuberías de concreto y acero se hacían a cielo abierto, esto es que, las excavaciones se llevaban a cabo extrayendo el material (todo el material se tenía que retirar de la obra puesto que ya no se puede reutilizar, a menos que sea seleccionado o sirva como material de compactación) y sustituyéndolo por material sano de compactación. Esto desde luego tiene un costo, y por este motivo las obras de drenaje y diversos, resultan costosas por los movimientos de tierras.

El sistema Akkerman consiste en la construcción de líneas de drenaje u otras sin la necesidad de hacer excavaciones que involucren el hacer un movimiento de tierras mayor al necesario. El hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman permite la construcción de líneas de drenaje, excavando el material solo para ser sustituido por la tubería.

Analicemos el contenido de el concepto de la excavación sin zanjas de Akkerman.

Suponemos que se realiza una línea de drenaje que tiene una profundidad de 5.00 m. Se necesita, por el método tradicional, realizar la excavación a cielo abierto ejecutando la excavación total como se indica en la figura de la página siguiente. Esto nos dice que se necesita sacar material excavado y retirarlo de la zona de obra, hacer maniobras para el hincado de la tubería, posteriormente el retiro del material sobrante producto de la excavación. Por último, rellenar el área con material sano de compactación. Los taludes

del material excavado no son verticales, esto manifiesta que el material se incrementa por lo inclinado del corte.

Con el sistema de Akkerman solo se excava el terreno que se necesita, esto es el volumen del tubo que se va a colocar (hincar), es el que se retira y se introduce el tubo. A medida que se va avanzando en el proceso, se realiza la misma operación repetidamente, hasta que se termine el proceso de hincado de la tubería.

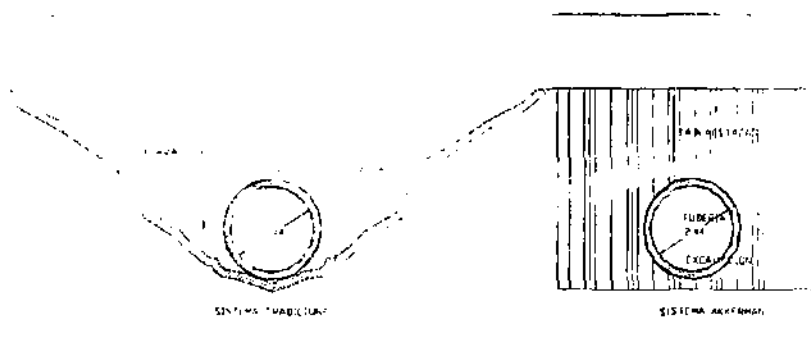


Fig. 2.1 Tipos de excavación que se realizan para el hincado de tubería según sistema tradicional y sistema Akkerman. Nótese que la excavación en el sistema tradicional es de mucho mayor volumen, que la de un sistema Akkerman donde solo se excava la parte donde se introducirá la tubería.

En la construcción de drenajes de las ciudades en ocasiones no se contempla, utilizar un sistema nuevo, dado que no se conoce, no se sabe cual sería su alcance total y por tal motivo, se prefiere utilizar los sistemas que se conocen, aunque estos representen una gran desventaja, hablando en todos sus aspectos.

El hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman ofrece esa modalidad de realizar los trabajos en el menor tiempo posible, con el ahorro de ciertos insumos, y algo importante, el ahorro en el aspecto económico. Por esto, en México se ha adoptado el poder trabajar con este sistema en algunas líneas de tuberías con algunos resultados positivos.

Los adelantos de la tecnología están en función de la mejoría de todas las sociedades y este sistema los aporta, puesto que ofrece la reducción de tiempos de ejecución, por consecuencia, la reducción de los costos de construcción, y esto representa una gran ventaja para cualquier empresa, institución o dependencia gubernamental. Al reducir los costos de todo tipo y al introducir tecnología que representa seguridad, las empresas se vuelven más competitivas y representan un mercado más seguro dentro de la actividad de la industria de la construcción.

El año de 1992 fue de una intensa actividad para manifestar la presencia de los productos de esta industria a nivel mundial. La industria de Akkerman fue representada en numerosas exposiciones de comercio a través de los Estados Unidos incluyendo NUCA en Orlando Florida, la CO EXPO en la Vegas y la RETC en Boston Massachusetts.

Recientemente, en el año de 1995, se asistió una conferencia en América del Norte llamada Non-Dig (sin excavar), donde se reconocieron los logros en los sistemas de excavación sin zanjas. La conferencia estuvo soportada por la NASTT el cual es un organismo afiliado a la Sociedad Internacional de la Tecnología de Excavación Sin Zanjas, donde se propuso una promoción a este tipo de excavaciones.

Los dispositivos de las consolas de control de los sistemas de excavación, fueron mostrados en esa conferencia con grandes adelantos. Los sistemas de microtúnel son solamente fabricados dentro de los Estados Unidos y son bien recibidos por todos quienes observan los productos en las exhibiciones.

El primer proyecto piloto fue programado para julio de 1995. Se construyó y entregó, soportado por la industria de Akkerman, el primer sistema de microtúnel.

Con este método de excavación sin zanjas se pretende que el sistema represente una gran seguridad para llevar a cabo cualquier tipo de excavación, previendo las características principales de proyecto, tomando en cuenta todos los datos necesarios, características del terreno, tipo y clase de tuberías a utilizar, y programar de forma correcta los trabajos de construcción.

2.2 SISTEMAS DE HINCADO.

El hincado hidromecánico de tuberías es un método de instalación de tubería conductora o tubo de ademe sin excavación de zanjas a cielo abierto. Este método es de excavación sin zanjas que consiste en empujar dicha tubería/tubo a través del terreno mientras se excava y se retira el material a medida que la tubería avanza. El hincado hidromecánico de tuberías se ha vuelto un método sofisticado de "una sola pasada" que es económico y que no perturba.

Al seleccionar un sistema de hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman existen muchos factores que se deben de tomar en cuenta como por ejemplo, el tipo y tamaño de la tubería a utilizar, diámetro y longitud, condiciones de suelo, longitud de empuje, restricciones del foso o lumbrera de trabajo.

Los sistemas Akkerman para hincado hidromecánico de tuberías están diseñados para brindar rendimiento, confiabilidad y versatilidad óptimos.

Akkerman ofrece tres sistemas generales para el hincado hidromecánico de tuberías.

- SERIE 5000
- SERIE SP 400
- CILINDROS MÚLTIPLES

Si bien es cierto que los sistemas de Akkerman para hincado hidromecánico de tuberías se pueden usar de manera efectiva conjuntamente con otras marcas de equipo, ellos han demostrado ser mas productivos al utilizarse con cabezales de perforación y sistemas de acarreo de Akkerman.

Es posible utilizar las estaciones intermedias de hincado con cualquier sistema de hincado hidromecánico de tuberías y además, son altamente recomendables en muchas situaciones.

A continuación se describirán los sistemas de hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman.

I.- SISTEMA DE HINCADO HIDROMECÁNICO DE TUBERÍA AKKERMAN SERIE 5000

El sistema de Akkerman serie 5000 es único en el sentido de que los cilindros principales de hincado y la fuente de alimentación eléctrica del sistema hidromecánico están alojados en la unidad de bombeo.

Es un sistema muy versátil que se adapta fácilmente a cualquier tubería para hincado hidromecánico (tubería de concreto reforzado, ademe de acero, compuesto, etc..) en cualquier longitud y en una amplia gama de tamaños.

El sistema tiene una unidad de bombeo y esta a su vez tiene dos sistemas hidromecánicos distintos operados por motores eléctricos. Un sistema de alta presión suministra aceite para los dos cilindros principales de hincado de 400 toneladas de empuje y todas las estaciones intermedias de hincado.

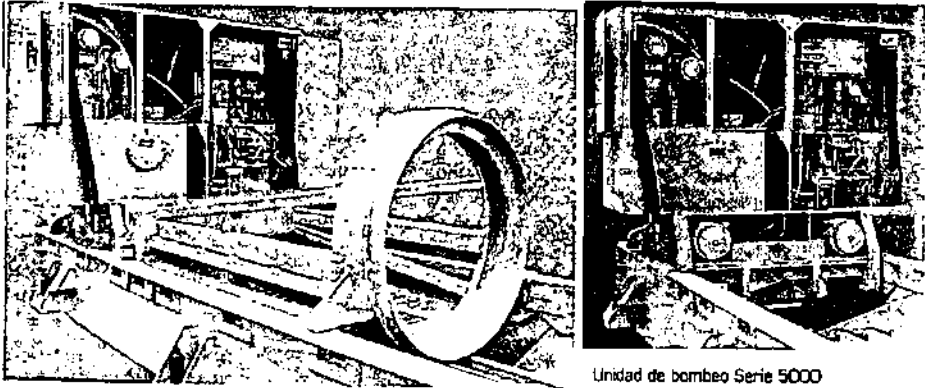
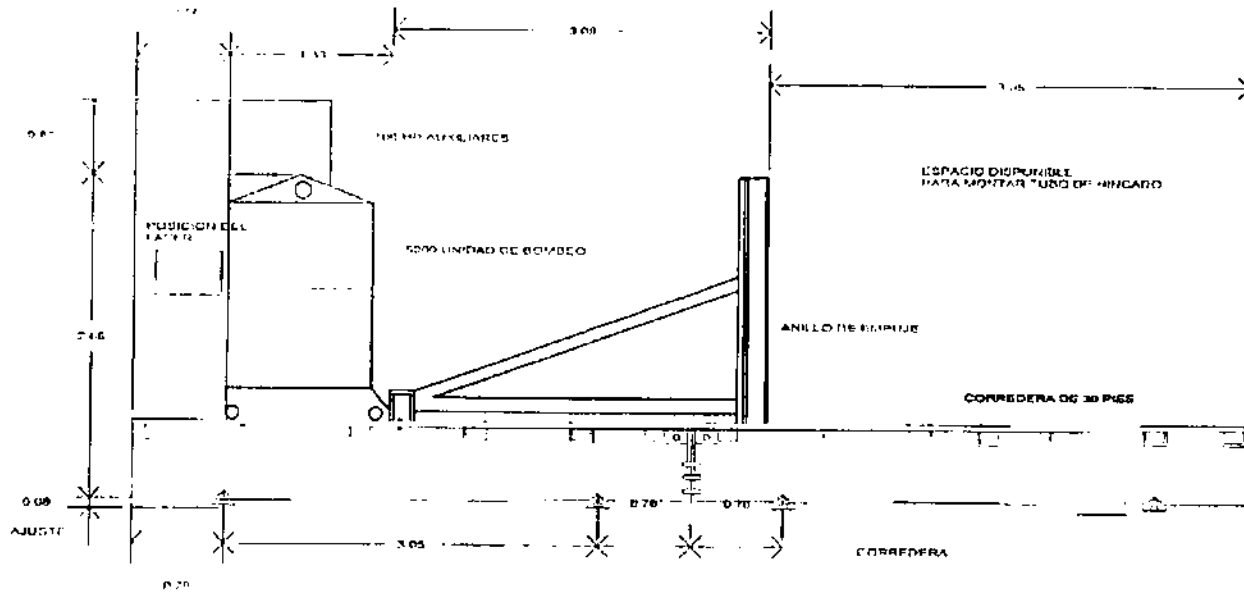


Fig 2.1 Unidad de bombeo SERIE 5000

Un sistema de baja presión suministra aceite, por medio de líneas hidráulicas, para el cabezal de perforación [MPF] y al transportador. Se puede instalar fácilmente una fuente de alimentación auxiliar de electricidad para duplicar el flujo hidráulico de baja presión. Es posible que esto sea necesario para cabezales de perforación más grandes y de mayor potencia.

SISTEMA DE HINCADO HIDROMECHANICO SERIE 5000

Fig. 2.2 Sistema serie 5000



El sistema cuenta con una culata que es el marco contra el que los cilindros principales empujan para hacer avanzar el cabezal de perforación y la tubería. El anillo o jake de hincado proporciona una superficie de 360° contra la tubería a fin de minimizar la presión puntual y reducir la posibilidad de una falla o fractura en la tubería a hincar.

Todo el equipo se coloca sobre una corredera o base sobre patines. Esta es la base donde la unidad de bombeo y la culata o marco. También actúa como guía para lanzar el cabezal de perforación y la tubería dentro del terreno.

Todos los sistemas de Akkerman cuentan con las mismas partes elementales de trabajo como son:

- La fuente de poder.
- Sistema de empuje.
- Escudo excavador.
- Corredera.
- Estaciones intermedias de hincado.

2.- SISTEMA DE HINCADO HIDROMECÁNICO DE TUBERÍAS DE AKKERMAN SERIE SP 400.

El sistema SP 400 se diseñó especialmente para el hincado hidromecánico en áreas profundas o confinadas donde los fosos de hincado de dimensiones menores son altamente ventajosos.

La operación de hincado hidromecánico del sistema SP 400 es similar a la de la serie 5000. Posee también 400 toneladas de empuje y la misma flexibilidad para ahincar varios tipos y longitudes de tubería.

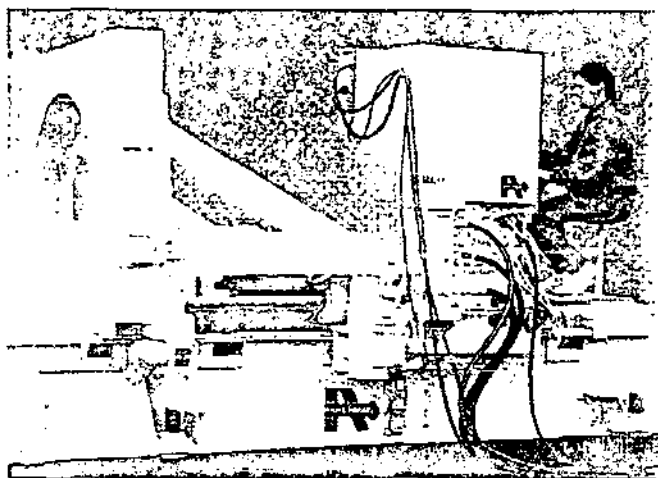


Fig. 2.3 Sistema de hincado hidromecánico SP 400.

Sin embargo, el SP 400 tiene un marco de hincado y una fuente de alimentación de electricidad separados. Este diseño permite una configuración en el foso más corto y permite el uso de la serie X de las tolvas de acarreo, más largas y de mayor capacidad.

Tiene una base sobre patines donde se deposita el sistema completo como lo forman el anillo de empuje, escudo excavador y el sistema de rieles por donde corre la unidad de acarreo. Esta base al igual que la de el sistema serie 5000, se ajusta sobre la plantilla para dar la pendiente que se pide de proyecto: esto es mediante gatos mecánicos para el caso de que la plantilla no sea lo suficientemente uniforme.

Las estaciones intermedias de hincado también pueden utilizarse en este sistema tomando en consideración la cantidad de tubería a hincar y las condiciones del terreno.

En todos los sistemas de Akkerman se utiliza un sistema de ventilación dentro del túnel para que el operador no sufra de gases propios del terreno y se inyecta la cantidad de aire que requiera. La unidad de inyección de aire se coloca fuera del túnel y del foso de operaciones para que no interrumpa las acciones de trabajo.

Cuenta también con un sistema de inyección de bentonita. El sistema de inyección de bentonita se localiza en la parte superior del foso y sirve para inyectar un lubricante y que el hincado de la tubería no se vea forzado por la fricción que presenta el terreno.

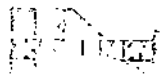
3.- SISTEMA DE HINCADO HIDROMECAÁNICO DE TUBERÍAS DE AKKERMÁN SERIE CILINDROS MÚLTIPLES.

También llamado sistema telescópico o de etapa simple. Este sistema de cilindros múltiples para hincado hidromecánico es práctico para tuberías de 42 pulgadas (1066.80 mm) de diámetro interior o de mayor diámetro. Sin embargo, la mayor ventaja es la capacidad para incrementar el empuje de hincado hidromecánico para tuberías de mayor diámetro.

El número de cilindros y el empuje total en el sistema dependen principalmente del tamaño y del diseño de la tubería.

Un sistema básico consiste de los cilindros, placas de montaje trasero, anillo de empuje, base sobre patines o corredera, fuente de alimentación de electricidad y tablero de control. El sistema lo completan la fuente de poder, generador de energía, bomba de inyección de bentonita, bomba de ventilación de aire y el sistema de acarreo.

Las opciones incluyen cilindros telescópicos o de una sola etapa, con longitudes de recorrido de 9 pies (2.74 m) a 12.5 pies (3.81 m). Para la extracción del material se utiliza un sistema de acarreo que varía en la capacidad de carga 3 m³ a los 4 m³.



SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA AKKERMAN DE CILINDROS TELESCOPICOS.

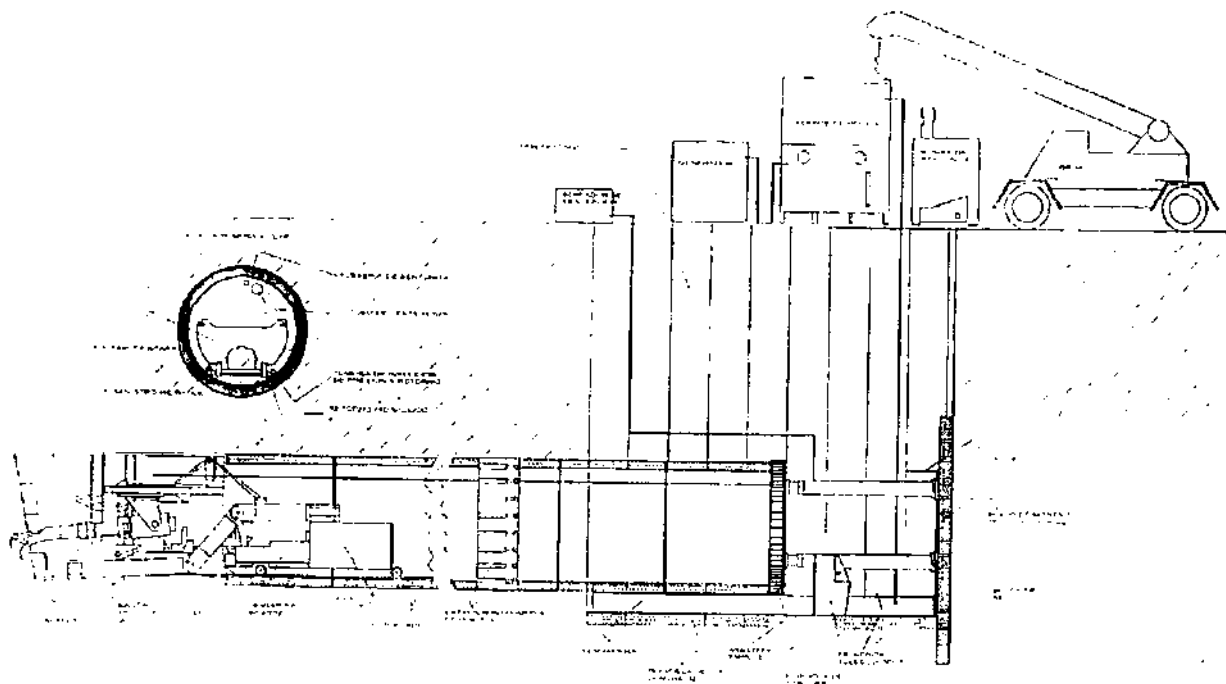


Fig. 2.4 Sistema cilindros telescópicos

La fuente de poder se encuentra ubicada en la parte superior de los trabajos para no entorpecer los trabajos en el foso de operaciones y se vigila con una consola de control que se encuentra ubicada en la parte interior del foso. Desde esta consola de control se aplican las presiones necesarias que requieren cada uno de los sistemas involucrados.

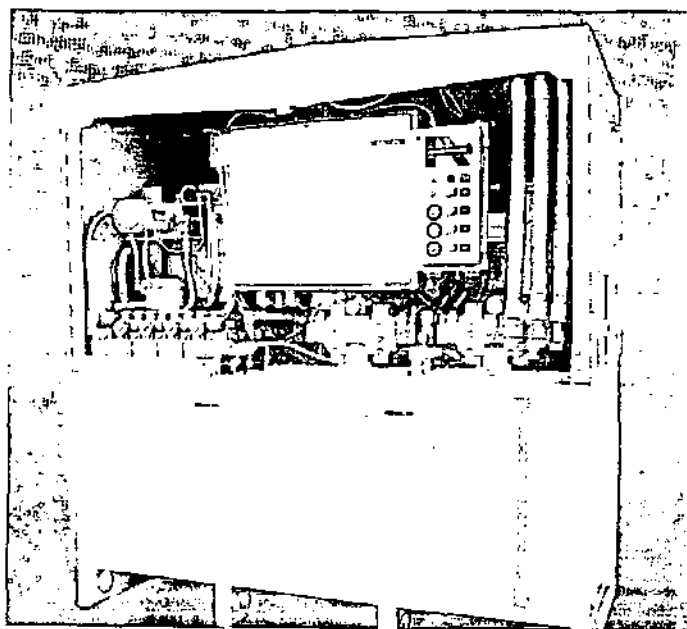


Fig. 2.5 Fuente de poder del sistema de hincado cilindros telescópicos.

Desde la consola de control se aplica la presión que necesita el escudo excavador, la banda transportadora y el sistema de empuje de los cilindros. Para mayor seguridad, la presión se chequea en la fuente de poder que se aplica a cada sistema, ya que por cansancio posible del operador de la consola aplique mayor presión o que el terreno presente mayor resistencia al hincado de la tubería.

Este sistema cuenta con una fuente de poder que genera toda la fuerza hidráulica necesaria para el hincado de la tubería. La fuente de poder consta de tres motores eléctricos de 100 HP de 1775 r.p.m. cada uno que opera una bomba hidráulica a la que corresponde cada uno

El primer motor opera los cilindros y las estaciones intermedias de hincado, a la cual se le suministra una cantidad de 68 galones por minuto y es el motor que más alta presión recibe. Los cilindros y las estaciones intermedias de hincado tienen la función de desplazar o empujar la

FUENTE DE PODER MOD
21200FOO
200-100E

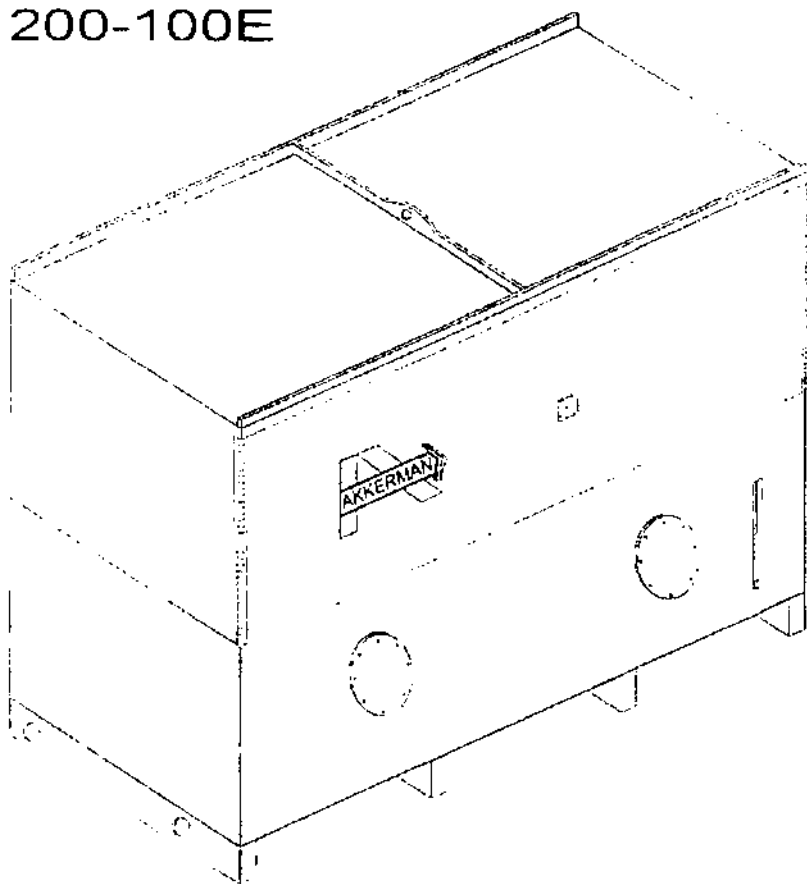


Fig. 2.6 Fuente de poder del sistema cilindros telescópicos

tubería a través del terreno excavado. A medida que el terreno se excava, las estaciones intermedias y los cilindros telescópicos empujan la tubería y se repite la misma operación cuantas veces los requiera la longitud de la tubería a hincar.

Las estaciones intermedias tienen la función, como se ha mencionado, de empujar la tubería a través del terreno cuando se revisa la lectura en los manómetros y se observa que la presión aumenta en el manómetro de los cilindros.

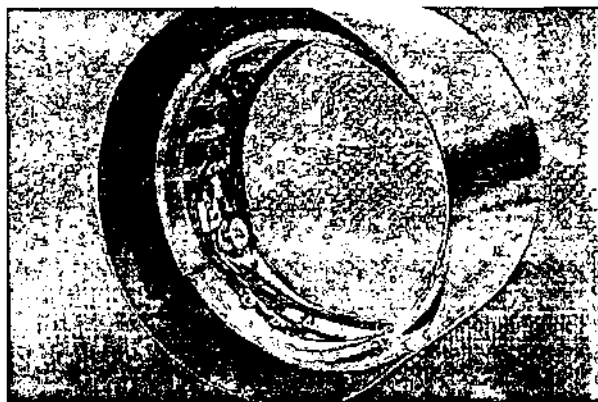


Fig. 2.7 Estaciones intermedias de hincado.

El segundo motor de la fuente de poder opera el excavador el cual tiene un suministro de 30 galones por minuto de aceite y realiza las operaciones de giro del excavador, extensión del mismo y lo desplaza sobre su barra de montaje para hacer maniobras de articulación del excavador.

El tercer motor opera la banda transportadora accionada por cadena y la dirección del escudo. La dirección del escudo es el trayecto que debe de seguir la tubería hincada; esto es, cuando el escudo tenga un declive contra su posición de pendiente de proyecto. Si la pendiente de proyecto es de 0.02 % y el escudo la presenta mayor o menor, la dirección se puede corregir mediante unos gatos hidráulicos que tiene el escudo en su parte superior.

La fuente de poder tiene estas tres descargas hidráulicas que se conectan a la consola de control que regula la presión de inyección a cada elemento.

La fuente de poder tiene las siguientes características y cuidados que se mencionan a continuación.

ALGUNOS PROCEDIMIENTOS DE CUIDADO DE LA FUENTE DE PODER.

- 1.- Instalar la válvula hidráulica en posición de apagado antes de poner a trabajar el motor.
- 2.- Operar la unidad con todas las protecciones y trabajar en un lugar seguro.
- 3.- Regular y escuchar las protecciones de seguridad que deben ser puestas en operación todas las veces durante el trabajo de la máquina.
- 4.- Cuidar todas las partes del cuerpo y objetos extraños que entren en contacto con el manejo de la unidad durante su operación.
- 5.- Apagar todos los motores antes de hacer reparaciones o ajustes.

MANTENIMIENTOS Y LUBRICACIÓN DE LA FUENTE DE PODER.

- DEL NIVEL HIDRÁULICO.

- 1.- Checar el nivel hidráulico diariamente.
- 2.- En condiciones de climas fríos, drenar el aceite caliente de la unidad.
- 3.- Reponer los filtros del cárter de aceite cuando se indique.

**LA FUENTE DE PODER CUENTA CON LAS SIGUIENTES
ESPECIFICACIONES Y DATOS DE TALLER.**

1.- DIMENSIONES EXTERIORES.

- a.- Largo: 120 cm (94 pulgadas).
- b.- Ancho: 110 cm (52 pulgadas).
- c.- Alto: 270 cm(106 pulgadas).

2.- MOTORES.

- a.- Tres motores de 100 HP (76.4 kilo wats)
- b.- 460 Volts. 60 Hertz, 1750 r.p.m. de tres fases.
- c.- Carga total de amperes.
- d.- Amperes del rotor: 119 Amp.

3.- CONDUCTOR DE PODER.

Se requiere de tres cables para alimentar el sistema.

Tamaño: 1/0

Conductores: 4

Tipo: W

4.- CAPACIDADES DE LA BOMBA.

Suministro al escudo excavador:	2 bombas y una auxiliar al escudo.
Bomba N°1:	28 gpm a 2800 psi.
Bomba N°2:	32 gpm a 2800 psi.
Total de fluido por suministro:	60 gpm a 2800 psi.
Cambio de calor: (2)	17 gpm a 150 psi.

Los motores 1 y 2 son de 100 HP.

Los sistemas de hincado y suministro auxiliar.

Suministro al sistema de hincado:	25 gpm a 5000 psi.
Suministro al sistema de hincado:	13.50 gpm a 9000 psi.
Suministro auxiliar:	12.50 gpm a 3000 psi.
Cambiador de calor:	17.00 gpm a 150 psi.

El motor N° 3 es de 100 HP.

5.- CAPACIDAD DE RESERVA.

2271 litros (700 galones).

6.- PESO DE LA FUENTE DE PODER.

76804 kg. (15.000 pounds).

RECOMENDACIONES.

Como todos los equipos de cualquier fabricación están delimitados por el uso adecuado, teniendo cuidado al usar todos los componentes. Por esta razón se recomienda consultar el manual del operador/propietario para obtener mejores resultados.

Aunque son equipos de uso rudo o pesado, se debe procurar tener todos los cuidados necesarios para mantener en buen estado la máquina y que no se expongan a que sufran algún desperfecto por el mal manejo o por no estar en un lugar adecuado.

SISTEMA DE EMPUJE DE LA SERIE CILINDROS TELESCÓPICOS.

El sistema de empuje es de los elementos principales que actúan en el sistema cilindros telescópicos. El sistema de empuje consta de las siguientes partes.

