

24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON

TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES EN  
TUNELES DEL STC (METRO) PARA LINEA 6

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

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

P R E S E N T A :

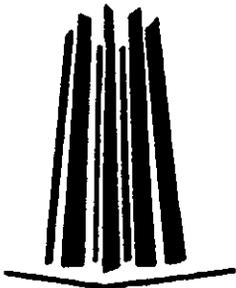
**CESAR RODRIGUEZ GARCIA**

ASESOR: ING. JOSE LARA RUIZ

276082

MEXICO

2000





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES EN TUNELES DEL  
S.T.C (METRO) PARA LINEA 6**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

CESAR RODRÍGUEZ GARCÍA  
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 9 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ LARA RUIZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES EN TUNELES DEL S.T.C. (METRO) PARA LÍNEA 6", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México, 18 de febrero de 1999  
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Secretaría Académica.  
c c p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.  
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.

## Agradecimientos:

A mis padres:

A la memoria de mi papá,† Antonio Rodríguez Ávila que lo llevo cada día en mi. Por su grandeza física y mental, que son mi mejor ejemplo para continuar por este difícil camino.

Te extraño.

A mi mamá, Filomena García Hernández que es el motivo por el cual vivo y lucho, por su ternura y fortaleza que me da ánimos para ser mucho mejor y me hace sentir un gran hombre, por su apoyo, y todo su amor.

A mis hermanas y hermanos:

Maruegenia, Norma, Angela, Margarita, Pedro, Alejandro, Ricardo, Víctor Manuel, por su apoyo incondicional.

A. Antonio por ayudar a que seamos mejor cada día en casa y en la vida exterior .

A Dios:

Por la existencia y por un instante más.

A la Universidad :

Por la formación y por todo lo que ella da.

A mis profesores:

Que me impulsaron día con día hasta este lugar con sus consejos y experiencias.

En especial al Ing. José Lara Ruíz por dirigirme esta tesis con detalle.

A ti:

De inmediato sabrás que eres tú, porque tienes mucho de mí, tú sonrisa, tú cariño, tus cuidados y tú forma de ser conmigo. te quiero tú sabes cuanto (así como con los dedos), espero que continúe esto para siempre.

A mis compañeros de escuela:

Que a lo largo de este tiempo me brindaron su amistad.

A mis familiares y amigos:

Por su apoyo desinteresado que me llevan a convivir mejor.

A Bufete Arquitectónico:

En especial al Arquitecto Manuel Medina que me brindo todo el apoyo y el material para hacer posible este proyecto.

A:

Todos aquellos que forman parte del sueño, infinitamente gracias.

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

pags.

### CAPITULO I

#### I RESEÑA HISTÓRICA

1

### CAPITULO II

#### II ESTRATIGRAFIA DE LOS SUELOS LACUSTRES DEL VALLE DE MÉXICO

II.1	MARCO GEOLOGICO	4
II.2	ESTRATIGRAFIA	5
II.3	SOBRECARGAS HISTORICAS	6
II.4	LAEXPLORACIÓN EN EL SUBSUELO	8
II.5	PRUEBAS NECESARIAS DE LABORATORIO Y DE CAMPO	10
II.6	PROCESO CONSTRUCTIVO	14
II.7	MURO MILAN	16
II.8	ABATIMIENTO DEL NIVEL DE AGUAS FRÉATICAS	20
II.9	ESTABILIZACIÓN DE LAS PAREDES DE ZANJAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS COLADOS EN SITIO	22
II.10	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y COLOCACIÓN DE MUROS DE CONCRETO COLADOS EN ZANJA	25
II.11	IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL PUENTE DE TUBERIAS DE AGUA POTABLE O COLECTORES.	31

### CAPITULO III

#### III FILTRACIONES EN MUROS TABLAESTACA ( MURO MILÁN )

III.1	EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	35
-------	---------------------------------------	----

III.2	DESCARGAS QUE SUFRE EL TERRENO	36
III.3	CONTROL DE LAS FILTRACIONES	38
III.4	CASO A	39
III.5	CASO B	41
III.6	CASO C	42

## CAPITULO IV

### IV FILTRACIONES EN MUROS ESTRUCTURALES

IV.1	TRATAMIENTO DE LAS FILTRACIONES EN LÍNEA 6	46
IV.2	URETANOS HIDROFILICOS	48
IV.3	URETANOS HIDROFÓBICOS	49
IV.4	ACELERADOR	50
IV.5	URETANO FLEX	52
IV.6	SELECCIÓN DE LA RESINA APROPIADA	54
IV.7	SELLADO DE FUGAS EN JUNTAS Y GRIETAS CON URETANO	55
IV.8	PASOS PARA APLICAR URETANO FLEX	58
IV.9	SELLADO DE JUNTAS FRÍAS EN CONCRETO NUEVO	61
IV.10	TRATAMIENTO Y SELLADO DE FUGAS	63
IV.11	MORTEROS TAPAFUGAS DE ENDURECIMIENTO INSTANTÁNEO ( AQUAPLUG Y SELLOTEX )	69
IV.12	JUNTAS CONSTRUCTIVAS	74
IV.13	OTROS PRODUCTOS UTILIZADOS	76
IV.14	PRESUPUESTO DE TRABAJOS EJECUTADOS ( ESTIMACIÓN )	78