- I. Corredera.
- II. Cilindros telescópicos.
- III. Anillo de empuje o joko.
- IV. Platos de apoyo en bloque de reacción.
- V. Consola de control.

I.- La corredera es de acero llega a medir, dependiendo del sistema de hincado, hasta unos diez metros de longitud. Para el sistema de hincado de cilindros telescópicos utilizado en las obras de Xalostoc en el estado de México la corredera tenía una longitud de 7.5 metros. Todas las correderas se ajustan al sistema de hincado deseado.

II.- Los cilindros telescópicos son los elementos que empujan la tubería propiamente a través del túnel en su fase inicial localizada en la lumbrera. Están compuestos de un material de acero inoxidable. Los cilindros telescópicos reciben la misma presión proveniente de la consola de control. No se llega a presentar que la presión que recibe cada cilindro telescópico sea diferente, puesto que el equipo suministra la misma

cantidad de presión a cada uno de ellos. El sistema de mangueras que alimenta a cada cilindro no permite pérdidas de presión y que cada elemento tenga un empuje diferente.

Estos cilindros constan de tres etapas el cual se pueden extender hasta 6.45 metros y retraídos tienen una longitud de unos 3.12 m. De esta forma el espacio para trabajar y poder hacer maniobras para colocar otro tubo entre anillo de empuje y el último tubo hincado es de 2.75 m. espacio necesario para desarrollar esta actividad, como se muestra en la figura 3.2.

III.- El anillo de empuje o jake es el elemento que proporciona un contacto uniforme entre el tubo a hincar y los cilindros telescópicos. Este elemento es de material de acero y no se deforma durante su uso.

IV.- Platos de apoyo en el bloque de reacción. Como su nombre lo indica están colocados a espaldas del anillo de empuje junto a la pared de la lumbrera. Estos elementos también se nivelan de acuerdo a la colocación de la corredera tomando en cuenta la colocación del anillo de empuje. Son de placa de acero estructural capaces de soportar los esfuerzos producto del empuje.

V.- Consola de control. La consola de control es un equipo que regula el funcionamiento del sistema de empuje. Este máquina normalmente se encuentra ubicada en la lumbrera. lugar donde se llevan a cabo todas las actividades de trabajo y solo se sitúa en ese lugar en un sistema de cilindros telescópicos. Todas las presiones que se inyectan al sistema. llegan a la consola de control y de ahí se regulan a los diversos sistemas como lo son. el excavador, al escudo, banda transportadora y estaciones intermedias de hincado.

Todo el sistema de empuje consta de los siguientes partes que se representan en la siguiente tabla:

N°	Cantidad	Nombre
1	1	Corredera base.
2	1	Anillo de empuje
3	4	Cilindro hidráulico.
4	1	Plato de montaje.
5	8	Soporte de cilindros.
6	4	Manguera de alta presión de 30".
7	4	Manguera de baja presión de 30".
8	3	Mecedora.
9	3	Acoplador.

Fig 2.8 Tabla que muestra las piezas que componen un sistema de empuje de cilindros telescópicos que se muestran en las figuras 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13.

SISTEMA DE HINCADO AKKERMAN SERIE CILINDROS TELESCOPICOS.

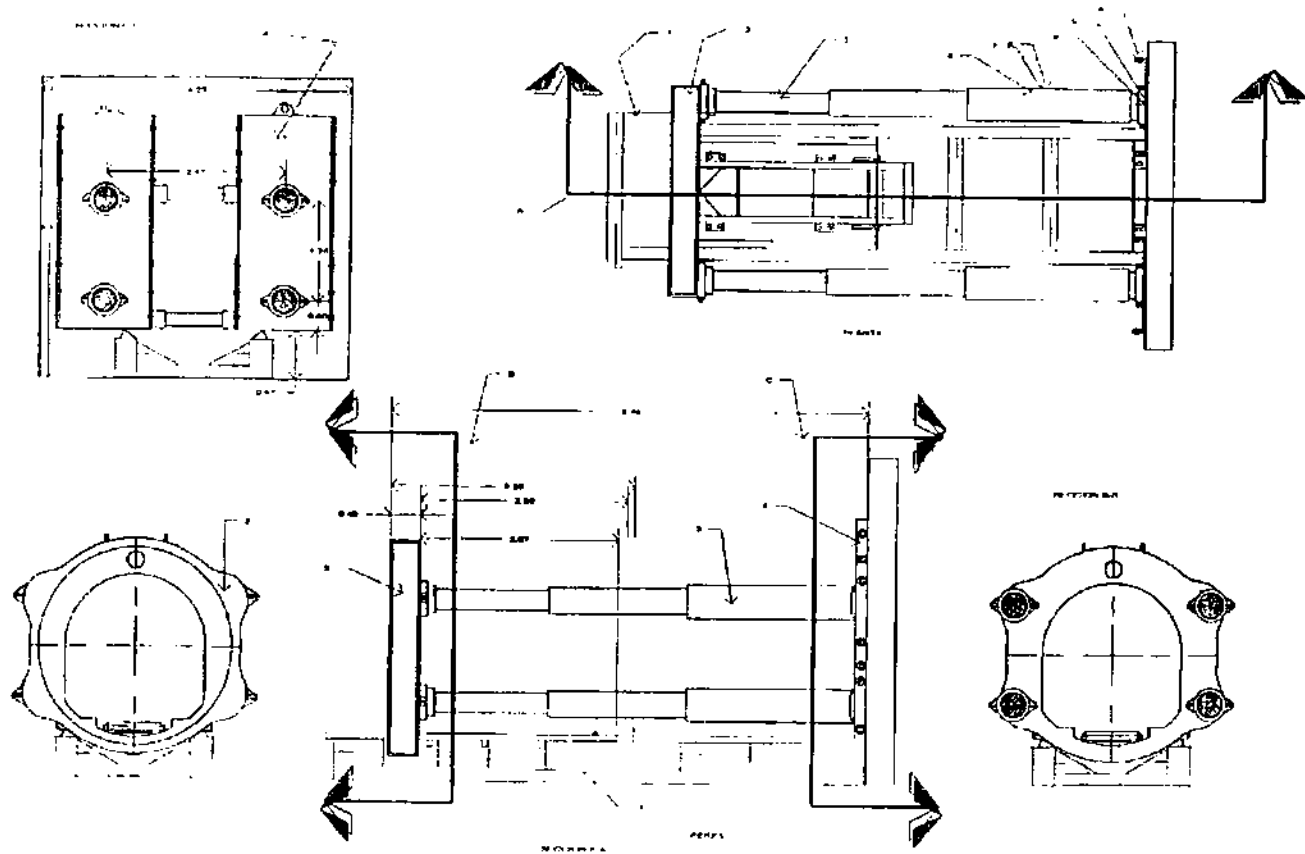
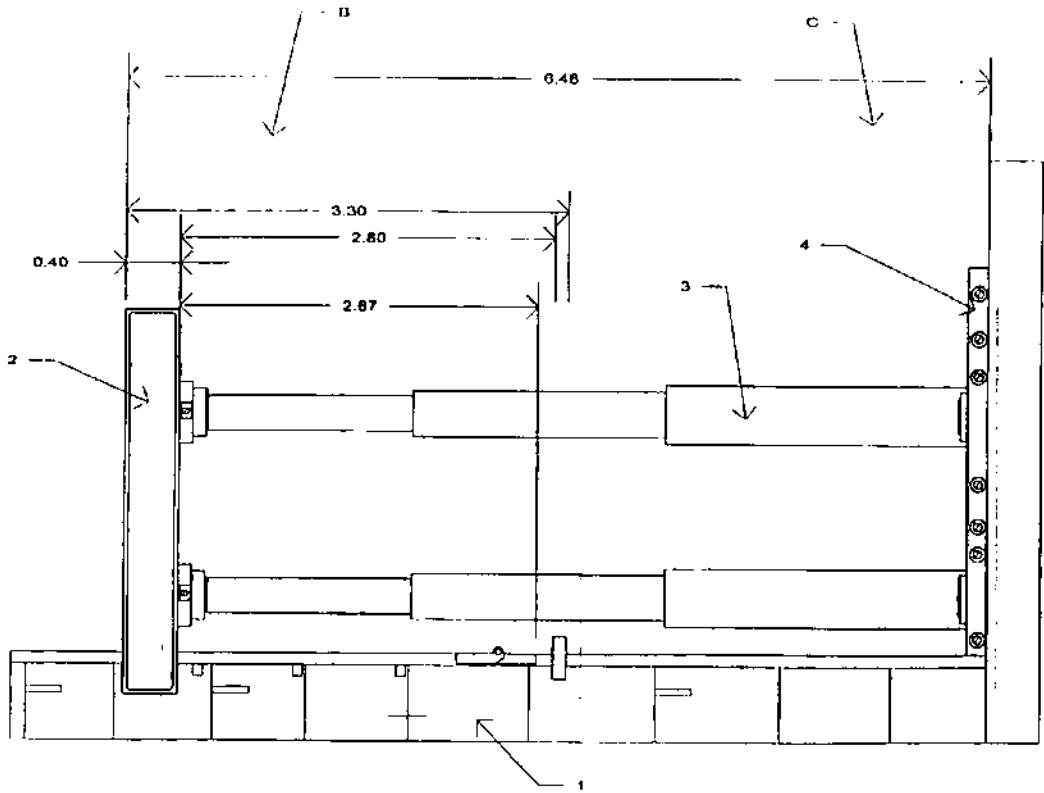


Fig. 2.9 Sistema Akkerman partes principales del equipo.



SECCION A-A

PERFIL

Fig. 2 10 Vista de perfil del sistema de empuje Akkerman

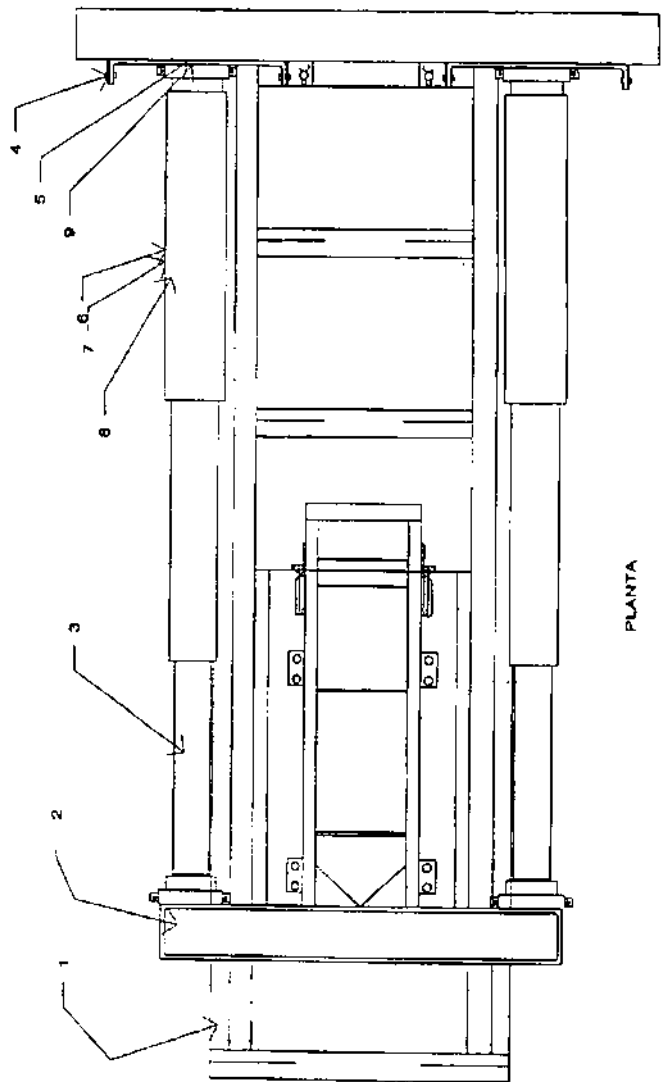


Fig. 2.11

Vista de planta del sistema Akkerman de empuje de cilindros telescópicos

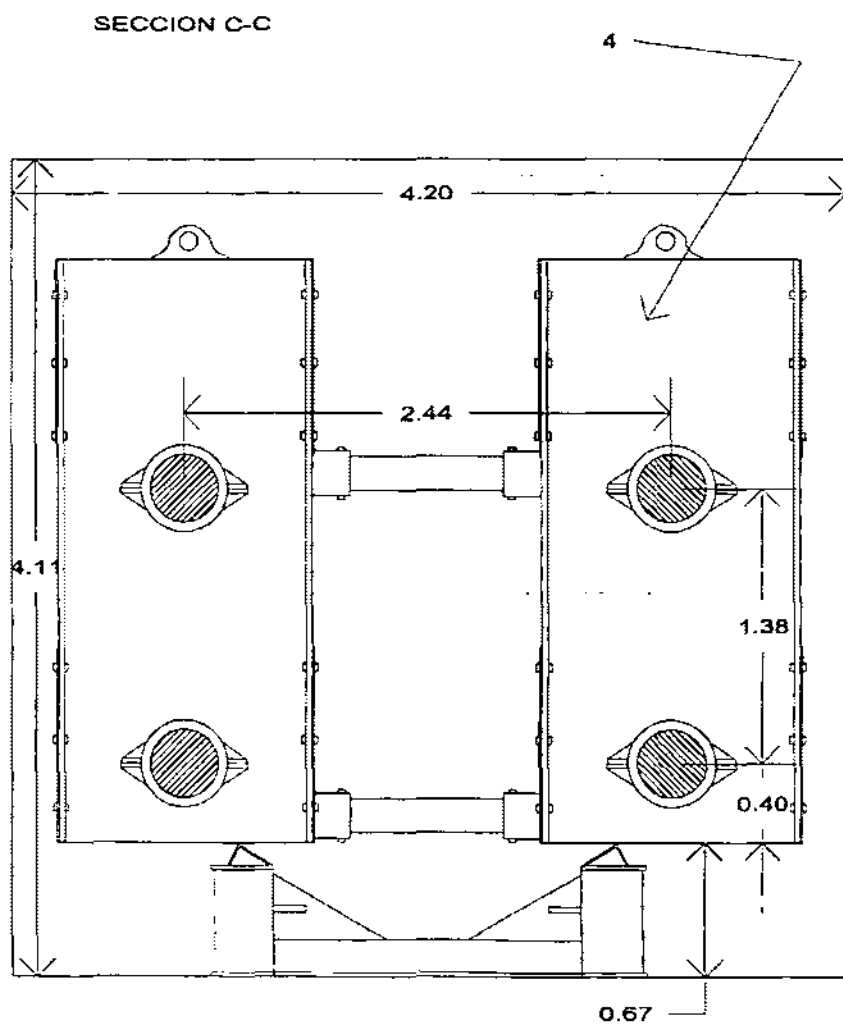


Fig. 2.12 Vista frontal del sistema Akkerman. (platos de empuje).

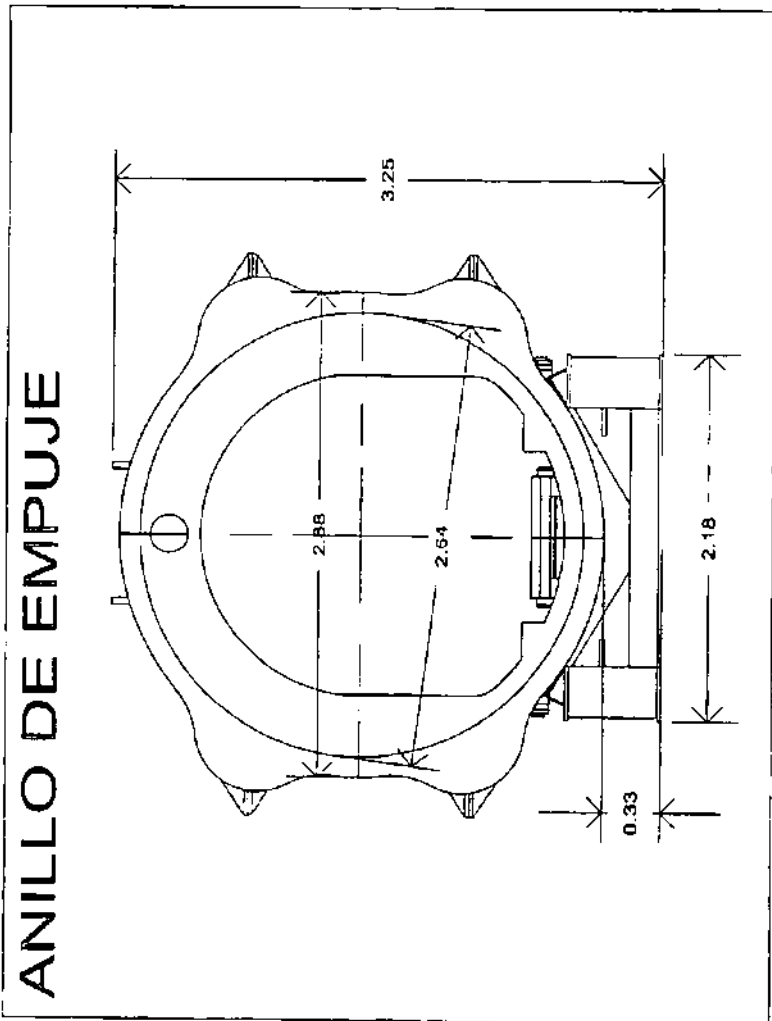


Fig. 2.13 Anillo de empuje del sistema Akkerman.

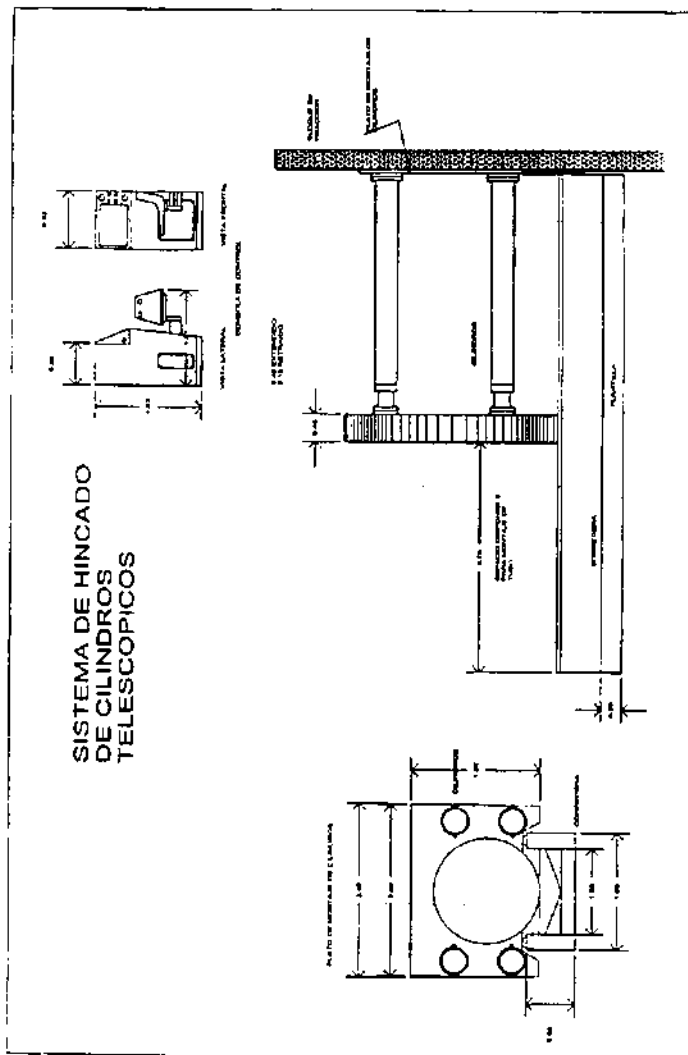


Fig. 2 14 Sistema de hincado cilindros telescópicos. (consola de control).

SISTEMA MICROTUNNELING.

Microtunneling es un sistema de tecnología de excavación sin zanjas.

Este sistema es generalmente definido como un hincado de tubería a control remoto. Es extremadamente exacto, guiado por un haz luminoso (láser) para la instalación de tuberías en diversas variedades de suelos.

Los empujes son balanceados en sistemas de Microtunneling que son proporcionados al anillo de hincado (joke). Esto hace que sea un sistema eficiente en trabajos bajo los niveles de agua freática o en suelos sólidos secos sin la necesidad de ser humedecidos. La operación básica de un sistema de Microtunneling consiste en los siguiente:

Una máquina de Microtunneling pilotea el curso y excava el terreno. Simultáneamente el material es transportado a el escudo, mezclado con el sólido y bombeado a la superficie para su separación. Tal como un hincado convencional, los cilindros hidráulicos son usados para hacer avanzar la tubería dentro del túnel.

Los sistemas de Microtunneling de Akkerman, están disponibles para tuberías de 24" (600mm) a 90" (2300mm). De diámetro exterior.

En estos sistemas de Microtunneling se ha incorporado la última tecnología en diseños para brindar la más avanzada industria. Los sistemas de Microtunneling de Akkerman tienen muchas características únicas de diseño para seguridad, fácil de usar y una alta actuación en condiciones de trabajo extremas.

Los sistemas de Microtunneling de Akkerman se dividen en sub sistemas integrados que son :

- SISTEMAS DE CONTROL E INFORMACIÓN.
- SISTEMAS DE RETORNO.
- SISTEMAS DE ESCUDOS DE EXCAVACIÓN.
- SISTEMAS DE HINCADO DE TUBERÍA.

SISTEMAS DE CONTROL E INFORMACIÓN.

Para guiar una exitosa ejecución, el operador debe de tener datos exactos y confiables de una máquina de control. Akkerman tiene los sistemas de información avanzados y sistemas de control disponibles. Los mejores componentes se han alojado en los contenedores de control, tal como lo son las consolas de control, centros de distribución, transformadores, medidores de fluido y paquetes de poder hidráulico, están todos estratégicamente ubicados para una fácil realización por el operador.

El contenedor o cabina de operaciones estándar incluye las características siguientes :

- ⇒ Clima controlado en el área del operador.
- ⇒ Encuentra todos los códigos eléctricos americanos.
- ⇒ Acceso planeado y área de conexión para todos los cables de control, hidráulicos y líneas de inyección.
- ⇒ Tamaños universales de los escudos Akkerman.
- ⇒ Operador separado del área mecánica.

La consola de control, es el corazón del sistema. Algunas de las metas primarias en el diseño de las máquinas de Akkerman fueron ser, seguras, fáciles de usar, mantener y dar al operador toda la información pertinente para lograr una fabricación de la línea de tubería con precisión.

Una pantalla de operación primaria contiene todos los datos críticos de los sistemas de control tales como :

- ⇒ Monitoreo del sistema de guía
- ⇒ Fuente del escudo
- ⇒ Cabeza rotativa cortadora, torque y escollera.
- ⇒ Control de presión de fluidos
- ⇒ Hincado de tubería confiable.
- ⇒ Mensajes y área de alerta.

Una pantalla de operación secundaria contiene valores de información adicional, tales como la recámara del escudo de excavación y de presión hidráulica para la excavación y el mantenimiento de datos.

Los sistemas Akkerman generan información que es enviada a la cabina de control donde se analizan los datos y se registran las presiones de las mangueras hidráulicas, inyecciones de bentonita, fuentes de energía, sistema hidráulico de las estaciones intermedias de hincado, etc. Toda la información se puede mostrar en las pantallas, primaria y secundaria, y es automáticamente registrada en intervalos de 30 a 60 seg.

Los reportes de la información recopilada pueden ser observados en las pantallas o se generan impresiones o pueden ser guardadas en discos de equipo de computo del sistema.

ESCUDOS DE EXCAVACION (MICROTUNNELING BORING MACHINE [MTBM]).

Los sistemas de escudo de Akkerman (Microtunneling Boring Machine [MTBM]) tienen una presión balanceada de corte en la recámara y un retiro de material eficiente. Los sistemas MTBM de Akkerman son eléctricamente potentes que dan una eficiencia óptima y corte, especialmente en trayectos largos. Todas estas máquinas están disponibles en tamaños de 24" (600mm) a 90" (2300mm) de diámetro exterior. Estas máquinas pueden ser ajustadas con kits, así que cada sistema de escudo puede cubrir rangos de diversos tamaños.

Las máquinas de Akkerman tienen muchas características especialmente diseñadas para lograr altos niveles de perfección en los diferentes rangos de materiales de excavación, desde un suelo con resistencia al corte muy pequeña hasta una roca medianamente difícil. La combinación de alta potencia y velocidades variables se transforman en una alta perfección. El disco de corte de estas cámaras, tienen la capacidad para extraer el material natural y transportarlo hacia la lumbrera para su retiro posterior de la zona de obra.

La poderosa cámara de trituración puede elaborar cortes de más del 28% del diámetro de corte de la máquina. Esto es, puede dejar una socavación mayor al diámetro del escudo de excavación. La alta presión inyectada por la boquilla ayuda a la excavación y limpia la cámara cuando están trabajando muchos sólidos.

Los sistemas exclusivos de guía de Akkerman usan una tarjeta activa denominada TGS100. Es medido exactamente por coordenadas X & Y, escudos giratorios, escudos inclinados y calcula la posición anticipada del escudo. Esta información es de vital importancia sobre todo cuando se va a hacer la conexión con otra tubería externa u pozo colector ubicado en otra posición.

Los controles PCL con redundantes redes de comunicación son usados en el escudo para ayudar a que la posición de la tubería que se esta hincando y no sufra ángulos de colocación y tenga desviaciones en su trayectoria.

Una cámara abordo es usada para el mantenimiento y funciones especificas tales como sistemas de respaldo.

SISTEMAS DE RETORNO.

Los sistemas de retorno optimizan la eficiencia de los líquidos que se inyectan por la tubería para alimentar al escudo. Las poderosas bombas son capaces de mover las partículas contenidas en diámetros mayores a 3" en distancias bastante largas.

Las líneas de conducción están contenidas en una línea de transporte organizado con características propias alineadas de conexión rápida.

SISTEMAS DE HINCADO.

Cualquiera de los sistemas de hincado de Akkerman, puede ser utilizado para construir microtuneles. Ese sistema tiene numerosas selecciones para una cometida capaz y un arreglo de componentes. Los sistemas de hincado de tuberías son especialmente diseñados para microtuneles y son controlados remotamente por el operador desde la consola de control. La flecha de empuje puede ser tan pequeña que puede tener 14" de diámetro (13'x12' rectangular).

Las estaciones intermedias de empuje están disponibles para tuberías de 30" de diámetro interior y mas. La inyección de un lubricante por el lado exterior de la tubería que se está suministrando, reduce la fricción del suelo y los requerimientos de introducción. El modelo c/r 2250 SISTEMAS DE BOMBEO DE LUBRICACION (bentonita/polimero) es simplemente el mejor paquete del mercado. El operador puede controlar el fluido y monitorear la presión para mas de 16 válvulas en la consola de control. (la entrada de personal es requerida para mover las mangueras y conexiones.

SOPORTE TECNICO.

El equipo de ingenieros capacitados, técnicos de campo, dentro de la empresa de productos de Akkerman, están todos dedicados a servir y hacer un esfuerzo posible para lograr que los proyectos de construcción se elaboren de la manera mas confiable. De esta forma cuando se encuentre el proyecto en plena construcción y se tenga alguna falla

temporal en la práctica del equipo, los ingenieros de soporte de las industrias Akkerman, están disponibles para dar apoyo técnico a las dudas que se presenten.

El soporte técnico es uno de los elementos que funcionan después de la compra del equipo. Llega a presentarse alguna situación de que algún equipo no funcione correctamente y aun con el manual de partes que se entrega con la compra de los equipos, resulta insuficiente la información que se tiene para resolver la duda.

2.3 CABEZALES DE PERFORACIÓN Y MÁQUINAS PERFORADORAS DE TÚNELES.

La operación del cabezal de perforación es básicamente la misma para el hincado hidromecánico en tuberías que para la perforación de túneles. La función principal es excavar o controlar el asiento del frente mientras se sigue un curso preciso.

Como un estándar, las MPT (Máquinas Perforadoras de Túneles) Akkerman son accionadas completamente por sistemas hidromecánicos alimentados por fuentes de energía con baterías, desde el foso o lumbrera. Esto elimina la necesidad de electricidad de alto voltaje en el cabezal y vuelve más económico el cambiar tamaños. No obstante si se desea, se puede colocar una fuente de energía móvil para el suministro de electricidad en la MPT.

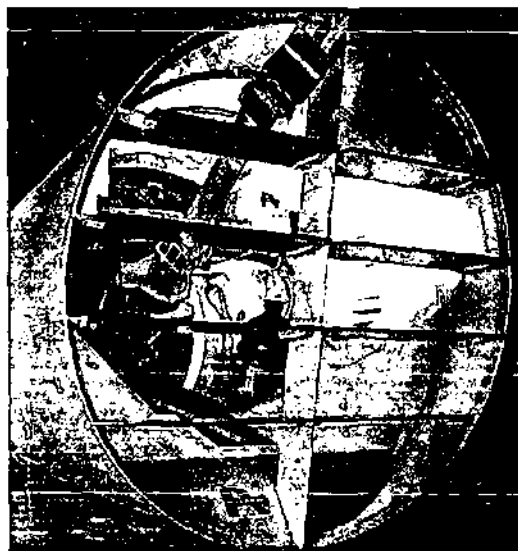


Fig. 2.15 Excavador hidráulico tipo retroexcavador de equipos Akkerman con repisas de protección

Las MPT Akkerman son articuladas, de maniobrabilidad y de cualquier dirección. Con el uso apropiado de un láser, se puede mantener el alineamiento y pendiente más estrictos a todo lo largo del túnel. Un operador se encuentra ubicado, de manera segura, cerca del frente de la máquina para observar las condiciones del suelo, para supervisar el alineamiento y la pendiente. Asimismo, los sistemas de tensión de gases inflamables (gasoscopio) constituyen equipo estándar en todas las máquinas perforadoras Akkerman.