## CAPITULO V

V	CONCLUSIÓN	107
---	------------	-----

### BIBLIOGRAFÍA

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento desmedido de la población aunado a la insuficiencia del transporte colectivo en las grandes ciudades, ocasionan un incremento en los medios de transporte particulares, generando problemas en la vialidad y contaminación ambiental, además de dar paso al desarrollo de nueva infraestructura sin espacio y ubicación.

Denominamos "METRO" a los sistemas de ferrocarril especialmente adaptados a las ciudades y sus alrededores inmediatos. Es interesante saber que el primero de estos sistemas fue el Metropolitan Railway de Londres, seguido por el metro de París.

Una de sus virtudes más importantes del ferrocarril subterráneo es la capacidad que tiene de transportar rápidamente grandes cantidades de personas por una vía exclusiva, que éste libre de cualquier interrupción de otros tipos de tráfico. Podríamos definir al metro como un ferrocarril urbano de pasajeros con estaciones a intervalos frecuentes con el fin de proporcionar un servicio de transporte rápido y conveniente en distancias relativamente cortas dentro de una ciudad y sus alrededores.

El tren subterráneo se requiere en forma casi invariable para satisfacer las necesidades de las ciudades existentes, cuyos centros ya tienen tantas edificaciones que los ferrocarriles de superficie y los elevados no son nada factibles y es esencial la construcción de túneles. Dichos túneles, ya sea construidos por corte y relleno en las calles existentes, o mediante perforación bajo las calles y edificios, hacen mínima la interferencia con la capacidad del tráfico existente, la demolición de edificios y la visibilidad.

Los costos de construcción de los túneles son necesariamente altos y, por consiguiente, se acostumbra excavar solamente en áreas congestionadas y bajo terrenos elevados y seguir por la superficie o por puentes como en un ferrocarril elevado donde sea más fácil disponer de espacio adecuado, posiblemente sobre o a lo largo de una carretera existente.

En el centro de la ciudad, la correcta localización de las estaciones del metro con el menor espaciamiento es una necesidad obvia si es que se desea atraer el máximo de tráfico, aunque en las áreas suburbanas las estaciones se deberán espaciar un poco más, para evitar así los retrasos y costos naturales que implica el construir paradas frecuentes.

El Metro es probablemente, la obra civil y arquitectónica más grande y compleja de la Ciudad de México. Su principal característica radica en que está en un proceso permanente

de transformación y crecimiento, por la incorporación de nuevas tecnologías y la ampliación de la red. Por lo que respecta a la construcción de ésta, se identifican históricamente cinco etapas, La primera corresponde al proyecto elaborado por el Grupo de Empresas ICA; se inicia el 19 de junio de 1967 y concluye el 10 de junio de 1972. La segunda, da comienzo a principios de 1978 y se termina a fines de 1982; la tercera, de principios de 1983 a fines de 1985; la cuarta, de principios de 1986 a fines de 1988; y la quinta, de principios de 1991 a mediados de 1994.

En los estudios parciales que integran el “Estudio de Vías Rápidas para la Ciudad de México” y en el proyecto para la primera etapa del Metro, se elaboraron las bases y los criterios que luego normarían su construcción y diseño. Se analizaron las características del subsuelo de la ciudad, el proceso y las causas del hundimiento de la zona con subsuelo lacustre, las técnicas de construcción puestas a prueba hasta entonces en la Ciudad de México (en el drenaje profundo, el Viaducto y el Periférico, así como en los grandes edificios) y en la construcción de trenes subterráneos en otras ciudades del mundo. También se estudió cuidadosamente el diseño y la operación de los 33 sistemas de transporte urbano masivo a base de trenes, con la finalidad de evitar la repetición de deficiencias y errores.

A unos cuantos días de que termine 1983, la administración de Miguel de la Madrid ordena ampliar el Sistema de Transporte Colectivo (Metro) y dotarlo de otras instalaciones necesarias para desestimular el uso del vehículo individual. La población capitalina recibe, así, obras que beneficiarán directamente a los núcleos más necesitados.

No obstante la crisis económica que enfrenta el país, el Gobierno atiende con especial cuidado uno de los renglones prioritarios para la gran urbe, como es el transporte. Pone a disposición de sus gobernados la Línea 6 del Metro, con siete estaciones en su primera etapa y cuatro en la segunda etapa., cuyo objetivo es intercomunicar las importantes zonas industriales de Tlalnepantla y Vallejo con el área urbana de Ciudad Netzahualcōyotl.