Al efectuar el hincado hidromecánico, el cabezal de perforación avanza por medio de los cilindros en la parte posterior de la máquina o más típicamente, por los cilindros principales o intermedios que empujan la tubería por detrás de la misma.

Para la perforación de túneles se fija un adaptador de ademado de túneles a la parte posterior de la máquina. Este tiene cilindros ubicados alrededor al barril para hacer avanzar la máquina perforadora de túnel a partir del ademado estacionario del túnel. Una vez que los cilindros están completamente extendidos, se retrae y se ensambla otro anillo de túnel.

Los cabezales de perforación Akkerman (MPT) están disponibles en dos diseños básicos: máquina de ruedas y máquina excavadora.

MÁQUINAS ROTATIVAS.

Las máquinas rotativas varían en tamaño, desde 44" (1118 mm) hasta aproximadamente 168" (4267 mm) de diámetro exterior.

La máquina estándar está equipada con:

1. Cabezal de corte con placas de tierra excavada (arcilla, arena limosa, etc.) y placas de carburo roca suave a medio dura.
2. Repisas de arena para material suelto, pero estacionario.

El cabezal de corte y las repisas de arena se pueden intercambiar, inclusive subterráneamente; del mismo modo que las placas de carburo y de tierra en el cabezal de corte.

Se dispone de un accesorio de frente cerrado para perforación bajo las condiciones de mayor inestabilidad. Sus puertas hidráulicas controlan el asentamiento del suelo suelto mientras las placas de corte excavan la tierra. Cuando el terreno presenta mayor inestabilidad y se corre el riesgo de tener un accidente, el dispositivo de accesorio de frente cerrado, se acciona de manera automática para no permitir que el material de frente que se está excavando se derrame ante el operador que se encuentra localizado al frente del escudo.

La seguridad del personal en la construcción de túneles es algo de lo más importante y por tales motivos se cuenta con este dispositivo que permite mantener la protección de los trabajos para ciertos terrenos inestables.

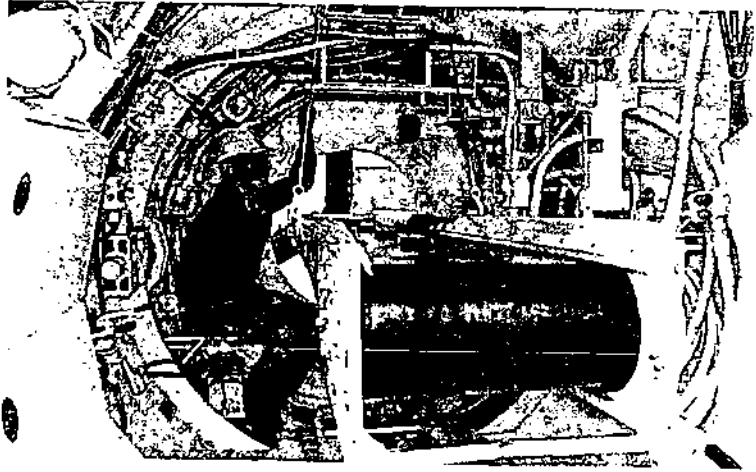
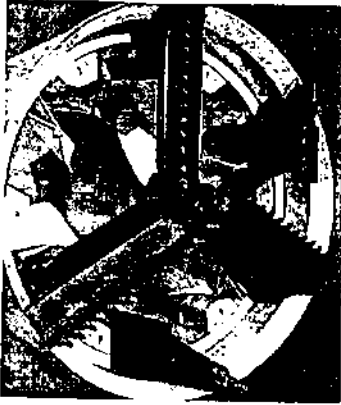


Fig. 2.16 Vista interior de una máquina rotativa con la vista de transportador accionado por cadena.

OPERACIÓN.

Las máquinas rotativas poseen motores hidráulicos muy potentes que hacen rotar un tambor interno. El cabezal de corte o el accesorio de frente cerrado se conecta al tambor. Al rotar, los dientes excavan el frente y el material excavado cae dentro del tambor. Dentro del tambor, palas carboneras descargan el material hacia un transportador que lo transfiere a la unidad de acarreo para su retiro. El volteo de la máquina se evita por medio de álabes de torque de operación hidromecánica.

Al usar las repisas de arena, el material excavado se retira de maneras muy similar. Sin embargo, en lugar de excavar el frente, las repisas permanecen en una sola posición estacionaria y se hincan en el terreno. Las repisas limitan el ángulo de reposo que evita el asentamiento de tierra en estado estacionario.

MÁQUINAS EXCAVADORAS

Las máquinas excavadoras se componen de una excavadora tipo retroexcavadora, de coraza maniobrable, con modulo de control y un transportador accionado por cadena. Las corazas se pueden usar con o sin repisas de arena. Las puertas con capacidad de cierre, son opcionales, ayudan a evitar la entrada de tierra en estado de fluencia.

La excavadora y los controles se transfieren fácilmente entre diferentes tamaños de coraza. El brazo de la excavadora gira, permitiéndole excavar horizontalmente entre las repisas. Así mismo el brazo se puede extender para excavar mucho más allá del frente de la coraza. A medida que se excava el desalajo, este cae o se hala hacia el transportador para su retiro. El operador controla todas las funciones con controles de palancas universales y de pedal.

Una opción para la excavadora es un soporte de montaje para trituradora. Este permite el montaje fácil y rápido de la mayoría de accesorios de marcas comerciales (arrendables) para trituradoras.



Fig. 2.17 Ubicación del operador en el excavador.

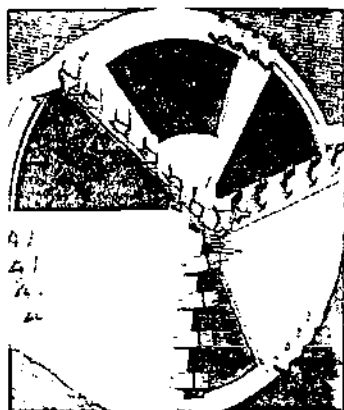


Fig. 2.18 Excavador tipo retroexcavador de frente cerrado.

El excavador tipo retroexcavador se compone de los siguientes componentes:

1. Excavador con extensión.
2. Cuerpo hidráulico.
3. Guías de montaje.

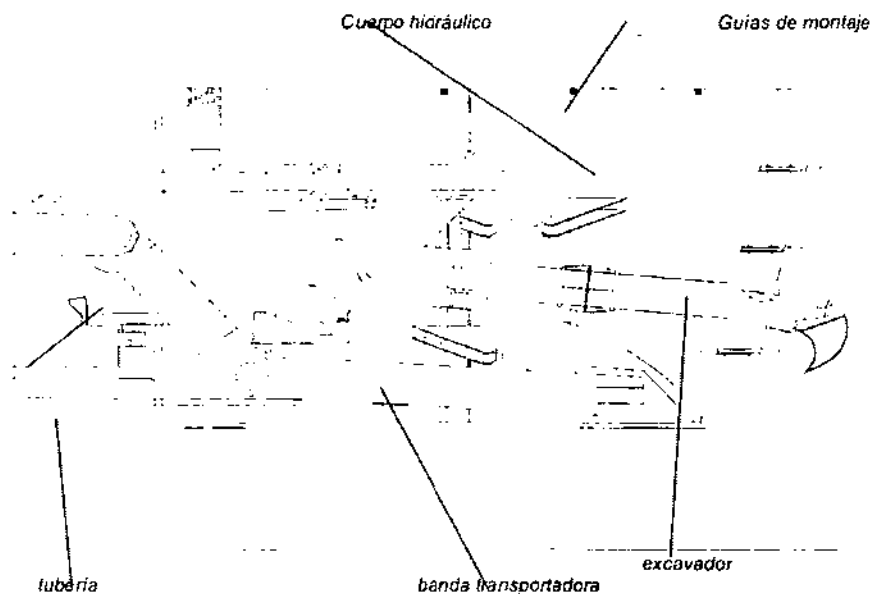


Fig. 2.19 Vista general de un excavador tipo retroexcavador dentro de un túnel.

El excavador tipo retroexcavadora tiene la particularidad de que puede contar el terreno de forma horizontal y de forma vertical. Cuando el escudo tiene las repisas para control de el suelo, el corte de el material no se puede efectuar libremente, y de esa forma se tiene que hacer el corte horizontalmente.

Por otra parte, con el excavador se pueden elaborar maniobras de colocación de elementos para poder trabajar dentro del escudo. El excavador cuenta con un dispositivo a base de cadenas con el que se puede montar la banda transportadora de cadena, mover la toiva de acarreo, montar y desmontar la banda corta y la banda larga. Cuando de lleva a cabo esta maniobra, el excavador, en su barra de montaje se corre hacia adelante o hacia atrás, que al jalar las cadenas, con este movimiento, puede alzar los elementos que se tengan que mover.

El excavador tiene un alcance de 40 cm de excavación más después de el frente de el escudo; esto es; para cortar el material en toda la parte frontal del centro del escudo para que este al avanzar, por medio del empuje de los tubos, provoque la falla del terreno por corte del material.

2.4 FUENTES DE ALIMENTACIÓN.

Las fuentes de alimentación de electricidad son de mucha importancia en el hincado hidromecánico de tuberías. Akkerman fabrica fuentes de alimentación eléctrica en una amplia gama de tamaños, con muchas características y opciones.

Las fuentes de alimentación eléctrica con sistemas de presión de alta y baja típicamente se usan en conjunción con el sistema de hincado hidromecánico de cilindros múltiples y el sistema de hincado hidromecánico serie SP 400.

Al perforar un túnel, se puede seleccionar una fuente de alimentación de eléctrica de baja presión para suministrar aceite a la máquina perforadora de túneles (MPT).

Las fuentes de alimentación de electricidad se ofrecen en 440 Volts a 60 hertz (estándar estado unidense) o 380 Volts a 50 hertz (estándar europeo). Con varias opciones de potencia. Se puede elegir el suministro de aceite para el cabezal de perforación entre unidades de baja presión (2800 psi [3.98 kg/cm²]) de 100, 200 o 300 caballos de fuerza. Los requerimientos de potencia dependen principalmente del tamaño y de las características del cabezal de perforación.

Se puede colocar una fuente de alimentación eléctrica móvil en el cabezal de perforación (MPT). Esto podría ser mas conveniente y mas económico para tramos largos.

Pero en realidad las fuentes de poder se pueden adquirir en cualquier lugar dado que existen diversos fabricantes de fuentes energéticas. Para estos sistemas, calculando la demanda que requiere el equipo. Los proveedores son diversos, Caterpillar, Cummins, etc.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

2.5 ESTACIONES INTERMEDIAS DE HINCADO.

Las estaciones intermedias de hincado son elementos hidráulicos que ayudan con el empuje de la tubería en el túnel y que poseen una cierta fuerza de empuje cada uno, dependiendo del equipo utilizado.

Las estaciones intermedias de hincado hidromecánico de tubería cuentan con los siguientes elementos :

- 1.- Consola de control central del sistema telescópico de hincado o en su caso de la fuente de poder, si son de los sistemas sp-400 y serie 5000.
- 2.- Conductor primario
- 3.- Caja auxiliar de control
- 4.- Cable conductor de 30.00 m del N° 9
 cable conductor de 15.00 m del N° 9
 cable conductor de 7.50 m del N° 9
 cable conductor de 3.00 m del N° 9, dependiendo de lo que se utilice en el lugar de trabajo.
- 5.- Estación intermedia de hincado
- 6.- Caja de función de la estación intermedia de hincado. Estas unidades se colocan una por cada estación que se coloque en el túnel.
- 7.- Válvula eléctrica de inyección de la estación intermedia de hincado (una por cada estación colocada en el túnel).

- 8.- Mangueras de 3/8" por 48". Utilizar dos por cada estación intermedia de hincado.
- 9.- Tuerca hidráulica de conexión.
- 10.- Líneas metálicas de retorno. utilizar dos por cada estación intermedia de hincado. (de 3.15 m de longitud).
- 11.- Tee conectora (utilizar dos por cada estación intermedia de hincado).
- 12.- Manguera de inyección de presión.
- 13.- Manguera de retorno de inyección.

Es muy importante determinar el uso de las estaciones intermedias de hincado. esto se puede realizar mediante el estudio de mecánica de suelos, predeterminando la resistencia del terreno al corte.

Cuando se practica el estudio de mecánica de suelos a los lugares de la obra, se calculan las resistencias del terreno al corte. La acción principal del escudo es el corte del terreno. (principio básico del sistema Akkerman). de ahí se determina la oposición del terreno al desplazamiento del escudo.

Normalmente, las estaciones intermedias de hincado, se colocan entre el tubo N° 10, la segunda estación se coloca entre los tubos 30 al 36, y la última estación intermedia de hincado se coloca entre los tubos 60 y 65. Todo esto en los terrenos de las obras mencionadas de Xalostoc y Vicente Villada, de los municipios de Xalostoc y Nezahualcoyotl, del estado de México, donde los suelos son predominantemente limosos con presencia de arenas en baja proporción, con contenidos de agua del 300%.

Para otros tipos de terreno, se tiene que elaborar es estudio de mecánica de suelos correspondiente, para saber a que distancia se colocaran las estaciones intermedias de hincado. Por demás, la fuente de poder registra la presión ejercida por los pistones o gatos de empuje. Al ver que la presión aumenta considerablemente con cada tubo que se ha hincado, es manifiesto de que se tiene que colocar una estación intermedia de hincado.

La presión debe ser vigilada constantemente por los operadores e ingenieros responsables de la obra, en dado caso de que la presión se eleve de manera considerable, los tubos pueden sufrir una fractura poniendo en riesgo la obra, dado que si se llega a fracturar un tubo, no se puede seguir avanzando con el escudo.

La fabricación de la estación intermedia de hincado se elabora en superficie y se hace de la siguiente manera :

1.- Con una placa de $\frac{1}{4}$ " de espesor de acero, con un ancho de 90 cm, se da el perímetro exterior del tubo.

2.- A 75 cm de la placa se coloca un tope de placa de acero de $\frac{3}{8}$ " para que sirva de soporte de los cilindros de la estación por 15 cm de alto.

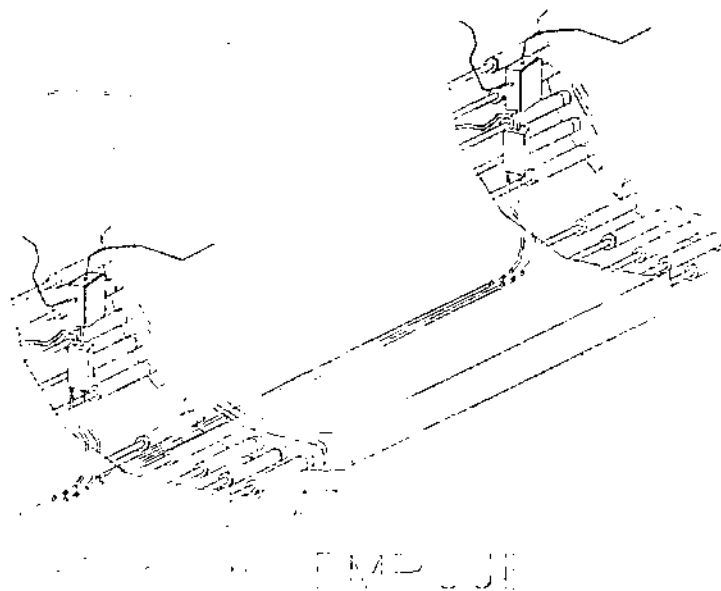


Fig. 2.20 Estaciones intermedias de hincado.

3.- Por medio de tornillos y tuercas, capaces de resistir las fuerzas, se sujetan los gatos de empuje a la placa de acero que envuelve el tubo. Se le conectan las mangueras para cuando se estén bajando hacia el túnel y se comiencen a colocar, solo se conecten las mangueras hidráulicas.

Las estaciones de hincado son bajadas por medio de grúa hacia la lumbrera de trabajo, puesto que son muy pesadas. Las estaciones dependiendo del equipo que se utilice es la fuerza que suministraran a la tubería. En el caso del sistema de cilindros telescópicos, las estaciones tienen una fuerza de empuje de 500 ton repartidas en una serie de gatos pequeños de 50 toneladas cada juego.

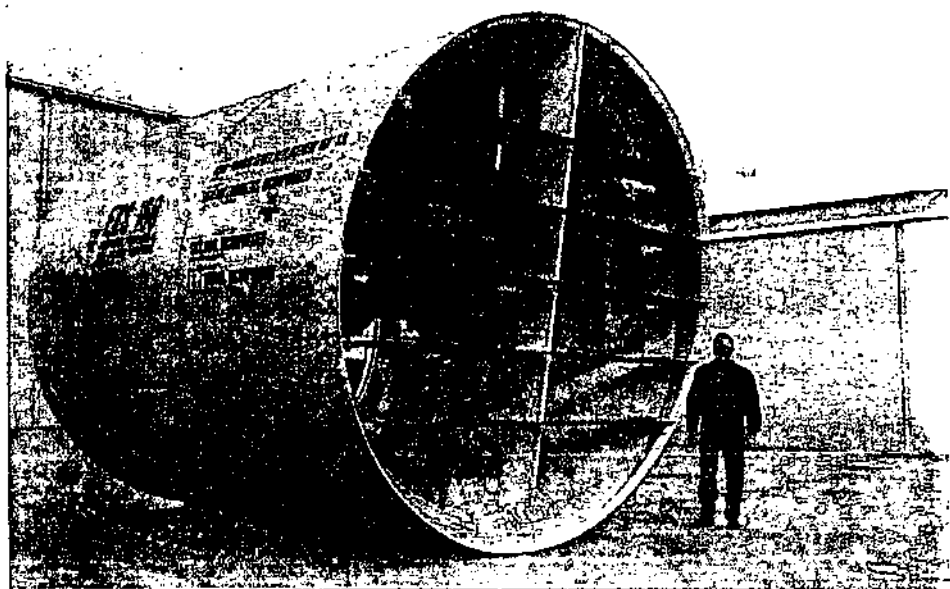


Fig. 2.21 Vista de un escudo de excavación y segmentos de estaciones intermedias de hincado.

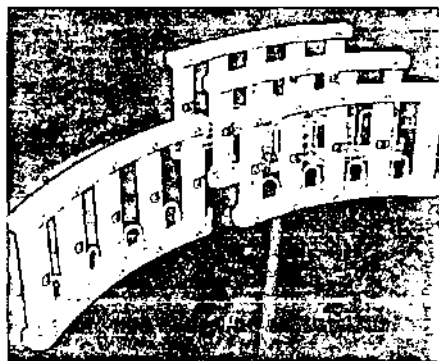
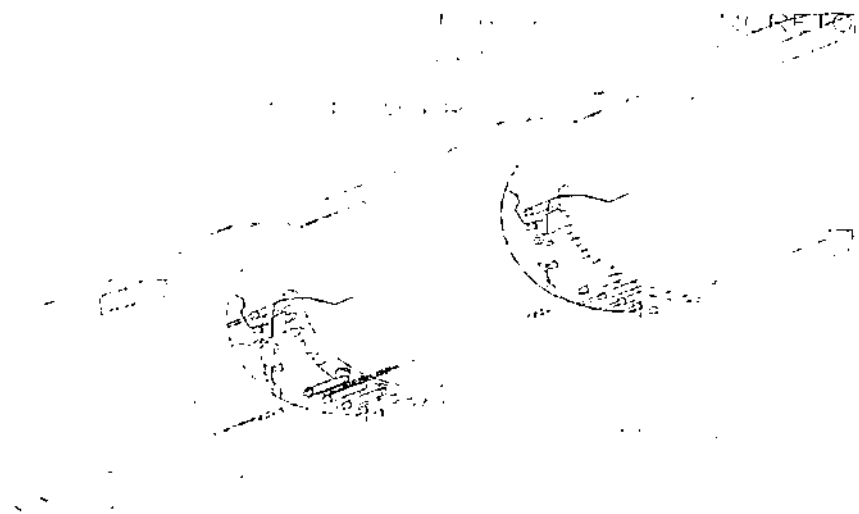


Fig. 2.22 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LAS ESTACIONES INTERMEDIAS DE HINCADO.

ESTACION INTERMEDIA DE HINCADO



Las estaciones intermedias de hincado constituyen una manera económica de añadir y distribuir el empuje para el hincado hidromecánico de tubos.

Existen muchas maneras de configurar las estaciones intermedias. El tamaño y junta del tubo, a menudo, gobierna el diseño. Otros factores tales como el costo, la longitud del empuje y la versatilidad constituyen así mismo consideraciones importantes.

Los sistemas de Akkerman, tienen diseños de estaciones intermedias de hincado hidromecánico para casi cualquier tipo de proyecto de hincado hidromecánico de tubería.

El diseño más popular funciona con una variedad de tamaños y diseños de tubos. Cada estación consiste de segmentos de gatos. Cada segmento contiene 5 gatos para un recorrido de 7 pulgadas que equivale a 17.8 cm.

Todas las estaciones reciben suministro de aceite de un grupo de líneas hidráulicas de la fuente de alimentación eléctrica (unidad de bombeo o fuente de poder) y se operan desde un punto en el foso de hincado hidromecánico.

Una banda o cubierta de acero se fija alrededor del tubo para evitar la entrada de tierra. Este componente es el único que no es recuperable. De ahí se recuperan los gatos hidráulicos, mangueras, válvulas y conexiones y como se mencionó, lo único que no se recupera es la banda de acero de $\frac{1}{2}$ " que se fabrica para dar el diámetro exterior del tubo.

2.6 INYECCIONES DE BENTONITA.

El bombeo de la bentonita, como lubricante, alrededor del exterior del tubo ha demostrado ser muy efectivo para reducir la fricción entre el tubo hincado y el terreno. En casi todos los casos, el resultado es una reducción significativa en el empuje necesario.

La bomba para bentonita de Akkerman posee muchas características para ahorrar tiempo y mano de obra, al mismo tiempo que brinda un medio efectivo y eficiente para inyectar la bentonita. Los tanques de bentonita dobles de 250 galones permiten la mezcla y bombeo continuos de lubricante.

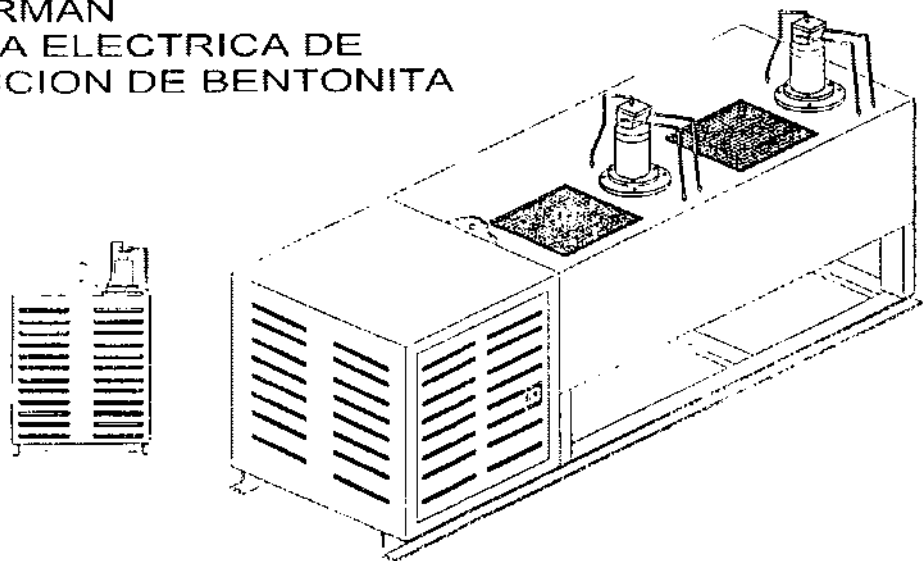
Para bombeo continuo (sin pulsación) de alto volumen se utiliza una bomba Moyno.

La bomba de inyección de bentonita tiene las siguientes especificaciones:

Poder:	Motor eléctrico/hidromecánico de 30 HP de 480 Volts a 60 hertz.
Bomba:	Bomba Moyno de cavitación progresiva con una capacidad de 0-20 gpm hasta 225 psi (0.32 kg./cm ²).
Capacidad de mezcla de los tanques:	Dos tanques de 250 galones cada uno. (500 galones en total).
Mezcladora:	Propulsor (cada tanque).
Peso:	4200 pounds. (500 kg.).
Sistema de enfriado:	Aceite sobre agua.

Fig. 2.23 Bomba de inyección de bentonita.

AKKERMAN BOMBA ELECTRICA DE INYECCION DE BENTONITA



MODELO
EH2250

Dimensiones de la bomba:	Ancho:	1.22 m
	Largo:	3.18 m
	Alto:	1.78 m.

La bomba de mezclado de la bentonita tiene la capacidad de mezclar la cantidad de bentonita necesaria para que no se detengan los trabajos. Son sectores de la obra que no pueden estar inactivos durante el trabajo, en el caso de que así fuera y se requiriera, se detiene el proceso de hincado de la tubería, por la falta de lubricación del terreno y la tubería.

La bomba tiene tres manómetros que indican lo siguiente:

El primer manómetro indica la presión que se inyecta al motor hidráulico del tanque derecho.

El segundo manómetro indica la presión inyectada al motor hidráulico del tanque izquierdo.

El tercer manómetro indica la presión con que se inyecta la bentonita hacia el túnel.

La bomba de la bentonita se encuentra localizada normalmente en la parte superior del terreno para no entorpecer las actividades de trabajo en el túnel.

RECOMENDACIONES.

- 1.- Se recomienda trabajar con las medidas de seguridad óptimas para no tener problemas subsecuentes.
- 2.- Cuando la bomba de bentonita se encuentre trabajando no se debe de exponer parte o la totalidad del cuerpo en los tanques de mezclado.
- 3.- Checar la cantidad de aceite diariamente.
- 4.- Estar observando las presiones de los manómetros constantemente.
- 5.- Reponer los filtros de aceite cuando se indique.
- 6.- Apagar los motores antes de hacer cualquier reparación.
- 7.- Operar el sistema solo cuando se encuentre con los compartimientos cerrados.

Existen tres modelos de bombas comerciales de Akkerman.

- 1.- Eléctrica/Hidromecánica.
- 2.- Diesel/hidromecánica.
- 3.- Control remoto eléctrica.

La que mas uso frecuente tiene en los trabajos de hincado hidromecánico es la de eléctrica hidromecánica.

2.7 INFORMACIÓN Y SISTEMAS DE CONTROL.

Los sistemas de control son de vital importancia en el desarrollo del hincado hidromecánico de tuberías. La información que se genera en el proceso de los trabajos debe de tener una coordinación particular.

En los sistemas de Akkerman los sistemas de control son utilizados principalmente en todos los sistemas de hincado hidromecánico de tuberías. Lo exitoso de las operaciones de hincado de tuberías depende de que el operador del equipo tenga datos exactos y verídicos provenientes de las consolas de control. Akkerman tiene los mas avanzados sistemas de información y control principalmente en los sistemas de microtúnel.

Akkerman fabrica contenedores de control tales como las consolas de control, fuentes de distribución, transformadores, medidores de fluidos y fuentes de poder hidráulicas y todas ellas pueden ser operadas de una manera fácil por los operadores.

Las consolas de control son los corazones de los sistemas de control. Como ya se ha mencionado la consola de control maneja todos los flujos de presión que se inyectan a cada uno de los elementos que involucran los sistemas de Akkerman. El operador que controla la consola de control esta capacitado para saber la presión que se le debe de inyectar a el escudo o a la banda transportadora. De la misma forma, de la fuente de poder se puede cortar la presión que se inyectan a los diferentes elementos, en el caso de un sistema de cilindros telescópicos.

En un sistema de microtúnel, el operador del contenedor, (ubicado en el area mecánica), tiene la responsabilidad de intervenir todo el sistema desde el contenedor, dado que es un sistema guiado completamente por automatización.

Para los sistemas SP 400 y SERIES 5000 los sistemas de control se encuentran en las fuentes de poder o fuente de hincado y solo se podrán checar los manómetros en su lugar.

Unas de las metas primordiales en los diseños de las máquinas de Akkerman, es de ser seguros y fiables, fáciles de usar, con un mantenimiento fácil y que apoyen al operador con toda la información pertinente para el hincado de las tuberías sea lo mas exacto.

En el sistema de drenaje profundo los sistemas de control e información son de vital importancia dado que manejan la presión de inyección al excavador, a los gatos de empuje, la posición del escudo, sensores, presión de empuje, la densidad de los lodos y la revolución del cortador.

Cuando se trabaja en un sistema tales como los SP-400, Cilindros telescópicos y Serie 5000, existe una comunicación que se maneja internamente entre las cuadrillas de trabajo. Esta comunicación tiene por objeto mantener al tanto de información a los operadores de los diversos elementos que involucran el sistema Akkerman. El operador del escudo tiene comunicación directa con el operador de la grúa que efectúa maniobras en superficie, sacando las tolvas de acarreo, hincando la tubería en la corredera y algún material o elemento que se requiera en el foso.

Ambos operadores tienen comunicación con el operador de la consola de control, que se encuentra localizado al frente en el foso de operaciones y es el que inyecta las presiones necesarias al equipo. De la misma forma, existe otro operador de maniobras que se encuentra localizado en superficie y que da las instrucciones de tener disponibles los materiales o elementos necesarios al foso de operaciones o lumbrera.

La comunicación entre los operarios es de tipo alámbrica y es directa para todos. Cuando la información falta, los trabajos de hincado hidromecánico se paran por completo. A menos que la información sea manual, esta información es lenta y retardada, por lo cual insuficiente.

Los sistemas de control en sistemas de microtúnel son de lo mas avanzado que se puede encontrar en el mercado. Los sistemas de control en contenedores tienen:

Contenedores estándar con características que incluyen:

- Clima controlado en el área del operador.
- Encuentra todos los Códigos de la Nacional Eléctrica (NEC).
- Acceso planeado y arrea de conexión para todo el control de cables, hidráulicas y toda la línea de inyección.
- Tamaños universales a todos los tamaños de microtúnel de Akkerman (MTBM).
- El operador se encuentra separado de las áreas mecánicas.