Entrega nueva vialidad que comunicará el flujo vehicular entre las zonas de Naucalpan y Tlalnepantla, Estado de México, y Azcapotzalco, con la zona industrial Vallejo, así como la Villa y Aragón.

La nueva Línea 6 del Metro se localiza en el Norte de la Ciudad con un trazo de Poniente a Oriente; atraviesa por dos Delegaciones Políticas; Azcapotzalco y Gustavo A. Madero.

Se inicia en los terrenos de la ex-hacienda El Rosario, cruza la avenida del mismo nombre, para seguir por la calle de Tierra Colorada; desemboca en el carril norte de la Avenida Aquiles Serdán (Parque Vía) y continúa hacia el Oriente por las calles de

Ahuehuetes, Avenida Refinería - Azcapotzalco, Calzada Azcapotzalco - La Villa y posteriormente atraviesa la Calzada Vallejo (Eje 1 Poniente); sigue por la calle Poniente 134, cruza la Avenida de los Cien Metros (Eje Central Lázaro Cárdenas) . atraviesa Insurgentes Norte, teniendo al extremo de este, la estación Deportivo 18 de Marzo, posteriormente adelante atraviesa la Calzada de los Misterios para llegar a la Calzada de Guadalupe, donde se encuentra la estación La Villa; continúa su recorrido pasando la Basílica de Guadalupe y la Delegación Gustavo A. Madero, cruza la Av. Ferrocarril Hidalgo para terminar finalmente en el entronque con la Línea 4, Martín Carrera.

El objetivo fundamental de la Línea 6 es la intercomunicación de las importantes zonas industriales de Tlalnepantla y Vallejo con el área urbana, principalmente localizada en Ciudad Netzahualcóyotl, Estado de México, La Villa y Aragón, así como de la parte central de la Ciudad; esto se logrará mediante la correspondencia entre las líneas 3,4,5,7, con la Línea 6.

**CAPITULO I**

**RESEÑA HISTORICA**

---

## I RESEÑA HISTÓRICA

En las últimas décadas; el número de usuarios del S.T.C. se ha incrementado notablemente. En el año de 1970, primer año completo de operación, se transportaron 141.6 millones de usuarios y al final de la primera década de su funcionamiento en el año de 1979, el S.T.C., llegó a mover 837.5 millones de usuarios, con un crecimiento promedio anual del 22%. En la década siguiente (1980-1989), el nivel de servicio continuó su crecimiento hasta llegar a 1,542.9 millones de usuarios en 1989, año récord en pasajeros transportados, registrando un crecimiento medio anual del 6% durante la década. Posteriormente, como resultado de los ajustes tarifarios aprobados al Organismo y del deterioro del salario real que resulta del proceso inflacionario, el nivel de tránsito del usuario descendió a 1,473.9 millones de pasajeros para 1997; Partiendo de que en la actualidad somos un total de 8.5 millones de habitantes solo en el D.F.

El servicio que presta el Organismo disfruta de gran aceptación por parte de los habitantes de la Ciudad de México y su área Metropolitana, captando alrededor del 23% de la demanda del transporte, con un crecimiento de 12.5 veces, en este lapso.

El metro de la Ciudad de México sobresale entre los 87 principales trenes metropolitanos del mundo, al ocupar el tercer lugar en el número de pasajeros transportados, después de los de Moscú y Tokio.

Los problemas técnicos para la construcción de un Metro subterráneo con subsuelo lacustre y una zona sísmica se habían resuelto en principio. También se habían desarrollado técnicas de construcción a fin de eliminar rigideces excesivas en las estructuras y dar la flexibilidad necesaria a la construcción para resistir los efectos de los sismos. El análisis del hundimiento de la ciudad se fundamentó en una teoría formulada por el doctor Nabor Carrillo y desarrollada por el doctor Marsal y el ingeniero Hiriart, en la Comisión Federal de Electricidad, en 1953, que permitía hacer predicciones sobre este fenómeno. Dicha teoría puso de manifiesto, por otro lado, la necesidad de detener la extracción de agua de la zona lacustre para aminorar el hundimiento de la ciudad.

En la construcción del Metro se optó por la técnica conocida como túnel de cajón y se utilizó el sistema de los llamados muros Milán, empleado en la construcción del Metro de esta ciudad italiana, que ya había sido utilizado en la ciudad de México (en el paso a desnivel en Tlaxcoaque, en el Viaducto y en el Periférico). Se construye a cielo abierto. Inicialmente se abren zanjas para los dos muros paralelos que forman las paredes del túnel, que se cuelan y se

---

---

dejan fraguar; posteriormente, se excava entre ambos muros y se cuele el firme del piso; por último se construye la losa del techo.

El sistema de los muros Milán elimina el riesgo de deslaves laterales del suelo hacia el interior de la excavación, lo cual además de entorpecer los trabajos puede ocasionar daños a edificaciones vecinas. También hace posible trabajar en espacios mas angostos, ya que no requieren amplios taludes inclinados a ambos lados del túnel para estabilizar la excavación. Además, el bombeo del agua filtrada del subsuelo se puede efectuar en un espacio limitado, que es sólo el existente entre ambos muros, lo que permite desalojarla con mayor rapidez y prácticamente sin afectar la consistencia del subsuelo a los lados del túnel.

Como medida precautoria, entre otras, las zanjas recién excavadas se rellenan con lodo bentonítico, que tiene un peso similar al de la tierra que se ha extraído, lo que evita que se venzan las paredes de la excavación.

El sistema constructivo de los muros Milán resolvió parte importante de los problemas de construcción, asociados al subsuelo de la Ciudad de México; sin embargo, a dicho sistema se le incorporaron algunas variantes técnicas para su total adecuación, como es el caso del sistema de compensación del peso del subsuelo desplazado. Éste se sustenta en el mismo principio que permite flotar a una embarcación, el llamado "Principio de Arquímedes". Los túneles construidos deben pesar lo mismo que la tierra y el agua que tuvo que desalojarse para realizar la obra, ya que si un túnel pesara menos, tendería a emerger; a salir a la superficie, y a la inversa, si pesara más, tendería a hundirse.

Aparentemente es simple la solución de este problema técnico, dependiendo de la previa cuantificación de las variables que deben intervenir en los cálculos: el peso del túnel, el de todo lo que lleva dentro, y el de lo que hay encima, es decir el pavimento; sin embargo, los cálculos matemáticos que lleva aparejados son complejos y exigen gran precisión. El problema se acentúa en el caso de las estaciones, debido a la desproporción entre su gran volumen vacío y lo relativamente escaso de su peso. Para compensar esta diferencia, fue necesario construir edificios encima de las estaciones, a fin de que el peso de éstos restableciera el equilibrio entre las variables.

En el año de 1967, el nivel freático de la Ciudad de México se localizaba, en promedio, a partir de los dos metros bajo la superficie, en tanto que la construcción de los túneles del Metro y de sus estaciones requería de excavaciones a profundidades mucho mayores. El agua representó por ello un obstáculo persistente. No obstante tal inconveniente, se tuvo la ventaja de excavar en un suelo con baja resistencia, debido a la relativa ausencia de obstáculos rígidos o de difícil penetración.

---

---

La naturaleza del subsuelo plantea otro tipo de dificultades, como es el caso de las paredes, que tienden a ser inestables porque la presión del agua que contienen los mantos de arcilla, aunada al peso de las construcciones aledañas, puede deformarlas o fracturarlas, poniendo en riesgo las estructuras de las edificaciones circundantes. Ello obliga a controlar el nivel del agua localizada en el lugar en que se realiza la obra. Si no se hubiese aplicado la avanzada tecnología que se empleó y continúa utilizándose en las obras del Metro, serían constantes los hundimientos o protuberancias del suelo.

En las zonas de Ciudad de México que pertenecen al área antaño cubierta por agua y que presentan pendientes superiores a la máxima permitida para el tránsito de los trenes, fue necesaria la excavación de túneles profundos. En estos casos se utilizó el método de escudo, que consiste en el empleo de una máquina excavadora circular que avanza bajo tierra, perforando el suelo y expulsando hacia atrás el material extraído, el cual se retira con vagones diseñados para tal propósito.

La incidencia de **filtraciones** en la Red del Metro ó S.T.C. se explica por que la mayoría de la infraestructura del organismo esta acentada en suelos blandos, por lo que el nivel freático se localiza a poca profundidad, como se mencionó anteriormente incrementándose considerablemente en época de lluvias, sumándose a esto los movimientos y asentamientos que sufren las estructuras, provocan fisuras considerables y desajustes en los elementos prefabricados ocasionando que se hagan presentes las filtraciones.

En casos de **filtraciones** donde el agua gotea o se manifiesta únicamente humedeciendo las superficies del concreto, tenemos que determinar el origen, pudiendo ser grietas, juntas defectuosas, concreto deteriorado, tuberías de agua potable rotas, drenajes rotos y colados pobremente (porosos) y en el último de los casos pueden existir cavidades dentro de la losa.

Si el medio circundante a la reparación es húmedo o seco alternativamente y el flujo de agua es abundante en el periodo de humedad y lluvias, su reparación se debería posponer hasta la temporada de sequía para un mantenimiento correctivo y preventivo.

---

**CAPITULO II**

**ESTRATIGRAFIA DE LOS SUELOS LACUSTRES DEL VALLE DE  
MEXICO**

---

## II.1 MARCO GEOLÓGICO

Se puede generalizar que los suelos de la planicie lacustre del Valle de México se originaron durante el pleistoceno medio y superior y por supuesto en el holoceno, formándose una compleja secuencia de estratos blandos arcillosos, intercalados con capas y lentes duros. Los primeros son consecuencia de la depositación de partículas finas en lagos y los segundos de la acumulación de cenizas volcánicas o aluviones, así como la influencia de secado de suelos blandos expuestos al calor solar. En la fig. 1 se muestra la interpretación de ese proceso geológico.