Fig. 2.24 Vista del área del operador en un contenedor de los sistemas de control de Akkerman en un sistema microtúnel.

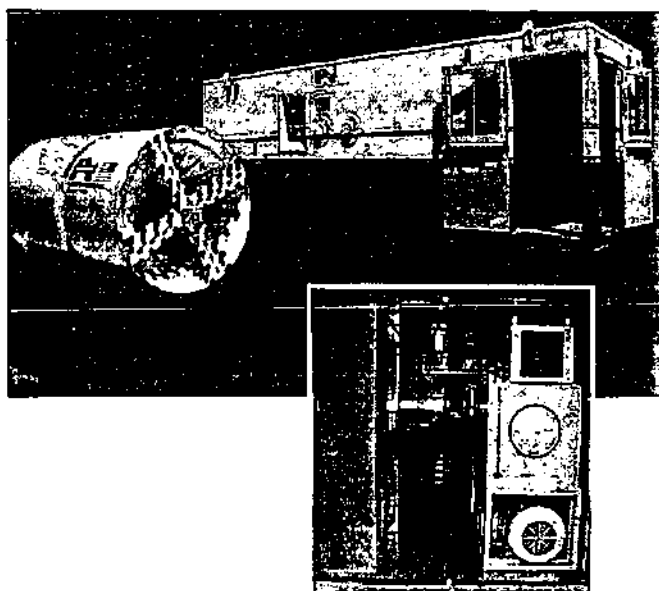


Fig. 2.25 Vista de una máquina excavadora de microtúnel con un contenedor de control y una vista a una área mecánica del mismo contenedor.

2.8 SISTEMAS DE ACARREO.

Los sistemas de acarreo transportan el material de desalojo desde el cabezal de perforación [MPT] hasta el foso, o la lumbrera de trabajo.

Un sistema Akkerman típico de acarreo se compone de una unidad de acarreo, rieles y tolva. Con la serie 304B, se pueden usar trenes de tolvas múltiples, incrementando la productividad en los túneles, o hincados largos.

Todas las unidades de acarreo de Akkerman son eléctricas con paquetes de baterías eléctricas desmontables. Todas están equipadas con frenos de disco eléctricos o hidráulicos.

Existen tres modelos básicos.

- Serie 524 C para tubería de 30 a 60 pulgadas (de 76 cm a 232 cm) de diámetro interior, el cual utiliza una tolva única de 60 pulgadas de longitud.
- Serie 144 C para diámetros interiores de 54 pulgadas y mayores con una tolva única de 60 pulgadas de longitud.
- Serie X para tubos de 54 pulgadas y mayores de diámetro interior que utiliza una tolva de 90 pulgadas de longitud.
- Serie 304 B para tubo de 54 pulgadas de diámetro interior y mayores que utiliza una tolva múltiple o única.

Las unidades de acarreo también se utilizan en la práctica para hacer maniobras de los cambios de banda transportadora. Debido a el gran peso de estos elementos y a los espacios de trabajo en el túnel, se hacen maniobras para sacar la banda transportadora de la rezaga desde el frente del escudo hasta el foso de operación o lumbrera.

Los sistemas de acarreo se conforman de la siguiente manera como se muestra en la tabla siguiente :

Número	Parte
1	Ensamblador.
2	Marco soldado.
3	Extensión del marco soldado.
4	Extensión soldada.
5	Palanca de velocidad.
6	Asiento.
7	Interruptor de línea.
8	Conductor.
9	Esquema hidráulico menor de partes.
10	Sistema hidráulico.
11	Esquema eléctrico mayor de partes.
12	Esquema eléctrico final.

Fig. 2.26 Tabla que muestra las partes que componen un sistema de acarreo.

Los carritos de desalojo de la rezaga o material excavado. Consta de una batería de 48 Volts de corriente directa, de tracción mecánica que es movido por motor hidráulico que alcanza velocidades de hasta 16.4 km./hora.

Esta batería es para una capacidad para 6 horas de trabajo continuo y mide 39"x24"x19" y son recargadas por la fuente de poder que esta trabajando durante todo el día de trabajo.

Modelo	HP (max)	Volts	N° ruedas	Vel. max. Ele/mín	Cap. yd³.	Rieles (m)	Ø del tubo (min)	Tolva	Tolva serie X	Tolva múltiple	Peso lb.
524	5	24	2	500	2.0	11	36"	360/600	No	No	850
1048	14	48	2	800	5.0	20	60"	540/780	Si	No	5000
3048	30	48	4	725	12.0	18	60"	540/780	Si	Si	10600
						20					
						24					

Fig. 2.27 Clasificación de las velocidades bajo varias capacidades de acarreo. Las dimensiones y otras especificaciones están disponibles previa solicitud.

Las tolvas están diseñadas para capacidades máximas con base en el tamaño del tubo o túnel siendo instalado. Estas son de vaciado automático cuando utilizan una grúa de dos líneas al conectar una línea estacionaria.

Los perfiles de los rieles son livianos ; no obstante, resistentes. Se pueden conectar rápidamente con un solo perno y tuerca de mariposa. Se proporcionan las perillas de almacenamiento para comodidad en el transporte y manipuleo.

Las tolvas son de los siguientes modelos, con sus dimensiones :

Modelo	Altura	Anchura	Longitud	Peso (lbs)	Cap. (yds)
360	23	33	60	430	0.8
420	27	38	60	500	1.1
480	33	43	60	550	1.5
540	39	48	60	700	1.8
600	41	54	60	830	2.2
660	44	60	60	980	2.7
720	45	64	60	1400	3.0
780	48	72	60	2000	3.4
600x	41	54	90	1540	3.3
660x	44	60	90	1820	4.0
720x	45	64	90	2600	4.5
780x	48	72	90	3700	5.1

Fig. 2.28 Tabla de tolvas de acarreo.

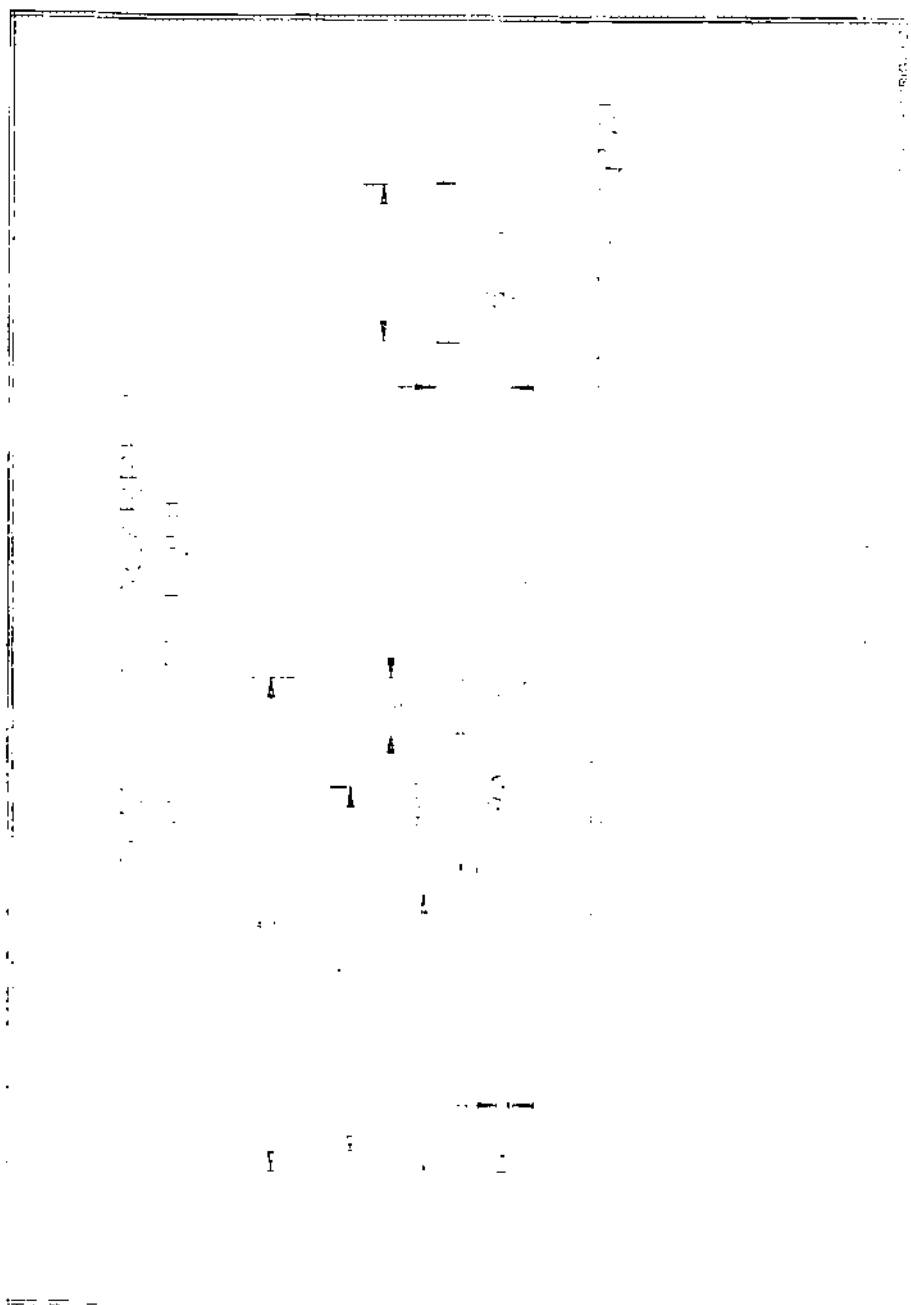


Fig. 2.29 Sistema de acarreo Akkerman

UNIDAD DE ACARREO, DESEMPEÑO.

Caida : calificación ; mediana actividad.

Las siguientes tablas están basadas sobre pruebas limitadas con baterías cargadas nuevas y pensadas solamente como una guía aproximada el en campo de trabajo de las unidades de acarreo de Akkerman.

UNIDAD MODELO 524

CUBO/VOLUMEN	0	360/0.86	480/1.5
PESO	0	3200	5500
VELOCIDAD MAX	420	380	340
TIEMPO DE ACELERACION.	3	5	8
DISTANCIA DE ACELERACION.	10	16	23
VIDA DE LA BATERIA	15.5	12	6.5

UNIDAD MODELO 1448C

CUBO/VOLUMEN	0	600/2.3	780/3.6
PESO	0	8300	13500
VELOCIDAD MAX	820	695	650
TIEMPO DE ACELERACION.	2	3	4
DISTANCIA DE ACELERACION.	14	17.5	21.5
VIDA DE LA BATERIA	19	15.5	12

UNIDAD MODELO 1448CX

CUBO/VOLUMEN	0	600/3.4	780/5.0
PESO	0	12200	15000
VELOCIDAD MAX	320	660	640
TIEMPO DE ACELERACION	2	4	5
DISTANCIA DE ACELERACION	14	22	26.5
VIDA DE LA BATERIA	19	12.5	7.7

UNIDAD MODELO 1448ECX

CUBO/VOLUMEN	0	600/3.4	780X/5.0
PESO	0	12200	15000
VELOCIDAD MAX	250	650	610
TIEMPO DE ACELERACION	3	5	7
DISTANCIA DE ACELERACION	18	27	33.5
VIDA DE LA BATERIA	22	15	11.5

De estas tablas:

1. El volumen está expresado en M³
2. El peso esta expresado en Kg.
3. La velocidad se expresa en m/min.
4. El tiempo de aceleración se expresa en seg.
5. La distancia de aceleración se expresa en M.
6. La vida de la batería en horas.

ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD DE ACARREO MODELO 1448CX.

1. Dos ruedas de tracción.
2. Fuente de poder : motor de 48 Volts de corriente directa.
3. Capacidad de dirección : avance delantero y avance reverso.
4. Peso : 1000 kg. (2200 pounds).
5. Velocidad : 0 a 16.4 km./h (0 a 10 mph).

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD PARA LA UNIDAD DE ACARREO 1448CX.

1. La unidad solo se opera con la tapa cerrada y se guarda en un lugar seguro.
2. Regularmente el vestuario de seguridad pudiera ser gastado en todas las veces durante la operación en la unidad de acarreo.
3. Cuidar las manos y pies durante el proceso de trabajo con la unidad de acarreo.

ALGUNAS CONSIDERACIONES DE MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD.

A.- Ruedas.

- 1.- Engrasar las ruedas y los ejes semanalmente por que muy a menudo trabajan en condiciones donde se localizan arcillas y limos.

B.- Batería.

- 2.- Guardar tan bien como sea posible las cajas de batería (4) en lugar tan limpio como sea posible.

C.- Dirección.

- 1.- Engrasar la dirección dado que se trabaja a menudo con arcillas y limos.
- 2.- Checar el nivel de aceite en la caja de engranaje diariamente. El nivel de aceite podría estar en el nivel correcto como se indicaría. Utilizar lubricante para engranaje del tipo 80/90. Checar los enchufes magnéticos en el botón para evitar pérdidas de corriente antes de comenzar un nuevo empuje.

D.- Montaje hidráulico.

- 1.- Checar el filtro de indicador diariamente. Reemplazar el filtro cuando se indique.
- 2.- Mantener lleno el tanque de aceite. Utilizar aceite Dexron II.

E.- Acelerador.

- 1.- Engrasar la flecha de acelerador y la torre de montaje mensualmente.
- 2.- Lubricante a toda la varilla del eje semanalmente.

F.- Sistema de frenos.

- 1.- Checar el nivel de líquido de frenos diariamente. Usar solamente líquido de frenos DOT 3.
- 2.- Engrasar la palanca de frenos semanalmente.
- 3.- Revisar la protección de la línea de frenos para evitar que sufra daños en su protección.
- 4.- Agregar lubricante al sistema de frenos semanalmente.

CUIDADOS.

La unidad de acarreo de Akkerman es el resultado de la combinación de experiencia, segura fabricación y lo fino de los materiales. Cientos de trabajadores, trabajan satisfactoriamente horas para construir cada maquina y sus componentes.

Como cualquier maquina, no se debe de depender solo del mantenimiento y servicio del equipo y se debe de cuidar durante su operación.

El propósito de todos los manuales es el de familiarizar al propietario/operador con las instalaciones esenciales, operación, lubricación y procedimientos de mantenimiento tal como se les recomienda por el fabricante, por eso, cuidarlo al máximo.

BANDA TRANSPORTADORA.

Los sistemas de acarreo involucran también a los transportadores o bandas transportadoras accionadas por cadenas. Los transportadores accionados por cadenas son los que transportan toda la rezaña producto de la excavación en el frente del escudo excavador el cual es transportada a la tolva de acarreo que lo deposita sobre la superficie.

La banda transportadora se compone de tres cuerpos principalmente para poder dar la elevación necesaria para llegar a la tolva.

En el hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman existen dos tipos de banda. Uno de ellos es la banda corta que se coloca al inicio del hincado de la tubería. Esto es por la falta de espacio en el foso de operaciones. Existe otro tipo de banda que se denomina larga, esta funciona cuando el espacio en la lumbrera es mas amplio. Normalmente se coloca cuando se ha hincado el tercer tubo y se dispone de mayor espacio.

Estos transportadores son totalmente hidromecánicos y son controlados por la consola de control en la fosa de operaciones. Cuando se requiere de sacar la rezaña el operador de la banda acciona la palanca hidráulica y este proceso se inicia hasta que se llena la tolva de acarreo.

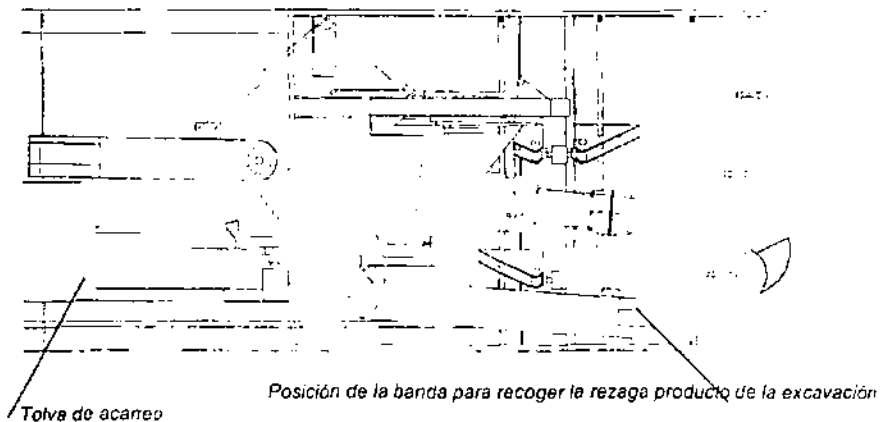
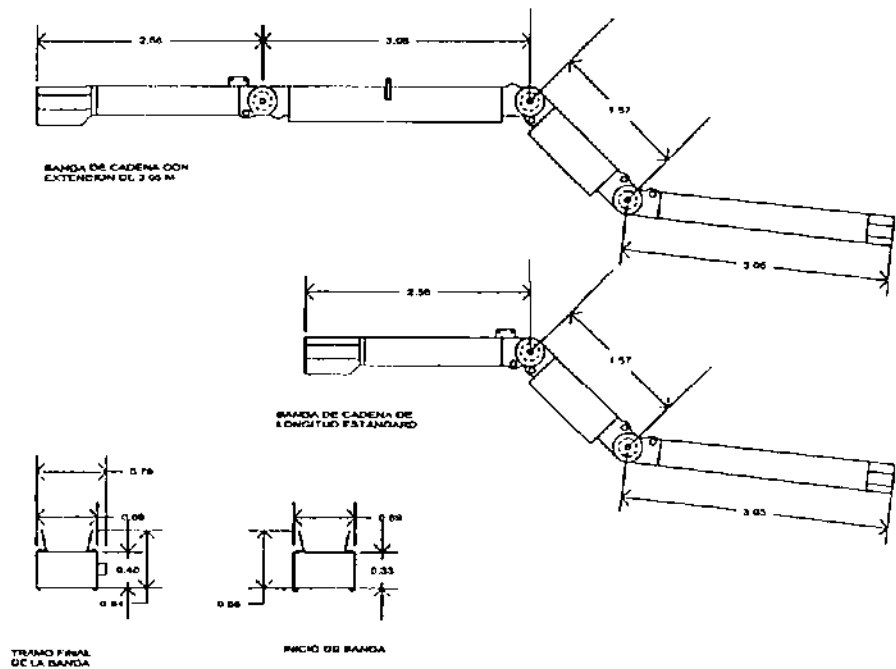


Fig. 2.30 Posición de la banda transportadora en el escudo excavador

La banda recupera el material producto de la excavación del escudo para depositarlo en la tolva de acarreo. Haciendo mas eficiente el proceso de hincado.

Fig. 2.31 Banda transportadora.

BANDA TRANSPORTADORA DEL SISTEMA AKKERMAN.



Akkerman tiene diferentes tipos de transportadores que acarrear el material de desalajo desde el frente del cabezal de perforación hacia la tolva en la unidad de acarreo. Los transportadores se ofrecen en diversos tamaños para maximizar el rendimiento de cada tamaño de cabezal de perforación.

Los transportadores de tornillo helicoidal proporcionan y ofrecen un mejor rendimiento para ciertas condiciones viscosas o de baja consistencia. Para las máquinas excavadoras se recomienda un transportador accionado por cadena, cuello de ganso. Las juntas de su marco son ajustables para obtener el ángulo de trabajo óptimo. Se pueden agregar secciones de transportador suplementarias para incrementar la longitud.

CAPÍTULO 3

TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN.

CAPITULO 3

TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN

3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE HINCADO

Para enfocar la visión de la obra, se tomará apoyo de las obras que se realizan en ciudad Nezahualcóyotl y la colonia Xalostoc en el estado de México, donde se utilizó este sistema de construcción de drenaje.

La elección del sistema constructivo que se ocupará para la construcción de cualquier obra, es uno de los aspectos más importantes que se deben de tomar en cuenta para su realización. De ello dependerá que la obra se elabore en un lapso de tiempo óptimo o menor al indicado, que se utilice la mano de obra adecuada o menos que la señalada en el programa y por último, que los recursos económicos que se van a destinar para este desarrollo del trabajo son los preestablecidos o en su caso, optimizarlos para obtener un bien satisfactorio.

Para el caso particular de este tema y para determinar el proceso de construcción a seguir, se auxiliara del estudio de mecánica de suelos¹³ que se elaboró para el proyecto de drenaje del Colector Vicente Villada.

Con este estudio se determinará el procedimiento constructivo para el colector Vicente Villada, entre las avenidas Del Valle y Xochiaca, en el municipio de Nezahualcóyotl Estado de México. Este colector forma parte del sistema de drenaje mixto de la ciudad de Nezahualcóyotl, y está formado principalmente por un tubo de concreto colocado en el camellón de la avenida Vicente Villada con diámetros que oscilan entre 76 y 213 cm. desplantados de tal manera que su profundidad de plantilla oscila entre 3.00 y 7.50m. El colector guiará el agua de drenaje mixto de los subcolectores del sistema Vicente Villada, ubicado éstos entre las avenidas Del Valle y Xochiaca, hasta el cárcamo del mismo nombre y a partir de este último se bombeará el agua hacia el dren Xochiaca.

De los resultados que proporcionó el estudio de mecánica de suelos se desprenderán las alternativas variables para la construcción del Colector que son:

¹³ Estudio de mecánica de suelos. DOC SA. ING. EDGARDO PALAZUELOS. 1996. 53 pp

- . **Excavación a cielo abierto.**
- . **Excavación por medio de muro Milán.**
- . **Construcción por medio de escudo.**

Las excavaciones a cielo abierto tienen una desventaja de las afectaciones de las vialidades y las instalaciones superficiales. Las excavaciones por medio del procedimiento de muro de Milán no afecta a las vialidades paralelas, solamente a las perpendiculares a ésta, sin embargo si se afectaría en forma importante las instalaciones superficiales a lo largo del trazo. **La construcción por medio de un escudo de frente cerrado prácticamente no afecta las colindancias del colector cuando se establece un buen procedimiento constructivo de ataque, por lo que es una alternativa con ventajas sobre las afectaciones.**

Es necesario conocer la disponibilidad de equipo y materiales, sobre todo en el caso de excavación con escudos, para diseñar el procedimiento constructivo del colector de acuerdo y establecer una alternativa que optimice el sistema.

De acuerdo a la exploración presentada, permite conocer con precisión la estratigrafía del subsuelo a lo largo del colector, con lo que se puede evaluar profesionalmente las alternativas técnicas.

LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE LOS TRABAJOS.

El sitio se localiza en la zona del lago virgen del Valle de México. Cabe señalar que el sitio existen evidencias de hundimientos regionales debido al bombeo profundo. Por información publicada y confiable, el espesor de los estratos compresibles en la primer formación arcillosa, en el sitio, es superior a los 35m.

Las evidencias del hundimiento regional se presentan en las figuras A1 y A4 obtenidas a partir de los levantamientos de bancos realizados por la Dirección y Operación Hidráulica del DDF. En la figura A4, se presenta el hundimiento medio anual en el periodo de 1994, donde se aprecia que en las cercanías de las avenidas Vicente Villada y Pantitlán, el hundimiento llega a ser de 60 cm. anuales. En la figura A2, se presenta el hundimiento total para el periodo de 1992 a 1994. Lamentablemente estas curvas se han referido a un número escaso de bancos en la zona, por lo que la correlación directa es incierta y deben juzgarse solamente como un marco de referencia, sin embargo dan indicios de la presencia de una fosa de hundimiento regional cercana a la esquina de las avenidas Pantitlán y Villada.

Se llevaron a cabo seis pozos a cielo abierto en las calles Xochiaca, Rancho Grande, Madrugada, Chimalhuacan, Coion y Pantitlán, cuyos perfiles estratigráficos, de algunos de ellos se presentan el B5. El nivel de aguas superficiales se detectó alrededor de los 2.00 m, identificándose su presencia francamente a partir de la avenida Madrugada, los colectores dislocados y las excavaciones que se realizan para el cárcamo Vicente Villada, alteraron su presencia en las cercanías de la avenida Xochiaca.

Como se presenta en el plano mencionado, la estratigrafía muestra bastante uniformidad característica en la zona del Lago del Valle de México, con un ligero ascenso de los estratos al acercarse a la calle Escalerilla. Los estratos se muestran de la manera siguiente:

RELLENO FORMADO POR LIMOS ARENOSOS . Con un espesor variable entre 50 cm y 2.00m se localiza en la parte superficial, rellenos formados por limos arenosos con diferentes grados de compactación.

COSTRA SUPERFICIAL. En todo el trazo del colector existe una costra superficial, formada por limos endurecidos por secado con la intercalación de arenas. el espesor de este estrato oscila entre 1.00 y 4.00 m. en las cercanías de la avenida Pantitlán se aprecia una franca disminución de su espesor. La depresión topográfica se aprecia en la avenida Villada a la altura de la avenida Pantitlán, es por tanto originada en gran parte por una excavación anterior, que se demuestra por la ausencia de la costra, y en un menor grado por el hundimiento regional. La resistencia a la penetración estática del cono eléctrico de la costra oscila entre 4 y 5 kg/cm².

FORMACIÓN ARCILLOSA SUPERIOR. Esta formación se caracteriza por la presencia de arcillas de alta plasticidad, con alto contenido de humedad y gran compresibilidad, de origen cuaternario y que forman un acuitardo del acuífero del Valle de México . La resistencia a la penetración del cono estático en los materiales arcillosos oscila entre los 2 y 4.5 kg/cm², la zona con suelos más blandos se ubica cercana a la avenida Xochiaca. Se exploraron varios estratos y lentes dentro de la formación, cuyo origen es: de 4.00 a 4.30 m, arenas volcánicas con resistencias máximas a la penetración estático de 10 kg/cm². De 6.70 a 7.00 m arenas limosas con resistencias máximas a la penetración estática de 17 kg/cm². De 14.50 a 15.70 m. de localizaron arenas compactas con resistencias máximas a la penetración del cono estático del orden de 150 kg/cm². a 18.00 y 19.80 m. se localizaron lentes de arena compactas con resistencias máximas a la penetración del cono eléctrico entre 5 y 15 kg/cm². estos lentes no tienen continuidad en todo el trazo del colector.

A las profundidades de 25.10, 30.10, 32.70 y 36.30 m. se localizan arenas limosas con resistencia medias a la penetración del cono 7 kg./cm². a 40.90 m. de profundidad se localiza un estrato de arena con resistencia de 15 kg./cm², hasta la profundidad de 44.10m. total del sondeo SC N°1 no se localizó la capa dura típica de la zona del lago de Valle de México, se presume que no existe, y la Primera y Segunda formación del Valle se confunde. En general los estratos presentan un ascenso partiendo de la avenida Xochiaca hacia la calle Escalerillas, en esta última existen más estratos de arena y limos compactos intercalados, como se aprecia en el plano de exploraciones geotécnicas. Esto es evidente pues nos acercamos a la zona de transición del Cerro del Peñón, localizado a un lado de Calzada Zaragoza.

Los registros de la resistencia a la penetración del cono estático permitieron programar los sondeos de muestreo en una forma selectiva, obteniendo muestras de los

estratos comprensibles para determinar los parámetros necesarios para el diseño de los procedimientos por analizarse.