### CAMBIOS GEOLÓGICOS

El pleistoceno fue una época que se caracterizó por sus grandes cambios climáticos; así en las latitudes altas y zonas montañosas se formaron glaciares con mantos de hielo que cubrieron hasta tres veces el área actual. En las latitudes tropicales también se sucedieron grandes transformaciones, sus bosques se expandían en épocas húmedas y reducían en las secas. El nivel del mar llegó a tener descensos hasta de 90.0 m y ascensos hasta de 25.0 m, con respecto al nivel actual. En la figura 2 se resumen las interpretaciones que se han dado a este proceso geológico, aclarándose la formación de los suelos lacustres del Valle.

### GEOTECNIA DEL CERRO DEL TEPEYAC Y ZONAS ALEDAÑAS.

La Sierra de Guadalupe se localiza al centro este del Valle de México y limita al Norte de la Ciudad de México. Su formación se debe a la actividad volcánica ocurrida en el Mioceno (Terciario Medio) y esta integrada por la lava andesítica (Cerro de Santa Isabel, Cerro del Guerrero y de los Gachupines), lava dacítica en ocasiones formando domos (cerro del Tenayo, Ticomán, Cuauhtepac y Chiquihuite) y lava riolito - dacítica como las del Cerro del Tepeyac.

En los flancos de la sierra, principalmente al Norte y Noroeste, existen suelos tobáceos y pumíticos producto de la lluvia de ceniza volcánica. La erosión y arrastre de las aguas propició además la formación de depósitos en los flancos, pareciendo ser mas importantes hacia el Sur y Sureste.

A niveles inferiores en los flancos, existen depósitos lacustres debidos a la existencia en el pasado de los lagos de Texcoco al Sur y al Oriente, el de Xaltocan al Noroeste y el de Zumpango al Norte.