El comportamiento del colector influido por el hundimiento regional, depende de las políticas de bombeo profundo en la zona, que inducen finalmente el hundimiento. Sin embargo se puede considerar como marco de referencia de los asentamientos regionales de los presentados en las figuras A.1 a A.4, para programar las pendientes del colector de tal manera que conserve su eficiencia, dentro de su vida útil. La mayor parte de la depresión topográfica actual es debido a excavaciones previas, aunque existe una influencia debido al hundimiento regional, las excavaciones previas en la zona fueron probablemente cercanas a 4.00 m.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar los parámetros geotécnicos que caractericen a las diferentes formaciones, se programaron pruebas de laboratorio de acuerdo con la clasificación que permite inferir la resistencia del cono estático, en el plano "Exploraciones Geotécnicas" se presenta la ubicación de los dos sondeos de muestreo selectivo, ubicados en las calles materiales arenosos se programaron:

Densidad de sólidos
Contenido de humedad

Para los materiales cohesivos se programaron las siguientes pruebas:

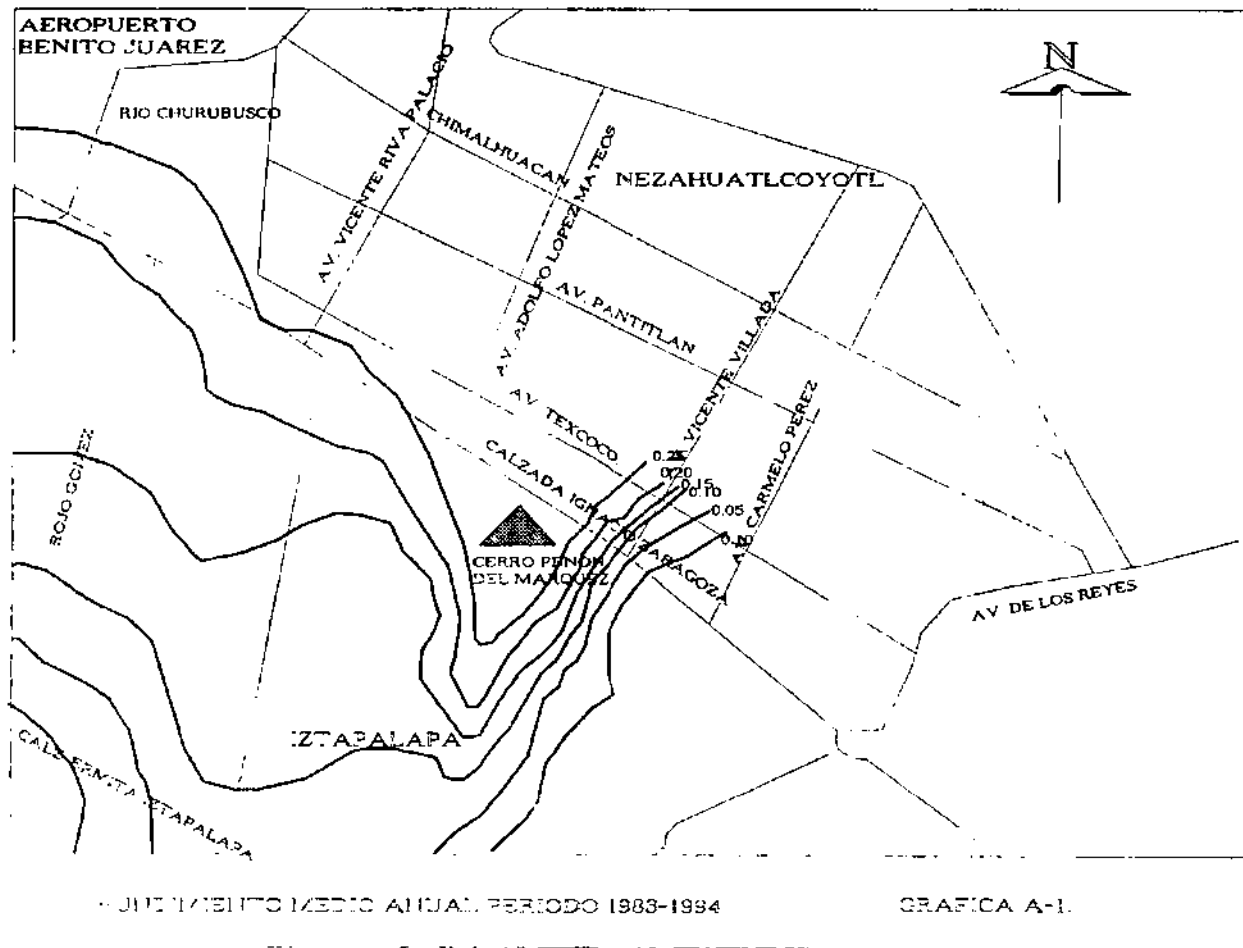
Límites de consistencia
Densidad de sólidos
Contenido de humedad
Peso volumétrico natural
Compresión simple
Triaxial rápida de acuerdo con las presiones medias
Consolidación unidimensional

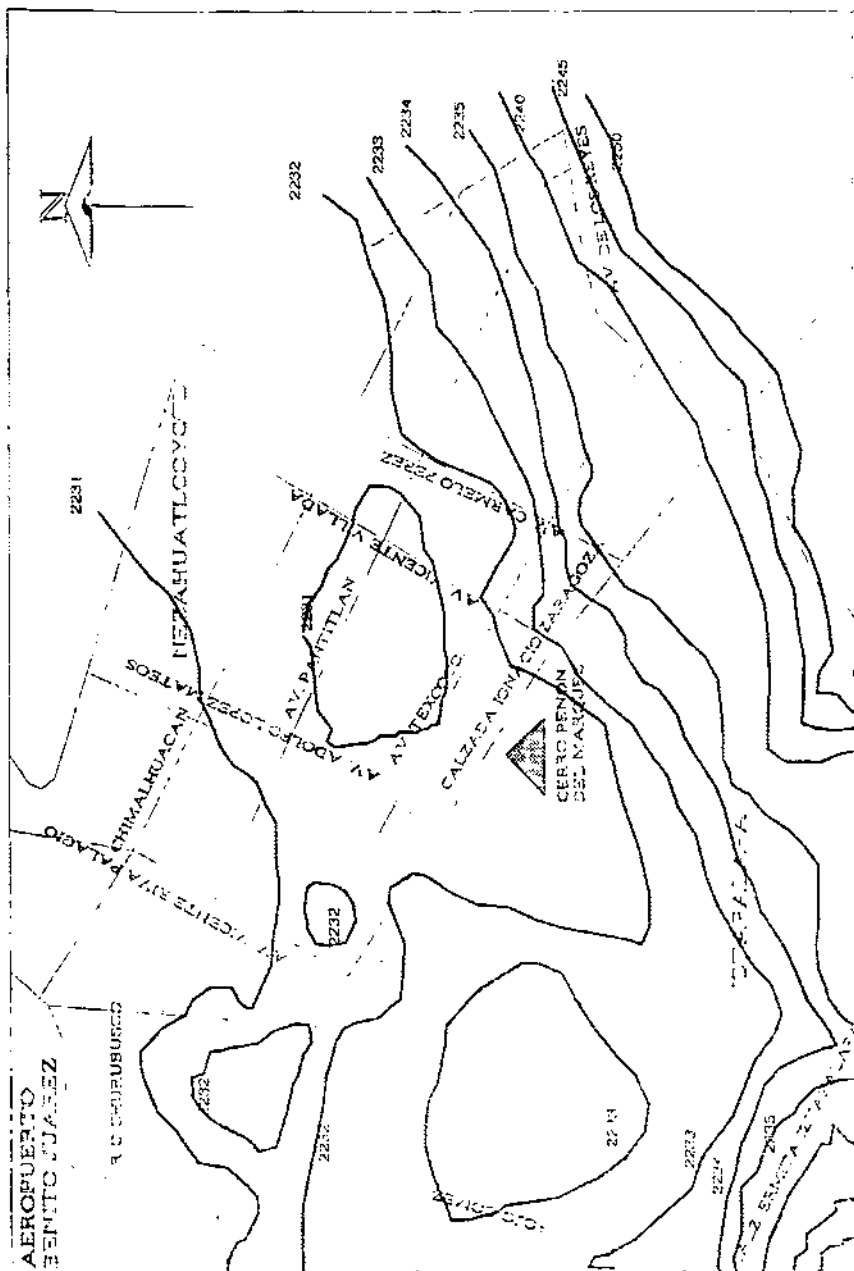
En ambos casos se programaron las pruebas dando especial énfasis en los suelos comprensibles pues su comportamiento influirá decisivamente en el comportamiento del colector. Evidentemente para la programación adecuada se determinaron los perfiles de cargas geostáticas.

Todos estos estudios que se realizan para conocer las propiedades mecánicas, físicas y estratigráficas del terreno, se hacen con la finalidad de plantear el método constructivo con que se efectuara la obra. La vital importancia de conocer el terreno y su estratigrafía, manifiesta, conocer los posibles problemas con los que se encontraran en el trayecto de la construcción. Conocer los bancos de limos, rocas, arenas, arcillas, lo que determinara las

estabilidades del terreno para la colocación y fabricación de las lumbreras, materiales a utilizar, profundidades y dimensiones de la misma.

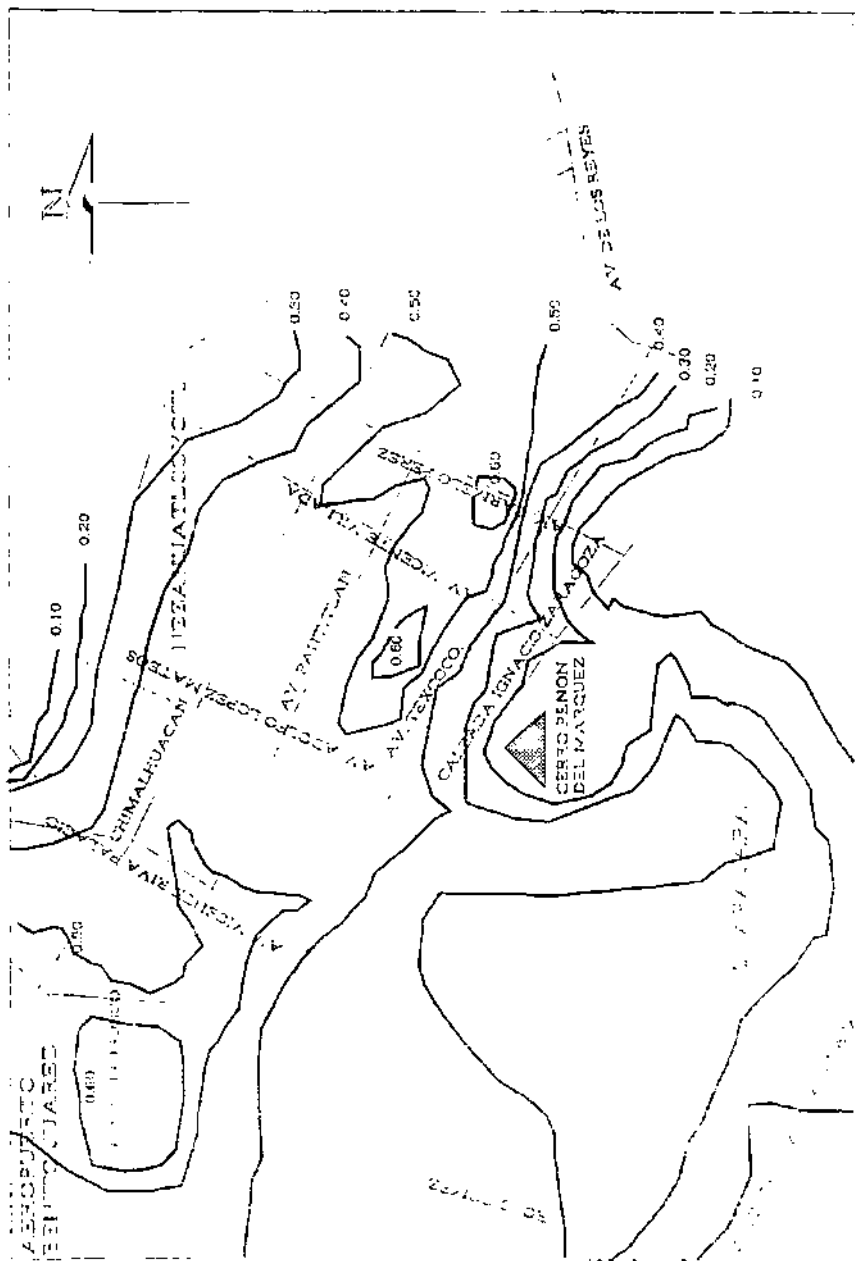
Del estudio determinado se aplicará el más confiable y supuestamente económico que es el HINCADO HIDROMECÁNICO DE TUBERÍAS "SISTEMA AKKERMAN".





GRAFICA A-3

MAPA DEL MUNICIPIO DE SAN MARCOS DE 1984



CEAF CA A-61

1952-1954

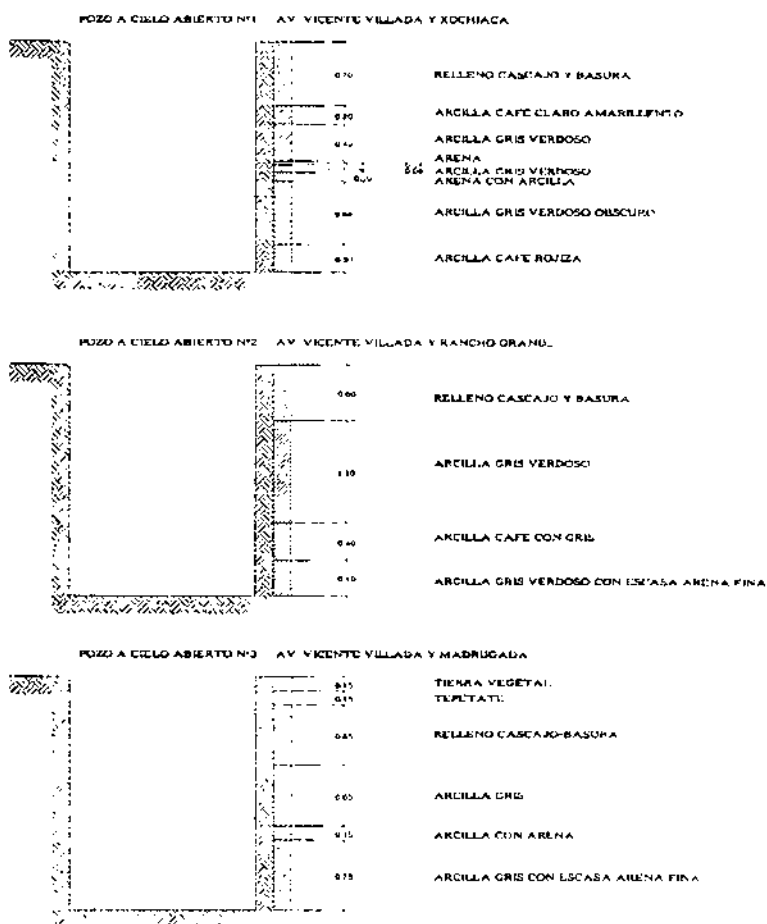


fig. 3.5 Perfil estratigráfico del suelo de la zona de obra de la colonia Vicente Villada obtenido del estudio de mecánica de suelos

3.2 FABRICACIÓN DE LA LUMBRERA.

La construcción de la lumbrera es un aspecto importante dentro del sistema de hincado hidromecánico de tuberías, puesto que permite el libre trabajo y operaciones, cuando esta se planea de manera adecuada y satisfactoria.

En este capítulo se describirá la manera óptima de la construcción de la lumbrera, analizando los sistemas mecánicos que intervienen en él.

En los trabajos grandes o complicados, puede ser imposible preparar un proyecto sin decidir también el método de construcción. Cuando los procedimientos de proyecto y construcción estén tan íntimamente relacionados que deban considerarse como una unidad, el ingeniero está obligado a especificar el método de construcción y posiblemente a proyectar el apuntalamiento.

En los suelos permeables, para hacer excavaciones abajo del nivel de agua freática, usualmente se requiere desaguar el lugar antes o durante la construcción. Hemos de suponer que el nivel de agua freática está por debajo de nuestra construcción, que es el caso de los suelos de la ciudad de México por encontrarse en la zona de los lagos.

EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO.

Las excavaciones poco profundas pueden hacerse sin sostener el material circunvecino, si existe el espacio adecuado para construir taludes que puedan soportar el material. La inclinación de los taludes es función del tipo y carácter del suelo o roca; de las condiciones climáticas, de la profundidad de la excavación y de el tiempo que la excavación vaya a permanecer abierta. Como regla, los taludes se hacen tanto como el material lo permita, por que la ocurrencia de pequeños derrumbes generalmente no tienen importancia. El costo de traer el material afectado por los derrumbes puede ser considerablemente menor que el de la excavación adicional necesaria para mantener los taludes menos inclinados.

Los taludes menos inclinados que pueden usarse en una localidad dada se determinan por experiencia. La mayor parte de las arenas tienen material cementante, o aparentan un cierto monto de cohesión debido a la humedad que contienen. Esta cementación o cohesión no garantiza la seguridad de los taludes expuestos permanentemente, aunque suelen ser útiles mientras la excavación está abierta. Aunque los taludes permanentes en los suelos arenosos rara vez son más escarpados que 1 ½ por 1, no son raros los de por 1 en construcciones más provisionales.

El talud máximo que un suelo arcilloso pueda soportar es función de la profundidad del corte y de la resistencia al esfuerzo cortante de la arcilla. Si la arcilla es blanda abajo del nivel de la base de la excavación, puede ser necesario taludes más inclinados para evitar el bufamiento del fondo. Además las arcillas rígidas o duras comúnmente poseen o desarrollan grietas cerca de la superficie del terreno. Si estas grietas se llenan de agua, la presión hidrostática reduce mucho el factor de seguridad y puede producir fallas en los taludes. El agua en las grietas también reblandece la arcilla progresivamente, de manera que es probable que la seguridad del talud disminuya con el tiempo. Por estas razones se usan con frecuencia el apuntalamiento para soportar los frentes de las excavaciones en arcilla, aunque pueda sostenerse por poco tiempo la arcilla a la altura necesaria sin apoyo lateral.

ENTIBAMIENTO Y APUNTALAMIENTO EN EXCAVACIONES POCO PROFUNDAS.

En el caso de que los trabajos del hincado hidromecánico de tuberías por el sistema Akkerman se tienen excavaciones poco profundas, analizaremos algún caso de ella, para que podamos establecer las condiciones en que se puedan soportar los taludes de este tipo de excavaciones.

Si la profundidad de la excavación no es mayor de 4.00 m. comúnmente se acostumbra hincar tabloncillos verticales alrededor del límite de la excavación propuesta, a los que se les llama *forro*. La profundidad a la que se hincan los forros se mantiene cerca del fondo al avanzar la excavación. El forro se mantiene en su lugar por medio de vigas horizontales llamadas largueros, que a su vez están soportados generalmente por puntales horizontales que se extienden de costado a costado de la excavación. Los puntales son usualmente de madera, pero si la excavación no tiene más de 1.50 m de anchura, se usan comúnmente tubos metálicos que se pueden alargar llamados puntales para cepas. Si la excavación es demasiada ancha para poder usar puntales que se extienden a lo largo de todo el ancho, los largueros pueden apoyarse en largueros inclinados, llamados *rastrillos* o *rastras*.

Para su uso se requiere que el suelo en la base de la excavación sea lo suficientemente firme para que de el soporte adecuado a los miembros inclinados.

En las siguientes figuras se muestran dos formas de apuntalamiento a poca profundidad.

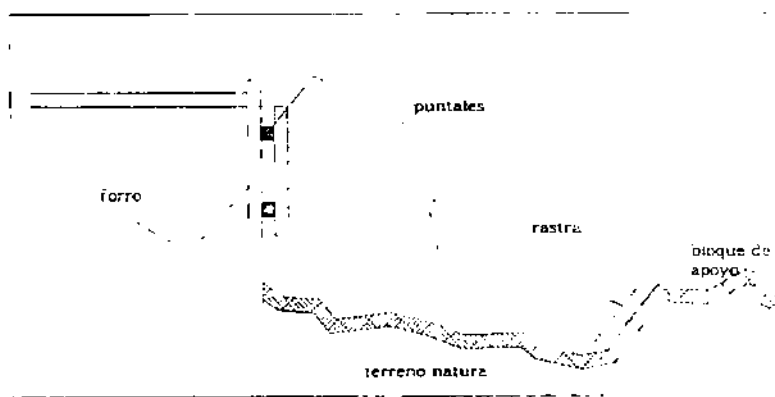
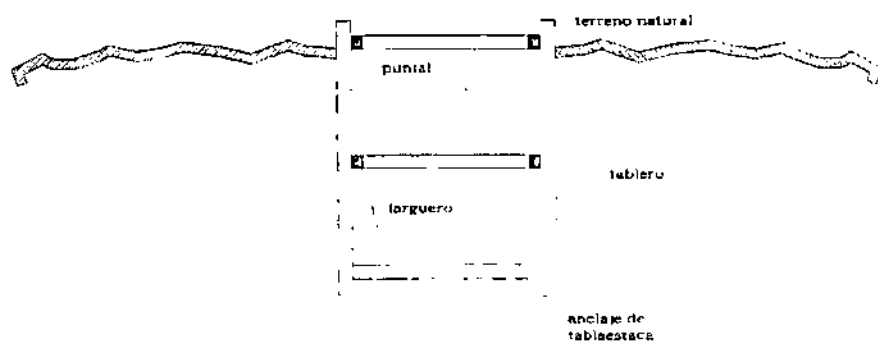


Fig. 3.6 y fig 3.7 Apuntalamiento en excavaciones poco profundas

APUNTALAMIENTO Y ENTIBAMIENTO EN LAS EXCAVACIONES PROFUNDAS.

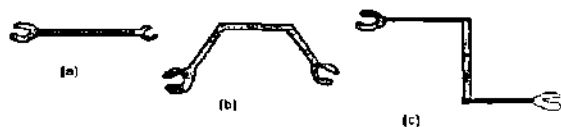


Fig. 3.8 Tipos de tablaestacas comúnmente utilizados para apuntalar los frentes de excavaciones profundas. A) de alma plana. B) de alma curva. C) con forma de Z.

Cuando la profundidad de la excavación es mayor que 6.00 m. el uso de forros de madera se hace antieconómico y se emplean comúnmente otros métodos para entibar y apuntalar. De acuerdo con uno de los procedimientos, se hincan tablaestacas de acero alrededor del límite de la excavación. Al ir extrayendo el suelo del recinto formado por las tablaestacas, se insertan largueros y puntales.

Los tipos de tablaestacas que comúnmente se utilizan para este objeto son los mostrados en la figura anterior. La resistencia y rigidez del tipo B que tiene el alma en forma de arco, excede a la de la alma plana A, mientras que las tablaestacas en forma de Z son las que tienen mayor resistencia. En consecuencia se usan los tipos A y B en excavaciones de poca profundidad, y el tipo C para excavaciones más profundas o para aquellas en que se espera tener presiones muy grandes.

Cuando la excavación se ha profundizado unos cuantos metros, se insertan largueros y puntales. Los largueros comúnmente son de acero y los puntales son de acero o de madera. Prosigue luego de la excavación a un nivel inferior, y se instala otro juego de largueros y puntales. Este proceso se termina hasta que se termina la excavación.

En la mayor parte de los suelos es aconsejable hincar las tablaestacas varios metros abajo del fondo de la excavación para evitar los bufamientos locales. En algunos casos, con la porción hincada se elimina la necesidad de instalar un puntal en el fondo del corte. Es muy importante dar apoyo vertical al apuntalamiento. Esto puede hacerse manteniendo postes abajo del sistema de apuntalamiento para que transmitan su peso al suelo inferior o sujetando el apuntalamiento a vigas que se extienden a través del borde superior del corte.

En la mayor parte de los suelos, puede exponerse una cara vertical de varios metros cuadrados sin peligro de que el terreno sufra colapso. Entonces puede ser posible la eliminación de las tablaestacas para remplazarlas por una serie de pilotes en forma de H colocados a una separación de 1.00 a 3.00 m. Estos pilotes verticales, se hincan con sus patines paralelos a los costados de la excavación como se muestra a continuación.

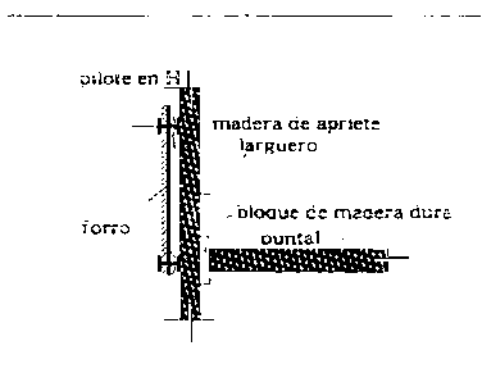


Fig 3.9 Sección transversal en apuntalamiento típico de excavaciones profundas de frente retenido por pilotes H y forro.

Si el ancho de una excavación profunda es demasiado grande para que permita el uso económico de puntales a través de toda la excavación, pueden usarse puntales inclinados, siempre que exista el apoyo adecuado para ellos. En algunos casos es posible excavar la porción central del lugar a su máxima profundidad y colar parte de la cimentación. Después, la parte terminada de la cimentación sirve de apoyo para a los puntales inclinados o rastras que se requieren cuando se termina el resto.

MOVIMIENTOS EN LAS EXCAVACIONES.

Para excavar casi siempre es necesario extraer material, en consecuencia se produce un cambio en el estado de esfuerzo de la roca o suelo, debajo y a los lados del espacio excavado. Este cambio ocurre, se entiben o no los frentes del corte.

Como ningún material puede sufrir cambio de esfuerzo sin las deformaciones correspondientes, la excavación siempre está asociada a movimientos de la superficie del terreno adyacente. Estos movimientos tienen el carácter usualmente de asentamientos, pero en casos raros, la superficie del terreno puede subir.

Por otra parte, un apuntalamiento proyectado correctamente y construido con cuidado, puede reducir materialmente el cambio en la presión lateral en el material adyacente a la excavación, y por lo tanto, es capaz de reducir los asentamientos a un valor que puede considerarse prácticamente como mínimo para un trabajo particular.

Donde los asentamientos pueden dañar estructuras adyacentes, es uno de los deberes principales del ingeniero de asegurarse de que el método propuesto para apuntalar las excavaciones es capaz de reducir los asentamientos a valores tolerables.

En muchas obras, han ocurrido movimientos excesivos y aun fallas en que el sistema de apuntalamiento está bien proyectado. Las dificultades se originan debido a que los pasos de la secuencia de la excavación y el apuntalamiento no estaban bien especificados o no se siguieron, y se permitió que la excavación avanzara demasiado, antes de que se instalara el siguiente grupo de apoyos.

Cuando las consecuencias de los asentamientos de la propiedad adyacente o una falla sean serios, se hacen observaciones en el campo para advertir con anticipación las tendencias desfavorables. Estos estudios pueden incluir la medida de movimientos laterales y verticales del entibamiento y el apuntalamiento, de las fuerzas que se producen en las rastras y en los puntales, de los asentamientos de las estructuras adyacentes, y de los niveles piezométricos colocados debajo y al lado de las excavaciones.

En la construcción, se tiene que los esfuerzos que actúan principalmente, son los de bufamiento del terreno. Esto es, que el terreno tiende a "empujar" la base que se ha colocado para soportar el equipo y mecanismos de hincado.

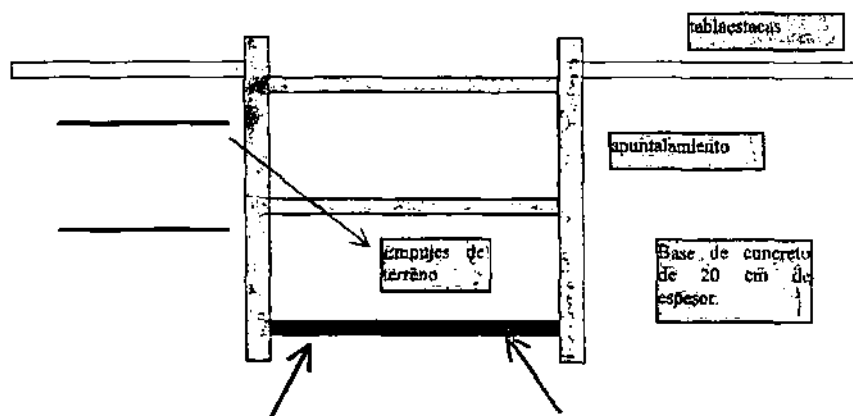


Fig. 3.10 Empujes principales en construcciones profundas o semiprofundas

ESTRUCTURAS FLEXIBLES QUE CONTIENEN TIERRA.

La mayor parte de los muros de sostenimiento de gravedad y en voladizo, son capaces de girar, con relación a sus bases, lo suficiente para satisfacer los requisitos de deformación, necesario para que se genere el estado de esfuerzos activos en la cuña de falla. La presión total de tierra contra el muro es entonces la activa, la cual, para un relleno de superficie horizontal plana, se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$p_A = \frac{1}{2} k_A \gamma H^2$$

La distribución de la presión de tierra con la profundidad es lineal y se puede calcular con la ecuación:

$$p_A = k_A p_v = \frac{1 - \text{sen}\theta}{1 + \text{sen}\theta} p_v$$

Las tablaestacas ancladas y los ademes de las excavaciones, anclados o no, usualmente son miembros que tienen una rigidez a la flexión relativamente pequeña, pero que están apoyados a varias alturas en anclas o puntales y también por el empotramiento que se les dá hincándolos en el suelo, abajo del nivel inferior de la excavación. Los apoyos imponen restricciones al movimiento de los muros. Por lo tanto, al progresar la excavación frente a los ademes, o al hacer el relleno detrás de las tablaestacas, los muros se deforman y se mueven tomando formas características, que son las que se indican a continuación.

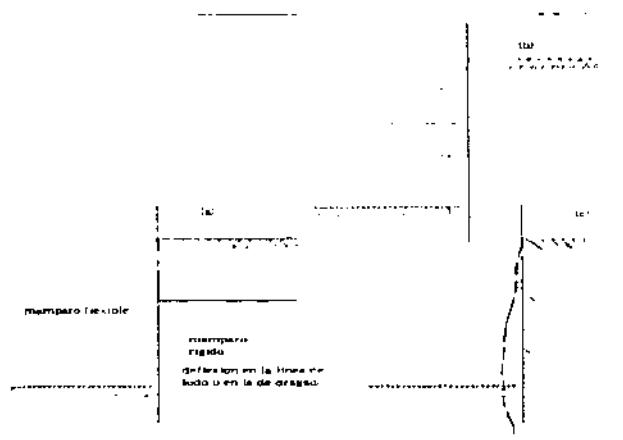


Fig 3.11 Patrones típicos de deformación de muros verticales a) tablaestaca anclada B) ademe apuntalado. C) ademe anclado

Las deformaciones cerca de los extremos superiores de los muros son considerablemente menores que en las que corresponden al estado activo de Rankine, mientras que en los extremos inferiores son mayores. La presión real de tierra contra el respaldo de un apoyo vertical flexible y las cargas en los miembros de apoyo dependen en grado considerable, no solamente de las propiedades del suelo que se soporta, sino que también de la secuencia de las operaciones de construcción.

TIPOS DE FALLA EN LAS TABLAESTACAS ANCLADAS.

Las tablaestacas se hacen usualmente de acero, aunque algunas veces se utilizan pilotes de concreto reforzado y pilotes de madera tipo Wakefield. Los pilotes se apoyan comúnmente cerca de sus cabezas por medio de vigas horizontales o largueros, unidos a tirantes de acero anclados. La mayor parte de las tablaestacas se colocan en las obras marítimas y fluviales. En algunos casos pueden hincarse los pilotes y construirse las anclas y el relleno del lado de la tierra. La estructura se llama entonces tablaestaca de relleno.

Una tablaestaca tiene tres modos de falla principales:

1) Si la tablaestaca está hincada en material cohesivo débil, el suelo subyacente puede experimentar una falla por capacidad de carga bajo el peso desequilibrado que está por detrás. Los movimientos pueden tomar la forma de una falla general de tipo rotacional, abarcando la tablaestaca y aún el anclaje. La fuerza que tiende a causar la falla por capacidad de carga consiste en el peso completo del suelo y del agua detrás de la tablaestaca. El peso W_w y la presión lateral P_w del agua en el frente de la tablaestaca, deben de incluirse en las fuerzas resistentes.