---

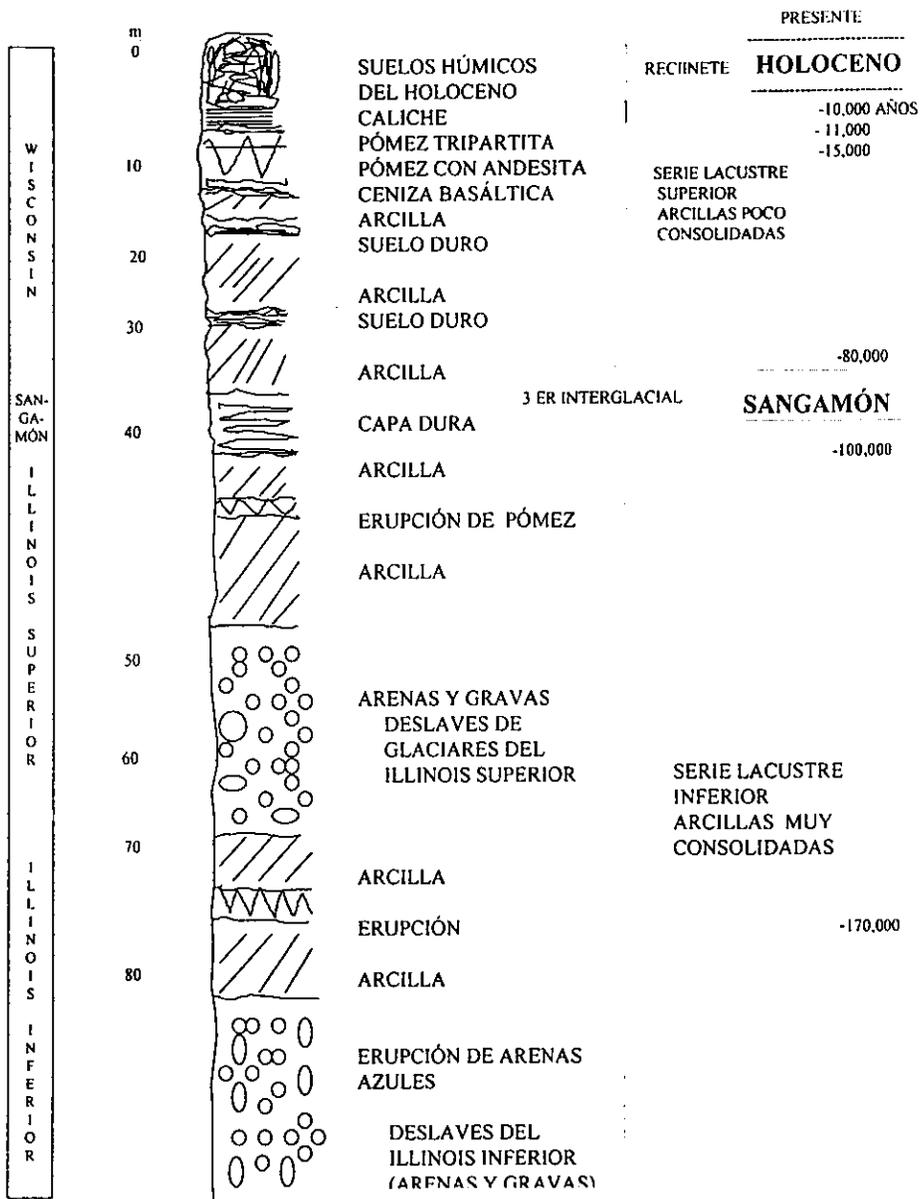
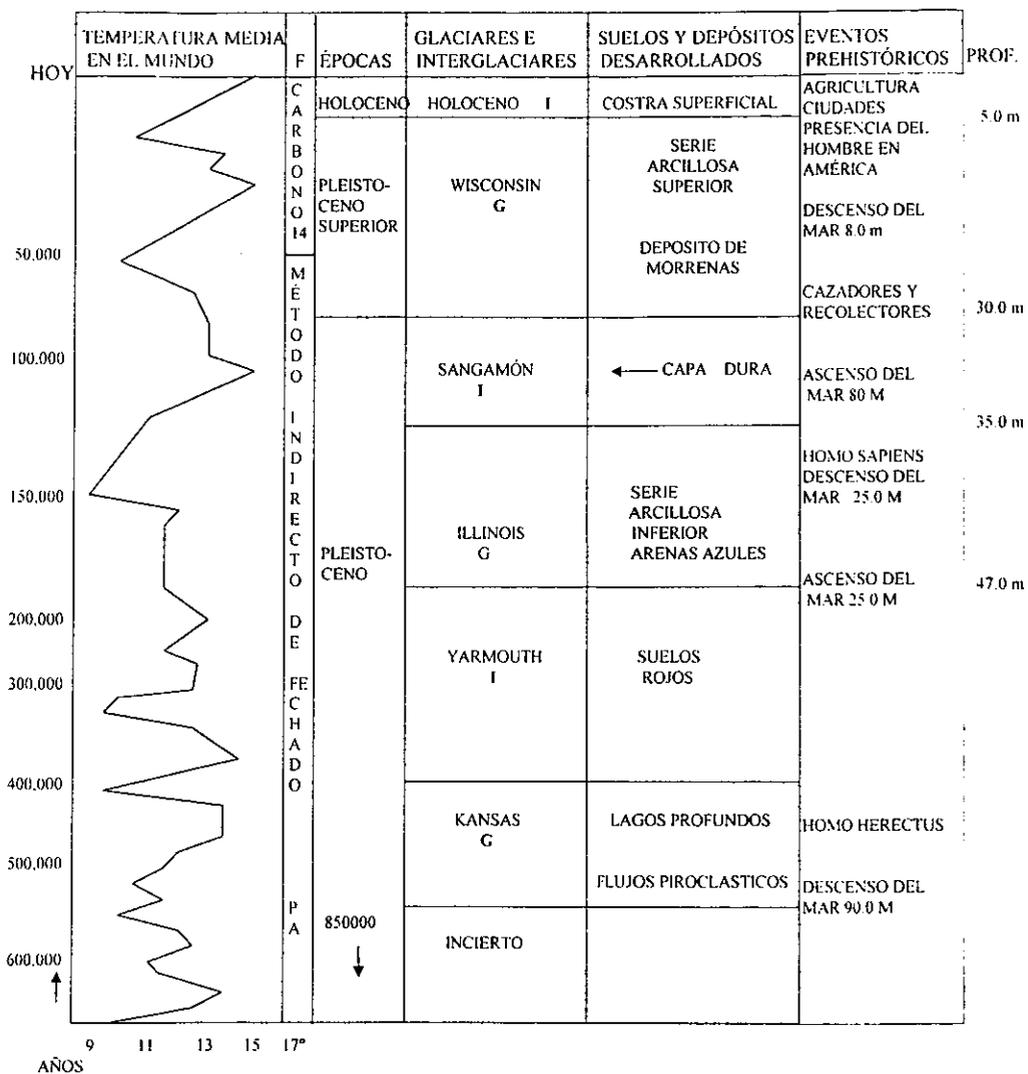


FIG. 1 ESTRATIGRAFIA DE LA PLANICIE LACUSTRE.



F = TÉCNICA DE FECHADO  
PA = POTASIO ARGÓN

G = GLACIAR  
Y = INTERGLACIAL

FIG. 2 Eventos geológicos ambientales durante el Holoceno y Pleistoceno

---

Estos depósitos lacustres, interestratificados con los aluviales o tobáceos depositados por lluvia de cenizas por las alternadas desecaciones parciales del lago, son los que dan origen a la zona de transición

## II. 2 ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía que se detecta en el área es de origen aluvial y se encuentra entre la zona francamente lacustre y la pétreo.