2) El anclaje puede fallar debido a que se haya subestimado las fuerzas en los tirantes de las anclas, a que se haya subestimado la resistencia del anclaje, o a que este se haya colocado demasiado cerca del tablero y se mueva con él hacia el agua. En algunos casos el asentamiento del terreno bajo los tirantes, debido a la compresión de capas profundas subyacentes de material compresible, hace que estas soporten gran parte del peso del material sobreyacente y de las sobrecargas. De esta manera, los tirantes quedan sujetos a una tensión adicional que puedan romperlos.

3) El empotramiento puede ser inadecuado y por tanto, el suelo frente a la porción embebida, puede experimentar o fallar movimientos laterales excesivos. Si el nivel freático detrás de la tablaestaca está más alto que en el frente, caso no raro después de una lluvia, fuerte o en zonas donde ocurren fluctuaciones de mareas, el agua tiende a fluir hacia abajo detrás de la tablaestaca y hacia arriba entrente de la porción hincada. Las fuerzas de filtración ascendentes pueden reducir apreciablemente la resistencia del suelo entrente de la tablaestaca, especialmente en las arenas finas o limosas.

Muchas tablaestacas, en función durante años, han fallado al experimentar una carga hidráulica diferencial excepcionalmente grande.

Estos tres tipos de falla que se han descrito representan la gran mayoría de los que suceden en las tablaestacas. En contraste, las fallas de las tablaestacas por flexión, bajo la influencia de la presión de tierra es extremadamente rara.

Los detalles del proyecto estructural requieren un cuidadoso estudio para evitar otros tipos de falla. Como algunas veces se colocan del lado de tierra largueros en los tableros. Para resistir en tensión toda la fuerza de los tirantes, se requieren pernos entre las tablaestacas y los largueros. Por lo tanto esto pernos pueden fallar, si por cualquier razón, se ha subestimado la fuerza en los anclajes.

EQUILIBRIO EN LAS TABLAESTACAS.

La profundidad necesaria de empotramiento se calcula tomando momentos de todas las fuerzas horizontales que obran en la tablaestaca respecto al punto de aplicación de la tensión del ancla. La experiencia ha demostrado que la profundidad determinada de ésta manera es satisfactoria en los suelos cuidadosamente explorados y que son relativamente homogéneos. Aunque en principio el cálculo de los momentos con relación al punto de aplicación de la tensión del ancla es sencillo, la determinación de la profundidad de empotramiento en la arena incluye una ecuación cubica que se resuelve mas cómodamente por tanteos. Después que se ha determinado la profundidad de empotramiento, la tensión del ancla puede calcularse igualando a cero la suma de los momentos de todas las fuerzas horizontales de las tablaestacas con relación al punto de aplicación de la resistencia pasiva.

Para tomar en cuenta las inevitables variaciones en la resistencia y compresibilidad de los materiales situados en frente de la porción embebida de la tablaestaca, se considera una buena técnica hincarlas a una profundidad de 20 % mayor calculado de D , para tener un factor de seguridad. Para tomar en cuenta la diferencia para la distribución real de la presión contra el tablero y la calculada ignorando la influencia de la flexibilidad del mismo, el valor calculado de la tensión del ancla, se aumenta en 20 % antes de proyectar el anclaje.

MOMENTOS MÁXIMOS EN LAS TABLAESTACAS.

Numerosas observaciones hechas en el campo, así como pruebas completas de laboratorio, han demostrado que los momentos flexionantes en los tableros de las tablaestacas ancladas son mucho más pequeños que los que se calculan al aplicar las fuerzas. El error produce un costo excesivo y en algunos casos indicaría momentos tan grandes que las tablaestacas tradicionales no podrían usarse.

Se producen momentos flexionantes más pequeños como consecuencia de por lo menos tres factores. Debido a que las tablaestacas usadas en la práctica son comparativamente flexibles, su flecha en la línea de lodo, comparada con la que se produce

en la punta, es relativamente mayor que la que sería si las tablaestacas fueran rígidas. Por lo tanto, la presión resultante resistente P_p actúa en un nivel más elevado, más cercano a la línea de lodo.

En la práctica, las observaciones de campo han demostrado que las tablaestacas que en la profundidad de empotramiento se ha determinado de acuerdo con los procedimientos descritos, presentan la posibilidad de que aparezca un punto de curvatura inversa o de la inversión de la flexión muy cercano a la línea de dragado.

ALGUNAS CONSIDERACIONES PRÁCTICAS SOBRE LAS TABLAESTACAS.

Las tablaestacas ancladas que se construyen comúnmente a lo largo de un frente de agua donde los suelos orgánicos blandos recientemente depositados, cubren materiales firmes. Las tablaestacas se hincan, sostenidas por tirantes de anclaje y se rellenan con arena. Al acercarse el relleno desde aguas arriba, el material blando puede acumularse en forma de olas de lodo delante de la arena que avanza y quedar atrapado contra la porción inferior de las tablaestacas.

Cuando se usen tablaestacas ancladas para sostener rellenos de arcilla o de suelos orgánicos, o donde estos materiales sean el terreno natural atrás de una tablaestaca dragada, las presiones laterales puedan ser excesivas.

TIPOS DE FALLA DE TABLAESTACAS EN ARCILLA.

Las excavaciones dentro de los cortes apuntalados en arcilla generalmente se hacen rápidamente con respecto a la velocidad con la que la humedad de la arcilla pueda ajustarse a las nuevas condiciones de esfuerzo. Por tanto prevalecen las condiciones de resistencia no drenada, en que $\dot{\epsilon} = 0$. Al aumentar la profundidad en el corte, el suelo que está fuera de los muros se comporta como sobrecarga con respecto a la arcilla que está dentro del recinto y hace que el suelo que está debajo de la excavación se levante.

El movimiento ocurre aunque el ademe sea relativamente rígido y se extiende a una distancia considerable abajo del fondo del corte, a menos que exista una formación firme a poca profundidad bajo el nivel de la excavación. Si el corte resulta muy profundo con respecto a la resistencia de la arcilla, el hundimiento del fondo puede ser incontrolable, los asentamientos en la superficie del terreno circunvecino excesivos, y el sistema de apuntalamiento puede sufrir un colapso.

En las arcillas como en las arenas, las fallas por flexión de los largueros, de las tablaestacas o de los pilotes verticales son raras. Si no existe la posibilidad de que el fondo no se hufe, el tipo principal de falla que habrá que cuidar es la flexión transversal de los puntales o la cedencia de los largueros donde ocurren las reacciones de los puntales.

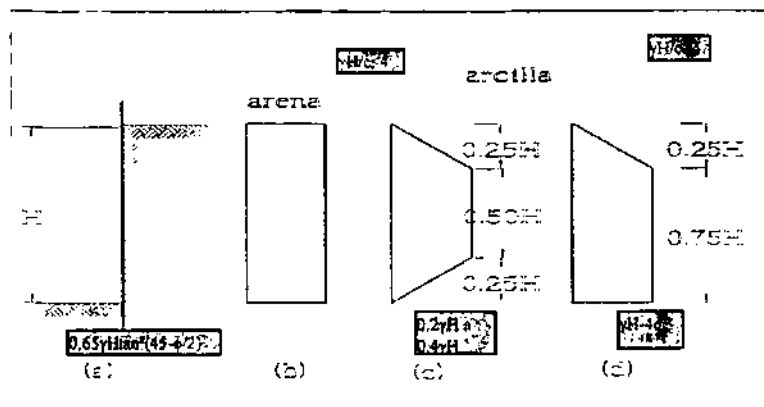


Fig. 3.12 Diagramas de presión aparente para calcular cargas en los puntales de cortes entibados a) Croquis de la pared del corte b) Diagrama para cortes en arena seca o húmeda c) Diagrama para arcillas si yH/c es menor que 4 d) Diagrama para arcillas si yH/c es mayor que 4 siempre que yH/cb no exceda de 4 donde c es la resistencia al esfuerzo cortante media, no drenada y cb es la resistencia no drenada de la arcilla abajo del nivel de la excavación.

La construcción de la lumbrera propiamente consta básicamente de cuatro etapas que son las siguiente:

1. Excavación.
2. Hincado de las tablaestacas.
3. Refuerzo y control de las tablaestacas.
4. Plantilla para sostener el equipo de hincado.

Las excavaciones para la elaboración de la lumbrera están en función de la profundidad de colocación del equipo, es decir, la profundidad de plantilla donde se colocará el equipo de hincado. La dinámica de construcción de las lumbreras se sigue de acuerdo a la cantidad de tubos que el equipo de hincado pueda desplazar, según la fuerza de empuje. Las distancias de separación de las lumbreras es de aproximadamente 200 m.

Una vez que se ha fabricado la primera lumbrera, se dispone a instalar el equipo de empuje de acuerdo al sistema elegido. Mientras se está hincando la tubería en el primer tramo, se procede a efectuar la preparación de la siguiente lumbrera, una vez que ya se han elaborado los trazos y dirección del drenaje.

El proceso de construcción de las lumbreras, por dinamismo, está de terminado por la dirección de proyecto de la tubería. Esto es, se comienza por construir la última lumbrera, que es la cota mas baja que se encuentra en el trayecto del túnel, con la pericia de no tener que provocar esfuerzos mayores a la unidad de acarreo. Cuando la unidad de acarreo sale llena del túnel para dejar la tolva para que se a sacada por la grúa, que se encuentra sobre la

superficie, la pendiente que es de bajada le ayude a no gastar mas batería y se desplace mas rápido sin mas esfuerzo.

Estas son algunas de las consideraciones que se deben de contemplar en la construcción de una lumbrera y que son de gran importancia en el proceso de los trabajos.

La plantilla que se coloca está en función de la profundidad de la lumbrera, y por experiencia se ha notado que su espesor es de 20 cm de concreto hidráulico simple de una resistencia de 300 kg/cm² normal o de resistencia rápida.

La plantilla se coloca en la parte nivelada del piso de la lumbrera con el fin de soportar los esfuerzos provocados por el terreno y para dar la nivelación de la corredera que es la base para que el escudo excavador comience con una nueva excavación. Esta nivelación esta en función de la pendiente de proyecto que se requiera del hincado de la tubería.

3.3 COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE HINCADO.

El sistema de hincado hidromecánico de tuberías es el alma de la excavación. Es el sistema importante en la construcción para este tipo de túneles.

Una vez que se ha fabricado la lumbrera en su totalidad y que ha quedado puestos todos los refuerzos de la tablaestacas metálicas, puntales, rastras y escaleras de servicios, se procede a montar el equipo de excavación o sistema de hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman.

Ya tomadas las dimensiones requeridas para la lumbrera y colada la plantilla de la misma, el primer elemento que se coloca es la corredera, el elemento mecánico que soportará al escudo y todo el sistema de hincado. La colocación de la corredera está en función, como ya se ha mencionado, de la pendiente que se requiera para colocar el escudo excavador. La figura siguiente ilustra la posición de la corredera dentro de la lumbrera fabricada.

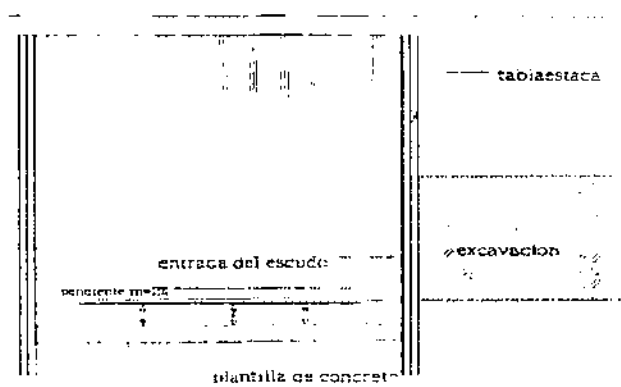


Fig. 3.13 Pendiente de la plantilla de concreto simple indicando la pendiente requerida de proyecto para la colocación del escudo excavador

Como la plantilla de concreto no queda normalmente lisa y presenta algunas imperfecciones en la superficie, la corredera tiene gatos mecánicos para su nivelación, y así ayudar a la instalación del equipo.

Posteriormente de la colocación y la nivelación de la corredera se bajan los platos de los gatos (cilindros telescópicos) con su respectiva nivelación, tomando en consideración para la colocación de los cilindros que contraídos miden 3.60 m y extendidos miden 6.10 m, esto quiere decir que se deben de tomar todas las medidas pertinentes para que una vez que se comience a bajar el escudo excavador no interfiera alguna mala medición y se tengan retrasos por hacer maniobras adicionales.

A la bajada de los cilindros, se tiene que en el plato de cilindros, se cuela un bloque de reacción que es a base de concreto simple de una resistencia de 300 kg/cm² capaz de soportar las reacciones provocadas por el empuje de los tubos con el equipo de hincado. Este bloque es calculado en base a la carga a soportar con el terreno y la reacción del empuje, lo que se considera estándar para casi todo el proceso.

Se baja de manera simultánea el anillo de empuje o joko, que es el elemento que empuja propiamente a la tubería conjuntamente con los cilindros telescópicos. Este elemento se coloca sobre la corredera y es un elemento que se contrae y se extiende junto con los cilindros el número de veces necesario, esto es que se desplaza cada vez que se introduce y se hincan un tubo. El anillo de empuje da una superficie de contacto más uniforme para que al contacto con los tubos no sufran una fractura y no se pierda una pieza. Aunado a esto, entre el tubo y el anillo de empuje, se coloca un anillo de madera de 1/4" de espesor promedio para evitar la fractura o despostillamiento de los tubos.

Una vez que se han instalado los elementos principales del equipo se procede a la colocación del escudo excavador. Esta maniobra se lleva a cabo con la grúa, dado que el escudo excavador, pesa 76 ton y su colocación es muy rigurosa. Las maniobras que se producen para la colocación del escudo deben ser muy particulares, sobre todo cuidar que los elementos humanos no se encuentren cerca de la maniobra, para evitar posibles riesgos, de una desgracia.

Se debe de checar que el escudo una vez que se encuentra en posición de ser colocado, tenga la vertical y horizontal requerida de proyecto, por que una vez abajo en la fosa de maniobras, no se pondrá el personal a revisar que se encuentra en una posición inadecuada para comenzar con su trabajo. El escudo en su parte frontal cuenta con unos elementos que le dan la posición horizontal y vertical, y que deberá de seguir para que el túnel, tenga su trazo original.

Cuando un trabajo se realiza con elementos de medición precisa, se toman en cuenta todas las imponderables tangibles, para que el proceso de los trabajos no se retrase. Uno de los problemas cotidianos que se presentaron en la colocación del escudo excavador, es la de que su instalación no cumplía con las dimensiones necesarias. Entre el plato de colocación

de los cilindros y el anillo de empuje, no tenían la medida de 3.60 m mínimo que se pide para que se contraigan los cilindros, puesto que se ponía un material adicional en el plato de colocación de los anillos de empuje. La causa principal fue que se colocó una placa de acero adicional de 2" de espesor para soportar las reacciones producto del empuje del hincado hidromecánico de la tubería. Este simple echo retrasó la colocación del escudo excavador durante 3 días, dado que la colocación de esa placa de 2" redujo el área de colocación del sistema de empuje.

Una falta de práctica del ingeniero residente puede provocar grandes pérdidas en la ejecución de los trabajos. Resulta que si se detienen los trabajos de hincado de la tubería, concepto que en el presupuesto de un hincado hidromecánico de tuberías, representa en promedio un 85 % del presupuesto total.

Cuando todos los elementos del equipo de hincado ya se encuentran colocados en su lugar, se procede a la colocación de las instalaciones adicionales como lo son la fuente de poder, la bomba de inyección de bentonita, el inyector de aire y la fuente de energía, mientras en la fosa de operaciones se coloca la consola de control, que es la que controla todo el sistema de hincado hidromecánico. De esta forma se comienza con la instalación de las mangueras de conexión hidráulica del escudo excavador, la banda transportadora y de los cilindros de empuje. Cabe mencionar que todas las mangueras se conectan primeramente a la consola de control para posteriormente colocarse a sus sistemas respectivos.

Para facilitar las maniobras de los trabajos y así eliminar algunos contratiempos, los equipos principales del sistema se colocan sobre plataformas. Esto es, la fuente de poder se coloca sobre una plataforma al igual que las fuentes de alimentación del equipo y artículos menores. Cuando se necesita de cambiar los equipos de lumbrera a lumbrera, así se evitan las maniobras con alguna grúa, y solo son acarreados en sus respectivas plataformas. En ocasiones se puede disponer de alguna plataforma pequeña para el transporte de los equipos no tan grandes como lo son, la bomba de inyección de bentonita, la bomba de inyección de aire y acarreo de materiales diversos tales como las estaciones intermedias de hincado, placas de acero para fabricación de lumbrera etc..

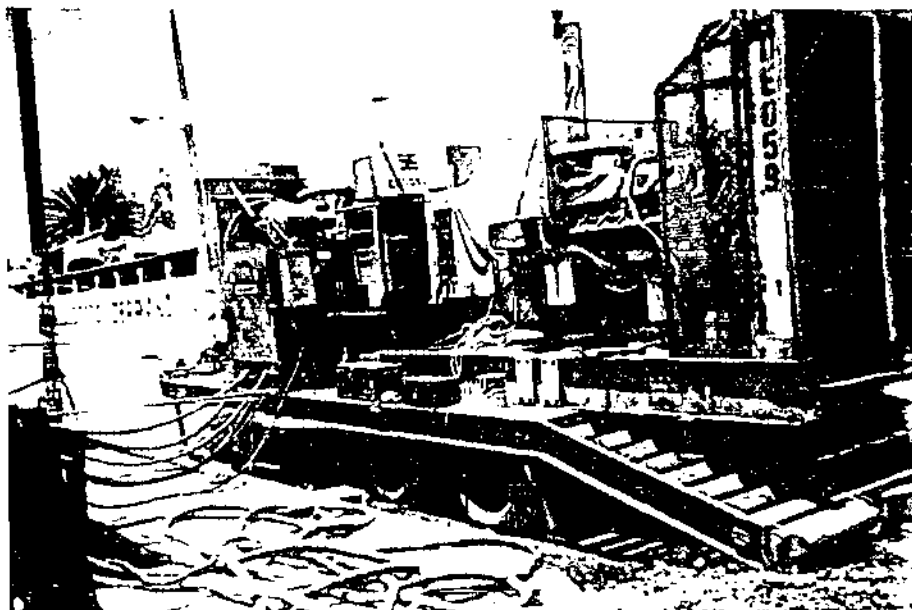


Fig. 3.14 Película que muestra la colocación de los equipos sobre plataformas para un traslado más eficiente.

Utilización de una bomba de achique La utilización de una bomba de achique, es imprescindible, dado por la profundidad en que se trabaja, sobre todo en épocas de lluvia. Debido a que en estos lugares de la zona metropolitana de la ciudad de México llueve demasiado, se debe de tener presente la presencia del agua en la lumbrera. Puede que no esté previsto, se puede interferir con una instalación de aguas negras o de agua potable, existe el riesgo de tener presencia de agua en la lumbrera, y por esta forma se tiene el bombeo cuando se necesite. Por otra parte, el agua que se encuentra en el terreno producto del nivel freático, que por más que se evite el paso de agua freática no es controlable. En algunos, casos la filtración de agua a través del tablaestacado, es de unos 50 litros por minuto y en este caso, el bombeo es muy funcional.

Durante la época de lluvias el agua en la cuenca hidrológica de Xalostoc, alcanza en algunos lugares, una altura de uno 82 cm de agua. Por este motivo se ordenó la construcción del drenaje, para desalojar todas las aguas provenientes de las colonias aledañas y así evitar inundaciones en esta zona. En realidad esta acción de introducir el drenaje con e diámetro indicado, alivia en poca medida las inundaciones en esta zona. Se requiere de hacer más obras de este tipo para aliviar en mejor manera la comunidad en cuestión.

Una vez que se ha instalado el escudo excavador y complementos, se hace la instalación de la banda de acarreo de la rezaga. Por comienzo de la excavación, se coloca la banda corta, debido a que no cabe junto con la unidad de acarreo. Las maniobras se llevan a cabo con la grúa, ya que la banda pesa en promedio unos 1.000 kg. Esta banda puede retroceder o avanzar, dependiendo de las acciones a realizar.

Como se ha mencionado, el personal encargado de las maniobras de la banda, el escudo y en general el sistema hidráulico, debe de tener todas las precauciones para dar comienzo con los trabajos. En el caso de que el personal se encuentre haciendo una reparación o conexión de alguno de los elementos, debe de cerciorarse el jefe de frente que se ha terminado con toda la instalación para no provocar algún accidente.

Se verifica que la instalación de las mangueras hidráulicas no pierdan aceite para no tener fugas de presión, tanto en la inyección de presión como en el retorno. De la misma forma se prepara en superficie las tuberías para la inyección de la bentonita y su retorno. Así mismo se preparan los tramos de vías para el sistema de acarreo que se introducirán en cada tubo a hincar.

Como modo de previsión de accidentes, se le ordena al personal no trabajar sin antes no tener los dispositivos de protección tales como guantes, botas y casco, esto debido a que el trabajo es de riesgo y pueden sufrir alguna lesión.

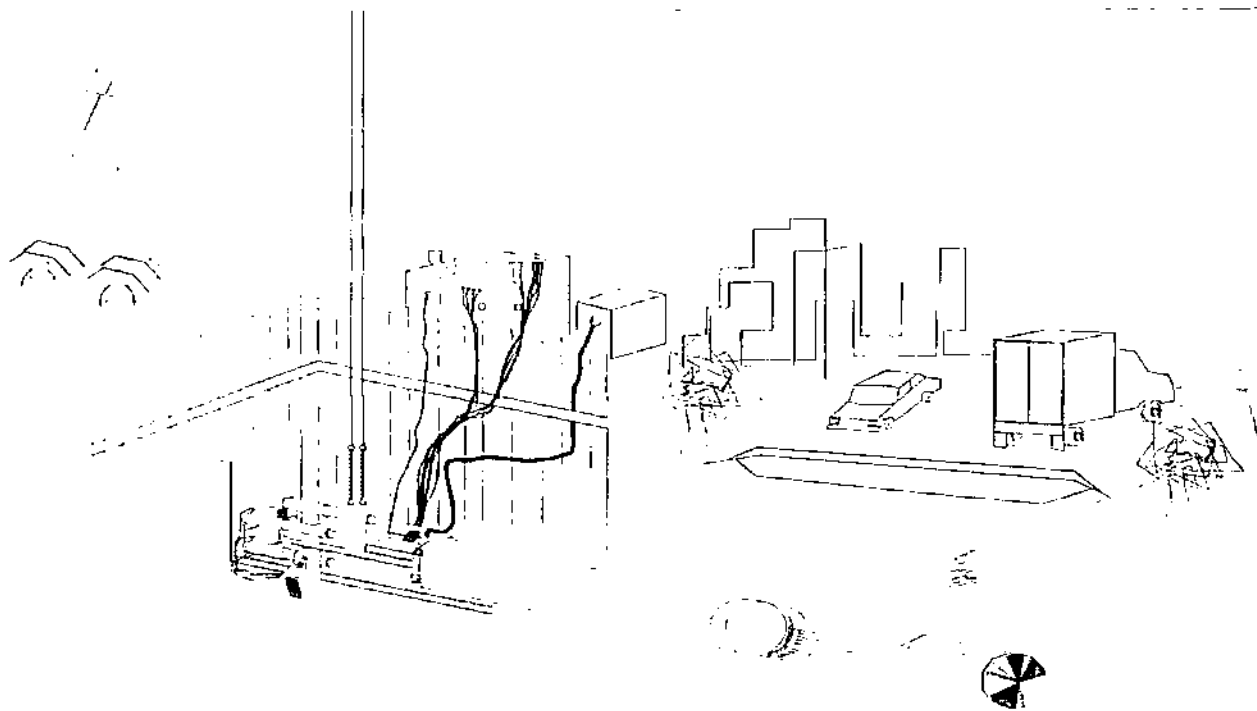
Para una buena alimentación de energía al equipo es necesario prever las fuentes de energía que se necesitarán. Para no detener los trabajos, es necesario tener en cuenta que el equipo consume energía a 440 Volts y también se necesita energía 220 y 110 Volts para los equipos menores. No es recomendable utilizar solo una fuente de energía para todos los equipos; por tal forma, se cuenta con una planta de energía que produce 440 Volts, solo para el equipo y otra planta de energía que produce 220 y 110 Volts, para los equipos menores y trabajos diversos. Estos trabajos van desde la soldadura de las varillas para fabricar una escalera hasta iluminar el área de trabajo durante la noche.

Se puede dar el caso de que no se disponga de una fuente de alimentación del equipo adicional y la única fuente de alimentación disponible se requiera utilizar para la utilización de toda la energía necesaria. En primera parte, no se puede tomar toda la corriente de una sola planta de energía puesto que la energía que se necesita es de diferentes voltajes y por más que se tengan balanceadas las cargas necesarias, se requerirá de conectar por lo menos un foco adicional. Esto provocara un desbalanceo en la planta de energía y provocar que falle eléctricamente el equipo.

Todas las condiciones de trabajo se planean estratégicamente para dar funcionalidad al proyecto. Todas las actividades, incluyendo la mas insignificante como lo serian taquetes para sujetar las líneas de conducción de bentonita, se tienen presentes en el programa de ejecución de los trabajos, puesto que son obras de un volumen monetario alto y sobre todo de gran funcionalidad para la población.

Este tipo de obras requieren de la observación directa de personal especializado para su realización. a todo lo realizado por el personal de obra, de preparar el tramo de obra para el hincado hidromecánico de la tubería, la actividad subsecuente a confeccionar. es la del hincado de la tubería previa preparación.

Fig. 3.15. En la siguiente lámina se muestra un sistema colocado completamente y su operación.



TECNOLOGIA DE MEDICINA.

ALCANTARA ADRIANO BALVAC

3.4 EXCAVACIONES.

El proceso de excavación es muy simple en el sistema de hincado hidromecánico de Akkerman. A diferencia de los procesos de excavación a cielo abierto en donde todo el material producto de las excavaciones debe de retirarse, en el sistema hidromecánico solo se retira el del volumen de excavación del tubo por hincar.

EXCAVACIÓN DEL TÚNEL.

El avance y conducción del escudo, como se ha mencionado anteriormente, el escudo avanza apoyado sobre el terreno como si estuviera flotando. Al inicio de la excavación, el escudo se encuentra apoyado sobre la corredera dentro de la fosa de operaciones ya con la posición y pendiente necesaria de proyecto.

Para comenzar la excavación en su etapa inicial del túnel se fabrica principalmente en la tablaestaca la perforación por donde el escudo entrará a excavar inicialmente. La excavación comienza con el primer empuje del escudo al terreno y extrayendo la primera rezaga del material excavado.

Para que la excavación del túnel sea exitosa, no se debe de perder de vista que cada empuje debe de responder a una planeación general de la conducción del escudo, por lo que cualquier corrección a la desviación que se presenta a la línea de proyecto, deberá ser estudiada y planeada de manera conveniente.

De echo, los túneles construidos por los equipos de Akkerman, normalmente son de tipo lineal en cada segmento que se construye. Esto es, si se comienza a construir un túnel de una longitud de unos 100.00 m, este tramo de construcción es normalmente rectilíneo. Al iniciar cada ciclo de excavación para efectuar el empuje se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

I.- A través del haz luminoso (láser), verificar la posición del último tubo colocado respecto a su alineamiento y elevación, a fin de poder planear el empuje, y que por medio de este, se obtengan los resultados esperados. Cabe hacer la aclaración que el escudo cuenta con dispositivos similares a los de un sistema de drenaje profundo llamados PITCHING Y ROLLING, los cuales indican la posición del escudo en forma vertical y horizontal y la acción de giro, del mencionado escudo a fin de poder planear los empujes del mismo, o un horizonte artificial en caso de que el láser falle o se encuentre sin servicio.

II.- Se debe de tener presente que el espacio existente entre el diámetro exterior del escudo y el diámetro exterior del tubo existe una diferencia de aproximadamente 5 cm, esto para que el hincado de la tubería se facilite durante el empuje.

III.- En todos los empujes se debe de tener cuidado de la separación entre tubo y tubo que no rebase la separación de la ceja de conexión, con ello se evitan futuras filtraciones entre las uniones de los tubos, a pesar de que dichos tubos poseen juntas herméticas. El tener la junta hermética no garantiza que una filtración no se produzca, la junta pueden embonar mal entre las uniones de los tubos y permitir el flujo del agua. También puede provocar que la inyección de bentonita sufra fugas dentro del terreno y la superficie exterior del tubo.

Uno de los instrumentos de medición con los que cuenta el escudo es la consola de control central la cual recibe toda la información de todas las presiones que se inyectan al frente de excavación, la cual, en comunicación con el operador del frente de excavación, obtiene información entre el volumen excavado y el volumen desplazado, mismo que se retira fuera del área de excavación, con el fin de evitar sobre excavación.

Lo normal de la excavación entre el escudo y la relación de material que se desaloja es que el escudo mientras excava, desaloja el material mediante el sistema de acarreo, y cuando no está el sistema de acarreo presente, no se llena de material de rezaga en la cabina del operador.

AVANCE DEL ESCUDO EN PROCESO DE LA EXCAVACIÓN.