Se caracteriza por la presencia de estratos arcillosos o lentes arcillosas compresibles, alternadas con capas o depósitos lenticulares de materiales arenosos o arenolimosos de compacidad variable, pero relativamente mucho menos compresibles que los arcillosos.

Para delimitar las zonas, puede decirse que la zona de transición próxima a la Sierra de Guadalupe, se extiende desde la falda de la propia Sierra hasta aproximadamente un kilómetro de distancia al Sur, siendo obviamente más fuerte la erraticidad en las cercanías de la Sierra que a cierta distancia de ella. En algunas zonas existen suelos rellenos medianamente compactos, su espesor es variable con máximo hasta de 2.50 m, constituidos por limo arenosos y arena que sobreyacen a los mantos arcillosos: es común encontrar bolsas o lentes de materiales compresibles, que han sido preconsolidados por efecto de los abatimientos de la presión hidrostática causada por pozos de bombeo municipales o particulares que existen en la zona.

En la proximidad de los cerros (que en general tienen pendientes abruptas en su porción oculta bajo los suelos y pendientes más suaves por efecto de la erosión e intemperismo en sus taludes expuestos), la disminución en el espesor de los mantos compresibles es rápida, de tal manera que en predios próximos a ellos esta variación es abrupta. Un caso muy conocido es el que corresponde a un perfil de suelos con dirección Norte-Sur ubicado en el costado Poniente de la antigua Basílica de Guadalupe.

Al Oriente de la Sierra hacia San Juan de Aragón, a poca distancia de los cerros (300 a 400 m ) el subsuelo presenta las mismas características que en la zona del lago en cuanto a formaciones, espesores y propiedades.

---

---

Nivel Freático. En general éste se encuentra a profundidades próximas a los 2 m llegando a encontrarse hasta 4.5 m. Por las características estratigráficas existentes y los fuertes abatimientos producidos por el intenso bombeo, es de esperarse que en la zona existan mantos colgados, como han sido detectados mediante piezómetros en los sondeos.

El conocimiento de los niveles piezométricos del subsuelo tiene implicaciones importantes que afectan el diseño y procedimiento constructivo de las cimentaciones. Por lo anterior es importante conocerlo durante la ejecución de las exploraciones o mediante una instrumentación adecuada. La construcción de obras de drenaje, como son los interceptores Central y Oriente próximos a la zona que se trata, pueden incrementar los abatimientos existentes, por fugas de agua hacia el interior de ellos. Esto debe tomarse en consideración para predecir el comportamiento del subsuelo.

### II.3 SOBRECARGAS HISTÓRICAS

Al instalarse los aztecas en el valle de México, previo acuerdo concertado con los reyes de Texcoco, Coyoacan y Azcapotzalco, ocuparon el área inundable del lago de Texcoco; podían, además, tener acceso a tierra firme por caminos bien definidos hacia canteras y bosques como fuente de materiales para construcción. Después de un lapso en que las edificaciones eran ligeras y adaptadas al ambiente lacustre, fueron los aztecas creando zonas libres de inundación mediante rellenos artificiales, principalmente constituidos por fragmentos de roca, grava y arenas. Debido a la baja resistencia de los suelos en el fondo del lago, tuvieron que recurrir al uso de enramadas entre capas del relleno, con objeto de evitar su penetración y la falla local del terreno. De este modo y a través de la consolidación de las arcillas lacustres, fueron construyendo una extensa plataforma que cubrió toda el área ocupada por la antigua capital de los aztecas, Tenochtitlan. De acuerdo a exploraciones recientes, los espesores del relleno variaron de 2 a 10 m, con máximos en la zona ocupada por el centro religioso (Templo Mayor); aproximadamente localizado en lo que ahora es el Zócalo de la Ciudad de México. La urbe azteca se extendía hacia el poniente ocupando los terrenos de la colonia Tlatelolco, donde quedó emplazada la hoy denominada Plaza de las Tres Culturas (azteca, hispánica y moderna). Los límites de esta zona de la Ciudad, sobrecargada fuertemente por los rellenos arqueológicos, no son bien conocidos; por ejemplo, se sabe que uno de los accesos principales a la sede de los aztecas coincide con la calle de Tacuba; este camino fue construido también previo relleno del fondo lacustre, y por tal razón era a principios de siglo una franja hundida sobre la que se localizó el colector central de la ciudad.

Como es sabido, el periodo inicial de la conquista hispánica se caracterizó por destruir los principales centros religiosos y cívicos de las culturas indígenas, con la consiguiente alteración

---

de las sobrecargas sobre el terreno (descargas e invasión de nuevas áreas), lo que fue un cambio significativo en el caso de la Ciudad de México desde el punto de vista geotécnico. Los constructores españoles del siglo XVI importaron técnicas diferentes y extendieron las edificaciones fuera de la zona ocupada por Tenochtitlan, conformándose así y a través de tres siglos un nuevo centro urbano, del que es parte representativa lo que se ha dado en llamar la Traza de la Ciudad. Las edificaciones pesadas de la Colonia (Palacio de Cortés, hoy Palacio Nacional; la Catedral, iglesias y conventos; los acueductos, etc.) cimentaban sus muros de mampostería sobre estacones y las viviendas menores sobre zapatas corridas fabricadas con materiales pétreos y mortero de cal.