Los controles con los que cuenta el escudo para su desplazamiento en el frente de excavación y los gatos de empuje, permiten al escudo avanzar de la siguiente manera:

I.- **Avance alternado.** Es la repetición del ciclo hasta completar el avance del escudo a través de los gatos de empuje, dejando entre el último tubo colocado y el espacio por la extensión de los gatos, el espacio suficiente para el hincado de la tubería. Para aclarar lo antes mencionado, el cuerpo del escudo avanza cortando el terreno con sus paredes exteriores, el excavador hidráulico que se encuentra en el frente del escudo excavando, mantiene una presión contra el frente de excavación, conservando la presión frontal; una vez que el cuerpo del escudo haya avanzado unos cuarenta centímetros, se detiene para iniciar la excavación accionando el excavador hidráulico para permitir la

entrada a la cámara del material excavado para después ser transportado por el acarreo. En algunos casos en donde el terreno es más inestable, cuando el escudo excavador cuenta con compuertas hidromecánicas, se accionan las compuertas hidromecánicas, y se inicia la rotación del escudo excavador, provocando la excavación y cuando la cámara esta llena, se procede a desalojar el material excavado.

II.- Avance simultáneo. Este tipo de excavación no se da muy a menudo dentro del sistema de hincado hidromecánico. Muy pocas veces se da el caso de que el cuerpo del escudo excavador avanza con el excavador hidráulico debido a que a medida que se excava, el operador de la consola de control recibe la información del operador del frente de excavación y es así como se produce el hincado hidromecánico de tuberías. Es un proceso repetitivo y sencillo que es muy económico y representa un gran avance dentro de la excavación de túneles, ya sea para túneles de drenaje o túneles de gasoductos o de otro tipo.

Para evitar que el agua del subsuelo penetre al interior del túnel, los tubos tienen una preparación perimetral que consiste en una banda de plástico llamada junta hermética. Con este dispositivo se espera que el agua no ingrese al túnel.

La excavación en el túnel es un proceso repetitivo. Cuando el excavador hidráulico realiza la actividad de excavar, se junta todo el material en la cámara del escudo, una vez que se tiene suficiente material para llenar la tolva de acarreo, el operador del sistema de acarreo, acciona la banda transportadora y comienza a llenar la tolva. El material producto de la excavación es acarreado hasta la fosa de operaciones, posteriormente con la grúa, se saca de la lumbrera y depositado sobre la superficie. Este proceso se repite las veces que sea necesario hasta llegar a la zona donde se encuentra la siguiente lumbrera.

El material que se deposita sobre la superficie lo retiran camiones materialistas fuera de la zona de obra. Es mucho más rápido depositar el material sobre la superficie para después ser llevado por los materialista a estar esperando un materialista para que el material que se encuentra en la tolva de acarreo se deposite sobre su contenedor.

En este proceso de excavación y debido a que los terrenos donde se ubica la ciudad de México contienen gran contenido de agua, es muy probable que el escudo sufra desviaciones en su trayecto. Se da el caso de que el escudo pierde su trayectoria de proyecto, o que gire sobre su propio eje. En estos casos de giro sobre su propio eje, el escudo tiene unos elementos mecánicos denominados aletas, que se encuentran en la parte inferior de ambos lados del escudo. Estos elementos, cuando el escudo ha girado o rotado sobre su propio eje, se utilizan para alinear sus ejes en forma vertical.

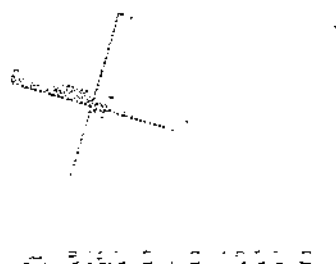


Fig. 3 16 Elemento para corrección de giro del escudo sobre su propio eje

Según el giro del escudo es la colocación de las aletas de corrección de giro del escudo. El giro del escudo se puede observar a simple vista por los operadores. La verticalidad se pierde. No existe un problema mayor si no se corrige al momento, pero si se deja temporalmente provocaría una trayectoria del túnel fuera de su proyección original. De la misma forma, si se necesita corregir rápidamente esa desviación del eje propio del escudo, al momento de colocar las aletas de dirección, se pueden colocar con una pendiente mas grande, o en caso de que no se requiera se puede poner con una pendiente suave.

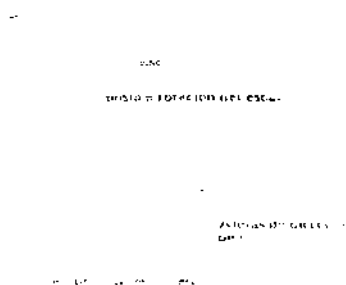


Fig. 3 17 Colocacion de las aletas de direccion en el escudo cuando se presenta una rotacion en sus ejes principales.

Se presenta tambien el caso de que el escudo se puede enterrar con una pendiente severamente grande o su trayectoria se puede ir fuera arriba. Para estos casos, el escudo cuenta con unos gatos hidráulicos que se encuentran localizados en la parte superior del mismo y así poder corregir esta anomalía. Este problema generalmente se presenta en to-

suelos que son inestables, como los de la ciudad de México, con gran contenido de agua, en donde el escudo por peso propio no se puede mantener sobre su dirección.

También se puede presentar otro tipo de problemas, en donde la dirección del escudo se ve afectada. Sucede que el escudo manteniendo su eje vertical y horizontal se va hacia su lado derecho o hacia su lado izquierdo. Esto sucede porque el escudo en el terreno, no corta la superficie en contacto homogéneamente. Puede que alguna parte del subsuelo sea mas sólido y oponga mas resistencia al corte. Para este caso el escudo cuenta con unos elementos mecánicos que se encuentran localizados en sus partes laterales y así corregir este hecho.



Fig. 3.18 La lámina indica los elementos de dirección lateral que son manuales en el escudo.

En si la excavación en el túnel es un proceso repetitivo. El excavador obtiene el material y lo deposita en la cámara del escudo para después el operador del sistema de acarreo accionar la banda transportadora y llenar la tolva de acarreo. Cuando la tolva de acarreo se ha llenado, se transporta a lo largo del túnel por un sistema de vías propio del sistema de acarreo para después ser sacado por una grúa que se encuentra en la superficie y esta a su vez depositarlo sobre una zona perimetral para después ser transportada por algunos materialistas. Este proceso se observó en las obras que se realizaron en Xalostoc y Vicente Villada, ambas en el estado de México.

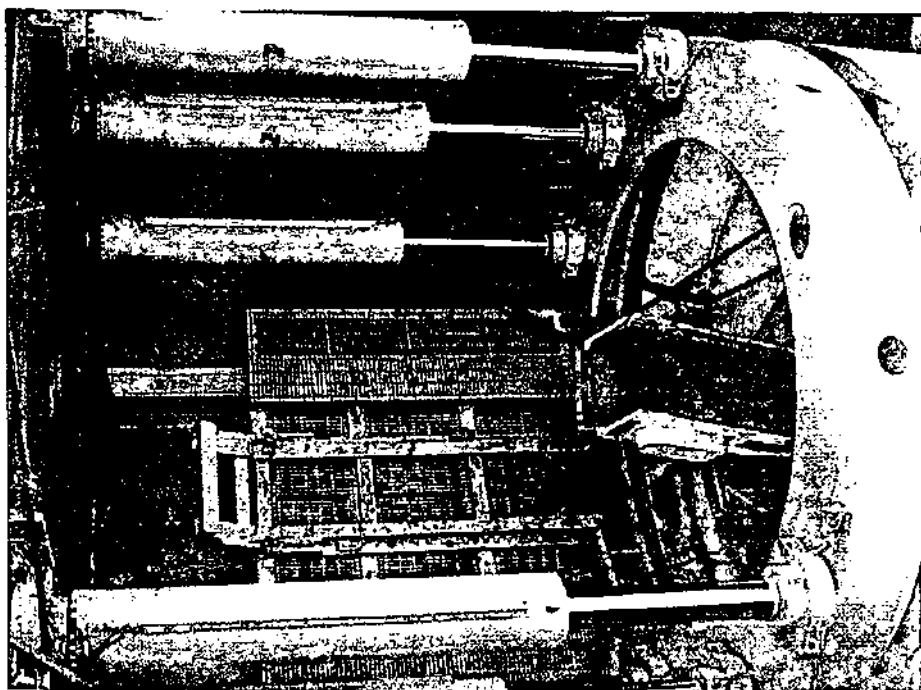


Fig. 3.19. Película donde se aprecia la excavación inicial de un escudo excavado del sistema de cilindros telescópicos y la posición de una banda transportadora con

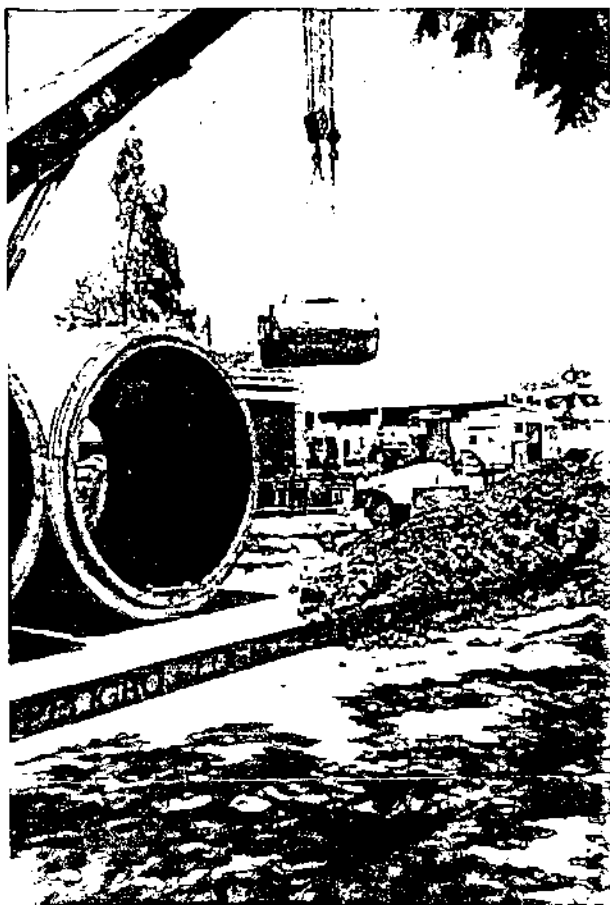


Fig. 3.20 Figura que muestra el retiro de la rezaga del material producto de excavación y depositado sobre la superficie para ser retirado posteriormente por camiones materialistas

3.5 HINCADO DE LA TUBERÍA.

Para hincar la tubería de concreto armado, primero se tiene que preparar la tubería, que tiene un orificio para maniobras. En este orificio se engancha el tubo mediante un dispositivo mecánico, con un tornillo de tuerca helicoidal de 2" de diámetro. Los tubos son tomados por la grúa, elevados y colocados sobre la corredera del sistema, como se aprecia en la siguiente película.

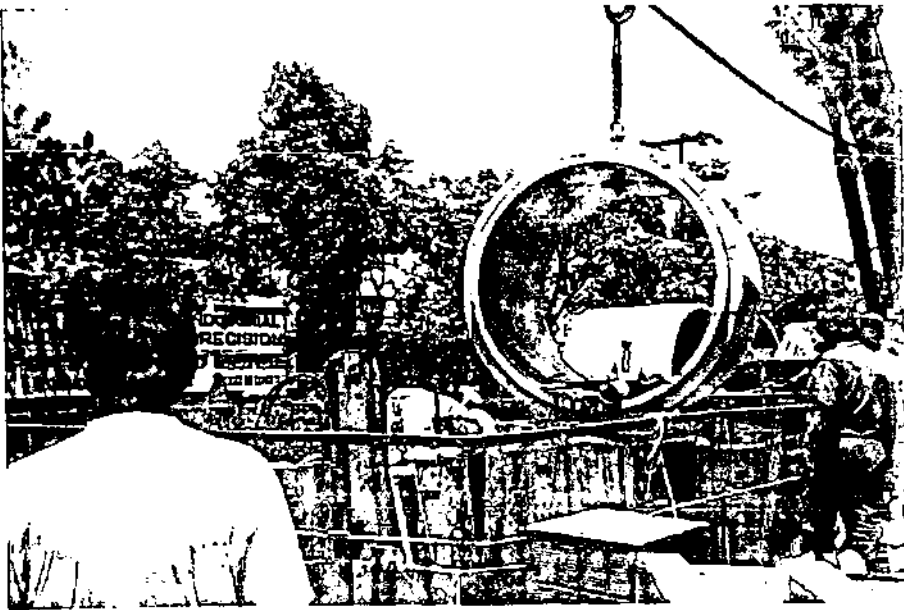


Fig. 3 21. Se aprecia como la grúa toma al tubo para hacer la maniobra y colocarlo dentro de la lumbrera e instalarlo sobre la conedera que se encarrará de dano direccion dentro del tunel.

La tubería es de concreto reforzado y deberá cumplir con la especificación "ASTM C76-90, Clase II, Pared B que es equivalente a la norma NOM C-20, Grado I, Pared B con junta hermética. El control de calidad en la tubería deberá ser especial dado que se instalará bajo la superficie y estará sujeta a esfuerzos de gran magnitud.

La tubería antes de ser bajada para su hincado recibe una preparación, que se mencionan a continuación.

I.- Esto consiste en aplicar grasa a las pestañas de la tubería en su parte frontal y posterior, para que al hacer contacto con el tubo que se encuentra hincado parcialmente, resbale con facilidad hasta hacer contacto totalmente con la superficie interna del tubo, hembra y macho, no provoque una fractura o despostillamiento.

II.- Para la pestaña frontal se fabrican unos anillos de madera aglomerada que se colocan entre tubo y tubo; esto para evitar un posible impacto entre tubos que ponga en riesgo la estructura del tubo. Puede suceder que al principio del hincado del tubo no se de uno cuenta de que el tubo tenga una fractura y que el encargado de frente piense que no es de mayor preocupación, pero como el tubo se hinca a través de varios metros de túnel y desde luego carga con los empujes del mismo, en ese lugar es donde se pueda presentar que se agrave la fractura del tubo poniendo en riesgo la estabilidad del túnel. Por tal motivo no se puede tantee en estas operaciones.



Fig. 3.22. Vista de la colocación de la junta hermética y de los anillos de madera aglomerada para evitar posibles fracturas en los tubos.

III.- Se colocan juntas herméticas entre tubo para evitar filtraciones de agua dentro del túnel propias del terreno, como se muestra en la película anterior.

IV.- En los costados laterales que serán del tubo, se realizan unos taqueteos para soportar el colgante de las instalaciones tales como la inyección de bentonita, inyección de aire a la cabina del operador, instalación eléctrica.

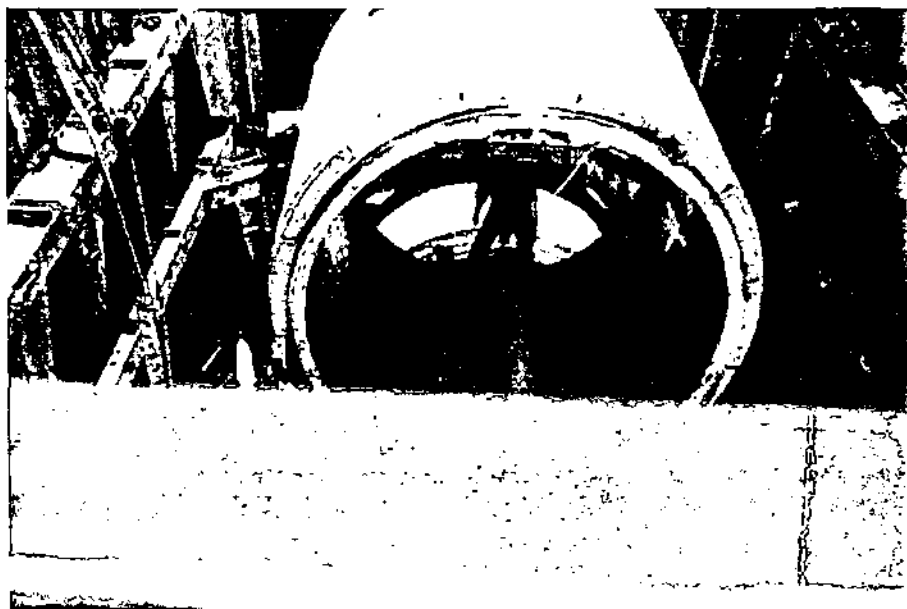


Fig. 3.23. Fotografía que muestra el bajado de la tubería que contiene todo el equipo necesario para su instalación tal como, tubería de inyección de bentonita, tramo de tubería para la inyección de aire, anillo de madera y junta hermética.

Una vez que un tubo es hincado se checa su posición mediante un haz luminoso (rayo láser) para saber que el trayecto del túnel es el que se ha planeado. Como se ha mencionado las características propias del terreno, y las condiciones en que se hincan las tuberías son propicias para que el escudo pierda su trayectoria rectilínea o pierda sus ejes vertical y horizontal. Para minimizar el problema, se ayuda el hincado de la tubería con el láser.

El hincado de la tubería culmina con los empujes de la tubería a través del túnel mediante los cilindros telescópicos del sistema.

Se debe de tener en cuenta que durante el hincado de la tubería y con la excavación del túnel se hacen presente algunos gases característicos propios del terreno en donde se construya el túnel. Normalmente en los terrenos lacustres, tales como los de la ciudad de

México es característico el olor del metano durante la construcción del túnel y que a continuación se describe.

GASES.

Los gases en los túneles son importantes debido a sus propiedades explosivas o tóxicas. El más común en la construcción de los túneles es probablemente el metano, el cual se puede originar en los estratos que tienen contenido orgánico y surgir en las áreas adyacentes.

Es especialmente en las cercanías de los mantos carboníferos, pero proviene también de la descomposición de las plantas en los lechos de los lagos, de los depósitos de la turba, y a veces de los vertederos de la basura. Es considerablemente más ligero que el aire (densidad relativa de 0.56) y se infla con facilidad al mezclarse con el aire a concentraciones de 5% o mayores, con una explosión como resultado. Si están presentes estratos de naturaleza, se deberán efectuar pruebas para detectar el metano en cualquier investigación.

El ácido sulfídrico (H_2S) puede aparecer también como producto de la descomposición orgánica y es altamente tóxico. Puede estar presente en drenajes en uso o abandonados. El monóxido de carbono (CO) es más conocido como constituyente de los gases de escape de los motores a gasolina, pero puede generar en la combustión sin llama de los mantos carboníferos o cualquier tipo de fuego donde la combustión sea incompleta. Es altamente tóxico y poco más ligero que el aire (densidad relativa de 0.97).

El bióxido de carbono (CO_2) es el resultado de la combustión completa del carbón o de otras sustancias combustibles, o de la reacción de un ácido con caliza. No es tóxico por sí mismo, pero puede resultar peligroso al desplazar el aire o reducir la proporción del oxígeno presente en la atmósfera. Es más denso que el aire (densidad relativa de 1.53), y por consiguiente de acumularse en los pozos y sumideros.

El anhídrido sulfuroso (SO_2) es tóxico y resulta de la combustión del azufre y sus compuestos, y aparece naturalmente en las zonas volcánicas.

Los sistemas de Hincado Hidromecánico de tuberías de Akkerman contienen dispositivos de seguridad en la cual detectan la presencia de gases que ponen en riesgo la estabilidad del personal, así como el proceso de los trabajos de la obra.

Los detectores de gases se encuentran localizados en la parte del escudo en la cabina del operador. Al momento que se detecta la presencia de un tipo de gas, el equipo automáticamente detiene sus actividades, para que no se pueda presentar alguna colisión o producir alguna explosión en el túnel.

Para obtener la optimización de este equipo de Akkerman, en algunos casos se obtiene monitoreo de los gases presentes en el túnel sobre la superficie del terreno de operación, desinstalando el detector de gases que se encuentra presente en la cabina del operador del escudo; con esto se mide la peligrosidad de los gases para que no se rebasen los límites permitidos y se pueda tener un mejor avance en el hincado de las tuberías.

La inyección de aire limpio al túnel en la zona del operador del escudo de excavación, permite desalojar algo de los gases presentes en esta cabina, así mismo, se permite la circulación del aire dentro del túnel.

SUMINISTROS DEL AIRE AL TÚNEL DE TRABAJO.

Se puede trabajar con aire a presión en algunas construcciones de túneles y es muy provechoso para el proyecto. El aire a presión en las excavaciones se utiliza para hacer posible la construcción de los pasos abajo de un cuerpo de agua en condiciones que, de otra manera, sería sumamente riesgosas y difíciles. El aire proporciona una fuerza de equilibrio contra la presión de entrada del agua, reduciendo el flujo y dándole apoyo al terreno. Los obreros pueden trabajar con aire a presión, pero existen limitaciones y riesgos fisiológicos que hacen necesario el cumplimiento de ciertas precauciones especiales a presiones elevadas.

La descompresión presenta difíciles problemas fisiológicos. Cuando se trabaja sometido a presión, el aire se disuelve en la sangre y es transportado a los diversos tejidos. El exceso de oxígeno no crea graves problemas a menos que se trate de muy altas presiones. Cuando se reduce la presión el nitrógeno tiene la tendencia a formar burbujas en los tejidos y en el torrente sanguíneo, y si las burbujas se acumulan pueden ejercer numerosas presiones sobre los nervios y bloquear la circulación con posibles consecuencias graves.

En los túneles aproximadamente los 3 ½ bares constituye el límite superior para las reglas normales.

	AGUA DULCE		AGUA SALADA					
	1 BAR	1 ATM	1 LB/PUL	1 KG/CM ²	PIES	M	PIES	M
BAR	1	0.987	14.504	1.0197	33.46	10.20	32.64	9.95
ATM	1.01324	1	14.696	1.0332	33.9	10.33	33.07	10.08
LB/PUL	0.06895	0.06805	1	0.0703	2.307	0.709	2.250	0.686
KG/CM ²	0.981	0.968	14.224	1	32.81	10.00	32.00	9.76
AGUA DULCE								
PIES	0.0295	0.433	0.0305	1	0.305	0.975	0.297	
M	0.0981	0.0968	1.422	0.100	3.28	1	3.20	0.975
AGUA SALADA								
PIES	0.0306	0.0302	0.444	0.0312	1.025	0.313	1	0.305
M	0.1005	0.0992	1.458	0.102	3.36	1.025	3.28	1

Fig. 3-24 Tabla que indica las cantidades de aire máximas que puede soportar el trabajador bajo las condiciones de aire a presión dentro de la excavación de túneles

Cuando se deba utilizar aire a presión, se deben de tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Cual será la máxima presión del aire previsible.
2. Cual será la presión adecuada de trabajo.
3. Que volumen de aire habrá que suministrar.

La presión adecuada de trabajo se aprecia a continuación, pero se pueden tomar para empezar un nivel de equilibrio hidrostático aproximadamente igual a los dos tercios de la altura del frente expuesto del túnel. La cantidad de aire que se debe proporcionar es mucho mas difícil de determinar. Se tiene como primer requisito suministrar por lo menos un mínimo para cada hombre que trabaja dentro de la cámara. El valor en la practica británica común es de 10 pies³/min. (5 l/s), medido a la presión de trabajo.

En la siguiente tabla se muestran los gases más comunes en la excavación subterránea con sus mediciones límites que se pueden permitir en estas condiciones de trabajo.

GAS	MINIMO	MÁXIMO
O ₂	19.50%	23.50%
LEL	10.00%	20.00%
CH	1.00%	1.50%
CO	35 PPM	70 PPM
H ₂ S	10 PPM	20 PPM
SO ₂	2.00 PPM	4.0 PPM
NO	25.00	50.00
NO ₂	3.00 PPM	6.0 PPM
CL ₂	0.50 PPM	1.0 PPM
H ₂ CN	5.00	10.00
NH ₃	25.00	50.00

Fig. 3.25. Tabla donde se muestra la cantidad de elementos permitidos durante la construcción

En donde:

O₂	Oxígeno	
LEL	(Level explosive limit)	Nivel de explosividad.
CH	Carbono	
CO	Monóxido de carbono	
H₂S	Ácido sulfídrico	
SO₂	Anhídrido sulfuroso	
NO	Oxido Nitroso	
NO₂	Nitrito	
CL₂	Clorato	
HCN	Hipoclorito.	
NH₃	Nitrato.	

Esta medición de gases se lleva a cabo en la cabina del operador mediante un equipo preciso que monitorea los gases que se presentan en este tipo de las excavaciones comunes. Lo más importante de monitorear los gases es el que el operador no se logre intoxicar con la presencia de algún gas; también lo más relevante, es medir los metanos, por la presencia explosiva de este gas.

La medición se lleva a cabo mediante un equipo medidor de gases de la marca Jaen Standard Multigas Monitor LTX 310 que puede percibir todos los gases mencionados y es de los más seguros de su clase.

3.6 UTILIZACION DEL LÁSER.

En los levantamientos para túneles hay dos formas especiales para utilizar los rayos láser.

Se utiliza con mayor frecuencia la que proporciona una línea visible de guía para el control de la excavación en el frente. En algunos de los sistemas anteriores se tenían que hacer visuales repetidas desde las estaciones del levantamiento en la corona, desde donde se suspendían las plomadas de manera que las líneas del levantamiento se pudieran proyectar hasta el frente. Una vez establecido un punto en el frente, era necesario hacer ajustes para cualquier curva y fijar el nivel del eje, luego determinar el perímetro deseado del túnel. Toda la operación tenía que ajustarse dentro del ciclo de la construcción del túnel.

El rayo láser, situado y alineado por técnicas convencionales, con el teodolito, suministra una línea fácilmente identificable y un punto reconocible proyectado continuamente sobre el túnel, a partir de un instrumento que no necesita un operador, con obvias ventajas en el ahorro de tiempo, conveniencia y personal adiestrado. La longitud útil de operación está limitada por la natural dispersión en la atmósfera del túnel, y por supuesto, por las curvas. Entre las precauciones necesarias se incluyen el uso de una rejilla intermedia para cortar el rayo en el caso de que se desviara inadvertidamente la fuente; además de las comprobaciones habituales realizadas en el campo y finalmente el reajuste de las curvas.

La segunda aplicación es proporcionar un mayor rango como portador de la medición electrónica de distancias.

El tipo de láser que se ha utilizado comúnmente en algunas construcciones de túnel es el de gas helio-neón que es de baja eficiencia (0.1%), pero tiene la ventaja de poder operar en forma continua sin tener que recurrir a dispositivos elaborados de enfriamiento y de mantener su pureza espectral.

Los riesgos para la vista por observación directa no son muy grandes debido a la baja potencia del rayo; no obstante, en las condiciones dentro del túnel, donde la

iluminación general es a menudo inadecuada, y que por lo consiguiente la pupila del ojo esta dilatada, los rayos láser se deberían situar de tal manera que hagan mínima la posibilidad de un impacto directo en el ojo de cualquier persona que se encuentre dentro del túnel.

La posición del láser en el túnel se encuentra localizada sobre la parte superior central de la tubería de la manera que no afecta de forma directa la visualización del personal encargado de las maniobras.

El rayo láser utilizado por industrias de Akkerman, constantemente se esta revisando para no caer en errores de trayectoria, que ocasionaría una curvatura en el túnel. Se coloca de la siguiente manera en la lumbrera.

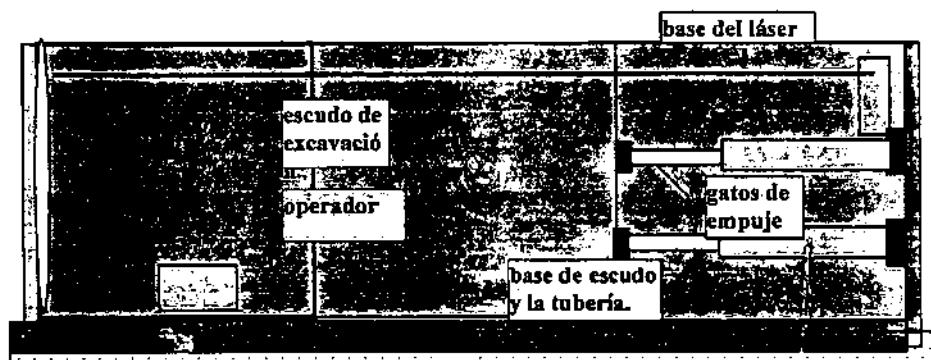


Fig. 3.26. La línea negra resaltada indica la posición del láser con su pendiente de proyecto y así de muestra que los tubos no tendrán una inclinación mayor o menor en su trayectoria.

Existe una posición en la lumbrera donde la colocación del láser se hace indispensable para estar elaborando chequeos del la línea del túnel. Esta posición se determina en la parte central del tubo, sobre la parte superior, a inicio del túnel. Ilumina al final del túnel, sobre el escudo, e indica la posición real del escudo sobre el túnel.

POSICIÓN DEL LÁSER

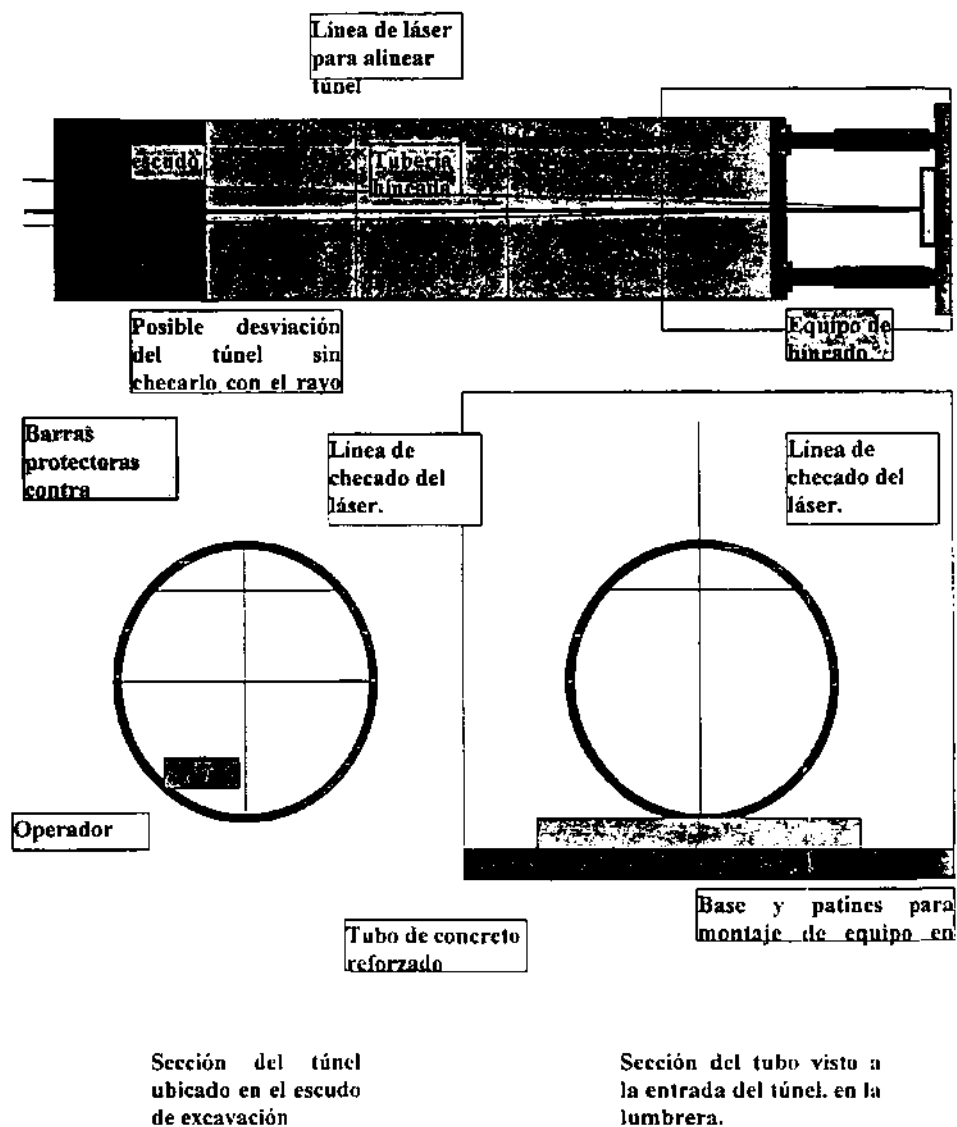


Fig. 3.27. Ubicación y posición del láser para alinear el túnel, chequeando de manera continua su posición en el sistema de hincado hidromecánico de luberías de Akkemmer.

Debido al movimiento que se efectúa al hacer excavación por parte del escudo dentro del túnel, este puede presentar desviaciones de la verticalidad. Este problema se corrige mediante la utilización de unos gatos de posición que están contenidos en el escudo excavador.

En la siguiente fotografía se aprecia el lugar en donde el láser debe de llegar dentro del túnel y la posición que debe de tener.



Fig. 3.28. En la parte superior del escudo se observa la posición del láser para checar el túnel a través del trayecto de hincado de la tubería.

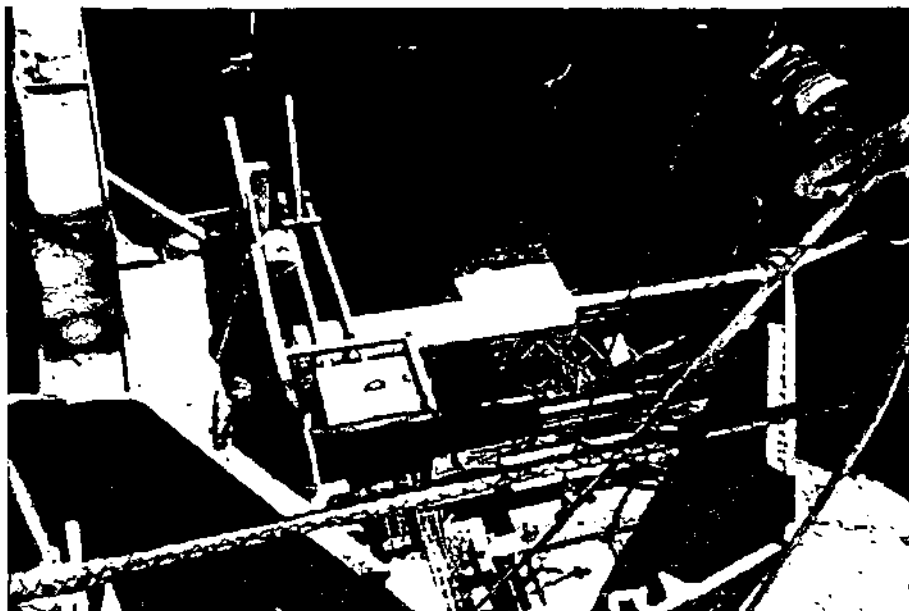


Fig. 3.29. En la siguiente fotografía se observa en la parte central una caja soportada por ángulos estructurales misma que porta al rayo láser. El rayo láser es el elemento que da dirección a la tubería dentro del túnel y permite estar checando constantemente su dirección.

CONCLUSIONES.

VENTAJAS DE LA
UTILIZACIÓN DEL
SISTEMA.

CONCLUSIONES.

A través de la investigación, hemos conocido un producto de ingeniería que hace el proceso de los trabajos más sencillos y óptimos. Observando el proceso de los trabajos, se puede determinar que es más versátil un sistema Akkerman, que ejecutar una excavación a cielo abierto en medio de una zona conurbada como lo son Nezahualcoyotl y Ecatepec.

Con este sistema de excavación, evitamos incomodidades para la población, cierre de vías de comunicación, inhabilitar calles enteras que sirven como depósito de materiales, no provocar deterioro ecológico extrayendo material sano para rellenar las excavaciones producidas para este tipo de obras de drenaje.

Hemos aprendido que la excavación para drenaje u otro tipo de ductos, se pueden perpetrar por medio de un Sistema de Hincado Akkerman, puesto que reduce los tiempos de construcción y el mantenimiento de este equipo no es caro.

En lecturas interesantes que han dejado grandes personajes de México, manifiestan en ellas que para dar cause a un río entubado, se necesitó de soportar inundaciones en el valle de México. Cuando se comenzó con la entubación de algunos ríos, se observaron grandes volúmenes de material producto de la excavación, que en la actualidad provocarían áreas de inseguridad, riesgo y peligro para la población.

La construcción de la obra de Xalostoc, se realizó en la mitad de tiempo programado y se redujeron los costos de construcción, lo que implica que se optimizaron los recursos de inicio a fin, al igual que la construcción del drenaje de la colonia Vicente Villada en ciudad Nezahualcoyotl pero que debido a problemas financieros, se detuvieron éstos durante algún periodo.

Las ventajas que el sistema de hincado hidromecánico de Akkerman ofrece a la construcción de obras de drenaje, son las siguientes:

- ⇒ Se reduce considerablemente el tiempo de ejecución, comparando este sistema con el procedimiento convencional de excavación a cielo abierto.
- ⇒ La producción que se puede obtener con este método es mayor que a través que el método de excavación convencional.
- ⇒ Con este método se puede garantizar un costo base eliminando conceptos de trabajos extraordinarios, ya que se manejarían básicamente 4 conceptos: lumbreras, suministro de la tubería, la instalación mediante el hincado mismo de la tubería y la construcción de las estructuras de los pozos caja según el proyecto.
- ⇒ Se elimina la afectación al tráfico en las vías de comunicación (en las vías de ferrocarril y avenida Morelos en Xalostoc municipio del estado de México).
- ⇒ Se reduce considerablemente el volumen de manejo de los materiales producto de la excavación, por extraer, el suministro de los materiales de reposición y de acostillado que por el método tradicional fuera necesario. Únicamente se considerará el material producto de la excavación de la cavidad del túnel así como el de la lumbrera.
- ⇒ Se elimina el riesgo de colapso en las excavaciones a cielo abierto y consecuentemente el hundimiento de las calles, edificaciones, postes de cableado de energía y telecomunicaciones etc., adyacentes al conducto que se hincará.
- ⇒ Se incrementa la seguridad del personal que labore en la obra, ya que no será necesario exponerlo al riesgo de excavación a cielo abierto.

- ⇒ Se obtiene una instalación de mayor precisión , con una tolerancia de exactitud de ± 2.5 cm, en línea y en elevación. que por ende se reflejará en una obra de conducción de una alta eficiencia.
- ⇒ Mínima afectación de la superficie o espacio para la construcción. Únicamente se requiere el espacio necesario para la operación de los equipos alrededor de las lumbreras de hincado.
- ⇒ Se elimina el riesgo de hundimientos y desplazamientos diferenciales del suelo a causa de la obra, ya que únicamente se afectará subterráneamente el área de la cavidad que se ocupará por la estructura del conductor; y la cohesión del suelo entre la parte superior de la estructura y la superficie de rodamiento se conserva intacta.
- ⇒ Se conservan las condiciones originales del nivel freático del suelo, se elimina la filtración del agua del subsuelo al conducto, y la exfiltración del agua que se conducirá a través de la tubería, eliminando la posible contaminación de los mantos freáticos del subsuelo con aguas negras.
- ⇒ Se reduce substancialmente el costo social durante su construcción, esto es comparándolo con el método tradicional a cielo abierto.
- ⇒ Con la disminución en el tiempo de construcción, los volúmenes de acarreo de material y en virtud de que es una obra subterránea que no afecta a la vialidad, no hay deterioro al medio ambiente existente.
- ⇒ Además de los beneficios mencionados anteriormente para el caso particular de las obras de Xafostoc, se refleja una reducción considerable de la inversión requerida en comparación con el método tradicional de excavación a cielo abierto.

De la misma forma en que se trata de recurrir a nuevos métodos tecnológicos para la construcción de servicios sociales, se debe de tener presente que el personal encargado de la dirección y supervisión de estas obras, tengan una actualización continua. Al no conocer los nuevos productos de los mercados substancialmente, recurren a la construcción de obras con procesos constructivos que son obsoletos y por lo mismo, una carga demasiado grande para el gasto público.

Las grandes exposiciones de la maquinaria, computacionales, equipos de construcción, etc., son de gran ayuda para que se obtengan buenos rendimientos en la construcción de obras sociales.

En las siguientes páginas se muestra un análisis con los métodos de construcción convencional a cielo abierto y con el sistema de hincado hidromecánico de tuberías de Akkerman.

TUBERÍA DE 2.44 M TIPO TRINCHERA
 CRUCE DE FERROCARRIL LINEA "S" KM 3+680-500
 CRUCE DE FERROCARRIL LINEA ANTIGUA "S" KM 1+892=40.00
 DEL KM 1+180 AL KM 1+850. LONGITUD EN METROS =6,700.00
 DEL KM 1+850 AL KM 3+820. LONGITUD EN METROS =1,970.00
 ALTURA PROMEDIO DE EXCAVACIÓN EN M =8.41
 LONGITUD EN CAJA O POZO DE VISITA =3.00
 LONGITUD TOTAL DE TUBERÍA A CIELO ABIERTO =2,487.00

SECCIÓN DE LA TUBERÍA

PLACA DE ADEME DE 9.00 X 5.00 M
 ABUNDAMIENTO DEL MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN = 45%
 ABUNDAMIENTO DE MATERIAL PRODUCTO DE TEZONTLE =30%
 ABUNDAMIENTO DE MATERIAL PRODUCTO DE TEPETATE =30%

GENERADOR DE PRESUPUESTO

OBRA POR SISTEMA DE EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO

CONCEPTO	OPERACION	VOLUMEN
LIMPIEZA, TRAZO Y NIVELACIÓN	2487.00*5.20	12,932.40000
CORTE DE PAVIMENTO	2487.00*2.00	4,974.00000
EXCAVACIÓN	8.41*2487.00*5.2	108,761.48400
ACARREO AL 1er KM	8.41*2487.00*5.2*1.48	160,966.99632
ACARREO AL KM SUBS	8.41*2487.00*5.20*1.48*19	3,058,372.93008
ACORDONAMIENTO DEL ÁREA DE TRABAJO	2487.00*2	4,974.00000
SEÑALAMIENTO	18.00	8.00000
RIEGO DE CALLES DURANTE UN MES (19.30 ANCHO)	2487.00*19.80*30	1,477,278.00000
ADEME DE ACERO	2487.00*9*2+(2487.00/5*1)*5.20*9	58,091.12000
PLANTILLA DE TEZONTLE	2487.00*0.50*5.20	6,466.20000
ACARREO DE TEZONTLE AL 1er KM	2487.00*0.50*5.20*1.3	8,406.00000
ACARREO DE TEZONTLE KM SUBS DE 27 KM	2487.00*0.50*5.20*1.3*27	226,963.62000
SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE 2.44 M DE DIÁMETRO	2487.00	2,487.00000
COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 2.44 M	2487.00	2,487.00000
ACOSTILLADO DE TEZONTLE	(2.9*5.2-(2.9*2.9*3.1416/4))*2487.00	21,076.79278
ACARREO DE TEPETATE AL 1er KM	(2.9*5.2-(2.9*2.9*3.1416/4))*2487.00*1.3	27,399.83062
ACARREO DE TEPETATE KM SUBS 23 KM	(2.9*5.2-(2.9*2.9*3.1416/4))*2487.00*1.3*23	630,196.10416
RELLENO COMPACTO CON MATERIAL DE BANCO	4.71*2487.00*5.20	60,911.60400
ACARREO DE TEPETATE AL 1er KM	4.71*2487.00*5.20*1.30	79,165.08520
ACARREO DE TEPETATE KM SUBS 23 KM	4.71*2487.00*5.20*1.30*23	1,871,256.95960
COSTALES (275 COSTALES @ 5 M)	(2487.00/5+1)*275	137,060.00000
POZOS DE VISITA	21.00	21.00000
BASE	0.225*5.20*2487.00	2,909.79000
CARPETA	5.20*2487.00	12,932.40000
ACARREO DE CARPETA A 25 KM	5.20*2487.00*0.075*25	24,248.25000
BROCALES	21.00	21.00000
ACHIQUE CON BOMBA DE 3"	4000.00	4,000.00000
ACHIQUE CON BOMBA DE 4"	4000.00	4,000.00000
ACHIQUE CON BOMBA DE 6"	4000.00	4,000.00000
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍAS DE 61 CM DE DIAM	2487.00	2,487.00000
CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERAS	4.00	4.00000
SUMINISTRO E HINCADO DE TUBERÍAS DE 2.44 M	90.00	90.00000
ACARREO DEL 1er KM DE LUMBRERAS	90*5*8*1.48	5,328.00000
ACARREO DEL KM SUBS 19 KM	90*5*8*1.48*19	101,232.00000
ACARREO DEL 1er KM DEL MAT. PRODUCTO DEL HINCADO	90*2.9*2.9*3.1416/4*1.48	879.81450
ACARREO DEL MATERIAL PRODUCTO DEL HINCADO KM-SUB	90*2.9*2.9*3.1416/4*1.48*19	16,716.47550

SISTEMA TRADICIONAL

PRESUPUESTO DE OBRA

COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 2.44 M DE DIÁMETRO INTERIOR
DEL KM 1+180 AL KM 3+820

PRESUPUESTO POR SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN A CIELO ABIERTO

N°	CONCEPTO	VOLUMEN	UNIDAD	PU	IMPORTE
1	LIMPIEZA, TRAZO Y NIVELACIÓN	12,932.40000	M²	2.67	\$ 34,529.51
2	CORTE DE PAVIMENTO	4,874.00000	ML	19.89	\$ 98,932.86
3	EXCAVACIÓN	108,761.48400	M³	23.45	\$ 2,550,456.80
4	ACARREO AL 1er KM	160,966.99632	M³	9.94	\$ 1,600,011.94
5	ACARREO AL KM SUBS	3,058,372.93008	M³ KM	2.15	\$ 6,575,501.80
6	ACORDONAMIENTO DEL ÁREA DE TRABAJO	4,974.00000	MI	3.31	\$ 16,463.94
7	SEÑALAMIENTO	8.00000	LTE	20,000.00	\$ 160,000.00
8	IRRIEGO DE CALLES DURANTE UN MES (19.80 ANCHO)	1,477,278.00000	IA²	0.17	\$ 251,137.26
9	IADEME DE ACERO	68,091.12000	M²	104.26	\$ 7,099,180.17
10	PLANTILLA DE TEZONTLE	6,466.20000	M²	47.98	\$ 310,248.28
11	ACARREO DE TEZONTLE AL 1er KM	8,406.06000	M³	9.94	\$ 83,566.24
12	ACARREO DE TEZONTLE KM SUBS DE 27 KM	226,983.62000	M³ KM	2.15	\$ 487,971.78
13	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE 2.44 M. DE DIÁMETRO	2,487.00000	ML	10,183.00	\$ 25,325,121.00
14	COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 2.44 M	2,487.00000	ML	625.00	\$ 1,554,375.00
15	ACOSTILLADO DE TEZONTLE	21,076.79278	M²	49.58	\$ 1,053,418.10
16	ACARREO DE TEPETATE AL 1er KM	27,399.83062	M³	9.94	\$ 272,354.32
17	ACARREO DE TEPETATE KM SUBS. 23 KM	630,196.10418	M³ KM	2.15	\$ 1,354,921.62
18	RELLENO COMPACTO CON MATERIAL DE BANCO	60,911.60400	M³	49.01	\$ 2,985,277.71
19	ACARREO DE TEPETATE AL 1er KM	79,185.08520	M³	9.94	\$ 787,099.79
20	ACARREO DE TEPETATE KM SUBS. 23 KM	1,821,256.95960	M³ KM	2.15	\$ 3,915,702.46
21	COSTALES (275 COSTALES @ 5 M)	137,060.00000	PZA	3.92	\$ 537,276.20
22	POZOS DE VISITA	21.00000	PZA	24,000.00	\$ 504,000.00
23	IBASE	2,909.79000	M²	110.74	\$ 322,230.14
24	CARPETA	12,932.40000	M²	59.09	\$ 764,175.52
25	ACARREO DE CARPETA A 25 KM	24,248.25000	M²	2.29	\$ 55,526.49
26	IBROCALES	21.00000	PZA	859.76	\$ 18,054.96
27	ACHIQUE CON BOMBA DE 3"	4,000.00000	HORA	44.60	\$ 178,400.00
28	ACHIQUE CON BOMBA DE 4"	4,000.00000	HORA	47.93	\$ 191,720.00
29	ACHIQUE CON BOMBA DE 6"	4,000.00000	HORA	65.30	\$ 261,200.00
30	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍAS DE 61 CM DE DI	2,487.00000	ML	561.23	\$ 1,395,779.01
31	CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERAS	4.00000	PZA	212,000.00	\$ 848,000.00
32	SUMINISTRO E HINCADO DE TUBERÍAS DE 2.44 M	90.00000	ML	32,000.00	\$ 2,880,000.00
33	ACARREO DEL 1er KM DE LUMBRERAS	5,328.00000	M³	9.94	\$ 52,960.32
34	ACARREO DEL KM SUBS 19 KM	101,232.00000	M³ KM	2.15	\$ 217,648.80
35	ACARREO DEL 1er KM DEL MAT. PRODUCTO DEL HINCADO	879.81450	M³	9.94	\$ 8,745.36
36	ACARREO DEL MATERIAL PRODUCTO DEL HINCADO KM-SU	16,716.47559	M³ KM	2.15	\$ 35,940.42
				SUMA	\$ 64,787,916.76
				IVA	\$ 9,718,197.81
				IMPORTE	\$ 74,506,114.56

NO SE INCLUYE EL COSTO DE LAS OBRAS INDUCIDAS A LO LARGO DE LA LINEA

COCONAL S.A. de C.V.

OBRA: COLECTOR CALLE EJIDO AV. EJECENTRAL Y PLANTA DE BOMBEO
 LUGAR: CUENCA CARACOCLES, ECATEPEC.
 ESTADO: ESTADO DE MÉXICO.
 DEPENDENCIA: COMISIÓN ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO.

PRESUPUESTO DE OBRA
SISTEMA AKKERMAN DE HINCADO HIDROMECANICO DE TUBERIAS

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PU	IMPORTE
MICRO-TUNEL				
1.- HINCADO Y SUMINISTRO DE TUBERIA DE 2.44 M	M	2 640 0000	17,500 00	\$ 46,200,000 00
2.- LUMBRERA	PZA	17 0000	173,000 00	\$ 2 941,000 00
3.- CONSTRUCCIÓN DE CAJA DE POZO	PZA	17 0000	25,000 00	\$ 425,000 00
RELLENOS				
4.- RELLENO CON TEPETATE.	M ³	7 424 3300	49 01	\$ 363,866 41
5.- CARPETA	M ²	1 049 7500	96 32	\$ 101,113 92
6.- BASE	M ³	236 1900	114 24	\$ 28,992 35
ACARREOS				
7.- ACARREO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION 1m ³ KM	M ³	11 757 2000	9 94	\$ 118,856 57
8.- ACARREO DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION KM SUBS	M ³ -KM	651 061 2800	2 15	\$ 1 399,781 75
9.- ACARREO DE TEPETATE A 1 KM	M ³	7 371 8300	9 94	\$ 73,274 00
10.- ACARREO DE TEPETATE A KM SUBS	M ³ -KM	154 894 1300	2 15	\$ 332,828 88
OBRAS COMPLEMENTARIAS				
11.- SEÑALAMIENTO	LTE	8 0000	20 000 00	\$ 160,000 00
12.- RASTRO DE CALLES	M ²	6 800 0000	11 45	\$ 77,860 00
13.- RIEGOS	M ²	6 800 0000	0 70	\$ 4,760 00
			SUMA	\$ 52,223,331 88
			SUBTOTAL	\$ 52,223,331 88
			IVA	\$ 7,833,499 78
			TOTAL	\$ 60,056,831 65

EQUIPOS AKKERMAN INC.

161

DESCRIPCION DE PARTES DEL EQUIPO
DEL SISTEMA DE HINCADO HIDROMECANICO
DE CILINDROS TELESCOPICOS

SISTEMA DE HINCADO DE TUBERIA DE CILINDROS MULTIPLES

COSTO DE COMPRA DE EQUIPO

BASE COTIZACION DE ENERO DE 1997

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
EQUIPO DE HINCADO DE TUBERIA			
FUENTE DE PODER MODELO 200-100E	1 00	154 000 00	\$ 154 000 00
100 m. DE CABLE DE PODER	3 00	1 433 00	\$ 4 299 00
CILINDROS TELESCOPICOS DE 3 35 ml. DE LARGO	4 00	31 809 00	\$ 127 600 00
EQUIPO DE PLATO DE MONTAJE	1 00	12 600 00	\$ 12 600 00
CONSOLA DE CONTROL	1 00	44 000 00	\$ 44 000 00
CORREDERA DE 9 50 m DE LARGO	1 00	8 800 00	\$ 8 800 00
ANILLO DE EMPUJE MODELO MC4/96B	1 00	31 500 00	\$ 31 500 00
LINEA HIDRAULICA PARA ESCUDO EXCAVADOR DE 38mmX3.20 m DE LARGO	288 00	120 00	\$ 34 560 00
JUEGO DE MANGUERAS DE INICIO	1 00	19 140 00	\$ 19 140 00
			\$ 436 490 00
SISTEMAS DE ACARREO. SERIE 1448CX.			
UNIDAD DE ACARREO MODELO 1448CX	1 00	33 900 00	\$ 33 900 00
BATERIA EXTRA	1 00	5 170 00	\$ 5 170 00
CARGADOR DE BATERIA.	1 00	3 135 00	\$ 3 135 00
VIAS DEL ACARREO	84 00	190 00	\$ 17 860 00
ESTANTE DE ALMACENAJE DE VIAS	9 00	165 00	\$ 1 485 00
VIA DE INICIO DE ESCUDO	1 00	525 00	\$ 525 00
TOLVA CON CAPACIDAD DE 4 0 M ³ MODELO 780X	2 00	7 700 00	\$ 15 400 00
			\$ 76 575 00
ESCUDO EXCAVADOR DE 95" DE DIAMETRO INTERIOR.			
ESCUDO EXCAVADOR MODELO BS99B (114 0" DIAMETRO EXTERIOR/115 0" DE CORTE)	1 00	102 300 00	\$ 102 300 00
CONTROLES DEL EXCAVADOR MODELO EX50	1 00	92 400 00	\$ 92 400 00
BANDA TRANSPORTADORA MODELO 2415	1 00	18 150 00	\$ 18 150 00
TRACCION DE LA BANDA TRANSPORTADORA	1 00	47 300 00	\$ 47 300 00
			\$ 250 150 00

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
BOMBA DE BENTONITA.			
BOMBA DE BENTONITA MODELO 2250E	1 00	29,700 00 \$	29 700 00
MANGUERAS DE INICIO DE 2"X15 m DE LARGO	1 00	475 00 \$	475 00
			\$ 30,175.00
ESTACIONES INTERMEDIAS DE HINCADO.			
ESTACION DE 880 TON DE 8,000 PSI STROKE DE 12"			
CILINDROS CON MANGUERAS Y CONEXIONES FINALES	10 00	1,800 00 \$	18 000 00
ABRAZADERA DE CILINDROS.	20 00	100 00 \$	2 000 00
SONORIZACION Y EQUIPO DE SOPORTE.	1 00	6,600 00 \$	6 600 00
VALVULA ELECTRONICA Y CONECCION "T"	1 00	1,700 00 \$	1 700 00
VIA DE DESLIZAMIENTO DE 12 " MODELO 1448	1 00	700 00 \$	700 00
MANEQUERA DE BENTONITA	1 00	150 00 \$	150 00
		TOTAL DE CADA ESTACION \$	29 150 00
		DOS ESTACIONES \$	58 300 00
CABLES DE CONTROL Y LINEA HIDRAULICA.			
LINEA HIDRAULICA AMERICANA 1/2"X 10.5ft	144 00	75 00 \$	10 800 00
LINEA HIDRAULICA AMERICANA 1/2"X 5.25ft	4 00	70 00 \$	280 00
CABLE DE CONTROL ELECTRICO- 750 ft.	1 00	3,515 00 \$	3 515 00
(7) 100 ft DE CABLE (\$450)			
(2) 50 ft DE CABLE (\$270)			
			\$ 14 595.00
OTROS SISTEMAS AMERICANOS.			
MANGUERAS AMERICANAS MODELO 96 B (NO RECUPERABLES)	1 00	2,000 00 \$	2 000 00
			\$ 2 000.00
		TOTAL DEL SISTEMA.	\$ 878,285.00

Como se puede observar en este análisis, podemos determinar que la Construcción de un túnel para drenaje, se optimiza el trabajar con un sistema Akkerman que utilizar un sistema tradicional.

VOCABULARIO

- Acequia. Zanja por donde se conduce el agua para regar o para otros fines.
- Acueducto. Conducto artificial para agua, que tiene por objeto surtir una o varias poblaciones.
- Ademado. Protección de los taludes del material excavado con peligro de derrumbarse.
- Albarradón. Pared de tierra seca en el campo.
- Azadonada. Golpe dado con azadón.
- Azolve. Lodo o basura que obstruye un conducto o canal de agua.
- Bentonita. Material que al adicionar agua se produce un lodo y con un polímero como aditivo tiene efectos de lubricación entre la pared exterior de la tubería y el suelo.
- Brocal. Antepecho alrededor de la boca de un pozo.
- Bufamiento. Fenómeno que se presenta en la excavación donde en el suelo produce una subpresión.
- Cabildo. En algunos pueblos, cuerpo o comunidad que forman los eclesásticos que hay con privilegio para ello.
- Cuenca. Territorio rodeado de alturas.
- Chinampas. Terreno en las lagunas de México donde se cultivan flores y verduras.

Dique.	Muro hecho para contener las aguas.
Dovelas.	Segmentos de arco de concreto o metal que unidos entre si forman una sección circular.
Empuje.	Esfuerzo producido por una bóveda sobre la tubería de concreto que produce un desplazamiento horizontal.
Hala.	Tirar de un cabo, dirigir.
Hidromecánico.	Máquinas cuya fuerza motriz son los fluidos, como agua y aceite.
Hincar.	Tubería acoplada entre extremidades para formar un túnel o ducto.
Lastre.	Material que se suelta y aligera la elevación de materiales en un foso de operaciones.
Legua.	Medida itineraria de 5.572 m y 7 decímetros.
Lumbrera.	Pozo auxiliar en la construcción del túnel.
Mampara.	Cancel móvil hecho de madera o de metal.
Manteo.	Elevación de los materiales hacia la superficie.
Menguar.	Disminuirse o irse consumiendo.
Pilotes.	Estructuras que se hincan en el suelo para consolidar los cimientos.
Polímero.	Cuerpo producido por sustancias más o menos similares ellas por la condensación de varias de sus moléculas.
Presurización.	inyectar presión de aire.
Tablaestaca.	Elemento estructural que soporta los empujes del terreno en excavaciones con taludes verticales o semiverticales.
Varas.	Medida de longitud, dividida en tres pies o en cuatro palmos y equivalente a 835 mm y 9 décimas.

BIBLIOGRAFIA**•INGENIERIA DE CIMENTACIONES.**

Ralph B. Peck
Walter E. Hanson.
Thomas H, Thornburn.
Editorial Limusa
Noriega Editores

•TÚNELES.

PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

T.M. MEGAW
J.B. BARTLET.
EDITORIAL LIMUSA
1985

**•MEMORIAL DEL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO
DE LA CIUDAD DEL DISTRITO FEDERAL.**

TOMO I, TOMO II, TOMO III.
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.
1975

•EL ARTE DE CONSTRUIR TÚNELES

KÁROLY SZÉCHY
2ª EDICIÓN
BUDAPEST 1973

•MANUAL DEL EQUIPO AKKERMAN

CILINDROS TELESCOPICOS
TOMO I, TOMO II, TOMO III
1997.

•CONSTRUCCIÓN DE LA LUMBRERA N° 8

EDUARDO MOLINA Y RIO CONSULADO
ING. EDUARDO QUIROZ ALCANTARA
1992

**•ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA OBRA DE
VICENTE VILLADA EN CIUDAD NEZAHUATLCOYOTL.
AGOSTO DE 1996.**