En el primer tercio del presente siglo, la zona urbana de la Ciudad se extiende horizontalmente, la construcción es muy uniforme (dos a tres niveles) y la población se incrementa de 500,000 a 1.2 millones de habitantes (tasa de crecimiento de 23,000 hab/año); los servicios de abastecimiento de agua y drenaje funcionaban de acuerdo con lo previsto por el diseño de ambas redes constituidas entre 1900 y 1910. A partir de los años treinta la población aumenta a razón de 55,000 hab/año; esta tasa de crecimiento se duplica de 1960 a la fecha. Desde 1940 y en la parte céntrica de la Ciudad, se inicia el desarrollo vertical de inmuebles y es necesario ampliar la provisión de agua potable con redes locales abastecidas por pozos perforados en el área urbana. Ambos factores influyen notablemente en el diseño de cimentaciones.

## HISTORIA DE CARGAS

Debido a las características del subsuelo de la Ciudad, el efecto de construcciones antiguas suele ser relevante en el diseño de los nuevos inmuebles. Muchos casos de mal comportamiento de la cimentación pueden explicarse por condiciones diferenciales de compresibilidad y resistencia al corte de las arcillas bajo el predio, ocasionadas por sobrecargas que actuaron en el pasado. Ejemplos conocidos: La Biblioteca Nacional, construida sobre uno de los caminos de acceso a Tenochtitlán (Camino Azteca que se prolongaba hasta Tlatelolco). Y que a causa del hundimiento de la ciudad fue seriamente afectada por asentamientos diferenciales en las últimas décadas; finalmente, cabe recordar la situación creada a una de las instalaciones del Centro Médico (1950) , que fue necesario localizar en el predio destinado anteriormente al Hospital SOP, donde se había colocado la subestructura de concreto e hincado pilotes de madera hasta la capa dura. Una condición similar a la de este último ejemplo puede presentarse en los lotes ocupados por edificios que sufrieron colapso o daño grave durante los sismos de Septiembre de 1985 y fueron demolidos.

## EXPLORACIÓN DE LOS ACUÍFEROS DEL SUBSUELO

Como se indicó anteriormente a partir de 1930 se intensifica la extracción de agua mediante bombo en pozos municipales localizados dentro del área urbana, para suplir las limitaciones del acueducto de Xochimilco construido a principios del siglo. Esta explotación generó hundimientos en los dominios del lago Texcoco así como agrietamientos en varios sitios de la Ciudad, no sólo en lo que era el fondo de dicho lago sino también en terrenos firmes de los lomeríos ubicados al poniente.

Del hundimiento se conocen con suficiente precisión la causa y los efectos, mientras que de los agrietamientos en el fondo lacustre y en la Zona de Lomas se han propuesto mecanismos teóricos aún sujetos a comprobación mediante observaciones de campo.

El problema que enfrenta el especialista en geotecnia cuando tiene que investigar la evolución del hundimiento y el potencial de agrietamiento en determinado predio, es la carencia de datos.

Estos se empezaron a registrar a partir de 1938, primero por la Dirección de Geografía, después estuvieron a cargo de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. . y en época reciente, de la Comisión de Aguas del Valle . son bastante completas las nivelaciones de la Comisión Hidrológica en el periodo de 1953-1968 y más espaciadas y erráticas las realizadas por la Comisión de Aguas en la última década ; además, en este último lapso ocurre una rápida expansión de la zona urbana hacia el sur ocupando terrenos vírgenes de los Lagos Texcoco, Xochimilco y Chalco, así como el desplazamiento de la explotación de acuíferos en la misma dirección. La figura 3. muestra los límites aproximados de la mancha urbana del Distrito Federal en 1900, 1960 y 1985, que dan una idea de la magnitud del problema en cuanto a mediciones de hundimiento, piezometría y agrietamientos, información indispensable para el diseño de las cimentaciones en la zona lacustre de la Ciudad.

### II. 4 LA EXPLORACIÓN EN EL SUBSUELO

Son poco precisas las circunstancias geológicas que procedieron al cierre del antiguo Valle de México hacia la cuenca del río Balsas, evento ubicado en el tiempo a unos setecientos mil años y la subsecuente formación de lagos, el acarreo de suelos vía erosión de lava y cenizas por volcanes activos en esa época. Esta diversa secuencia de acontecimientos, sumada a variaciones notables del clima (glaciaciones, periodos húmedos y secos, etc.), explica la complejidad estratigráfica en diferentes puntos del Valle

-  LA CIUDAD EN 1900
-  EXTENSIÓN EN 1960
-  AMPLIACIÓN EN 1985
-  DERRAMES VOLCÁNICOS

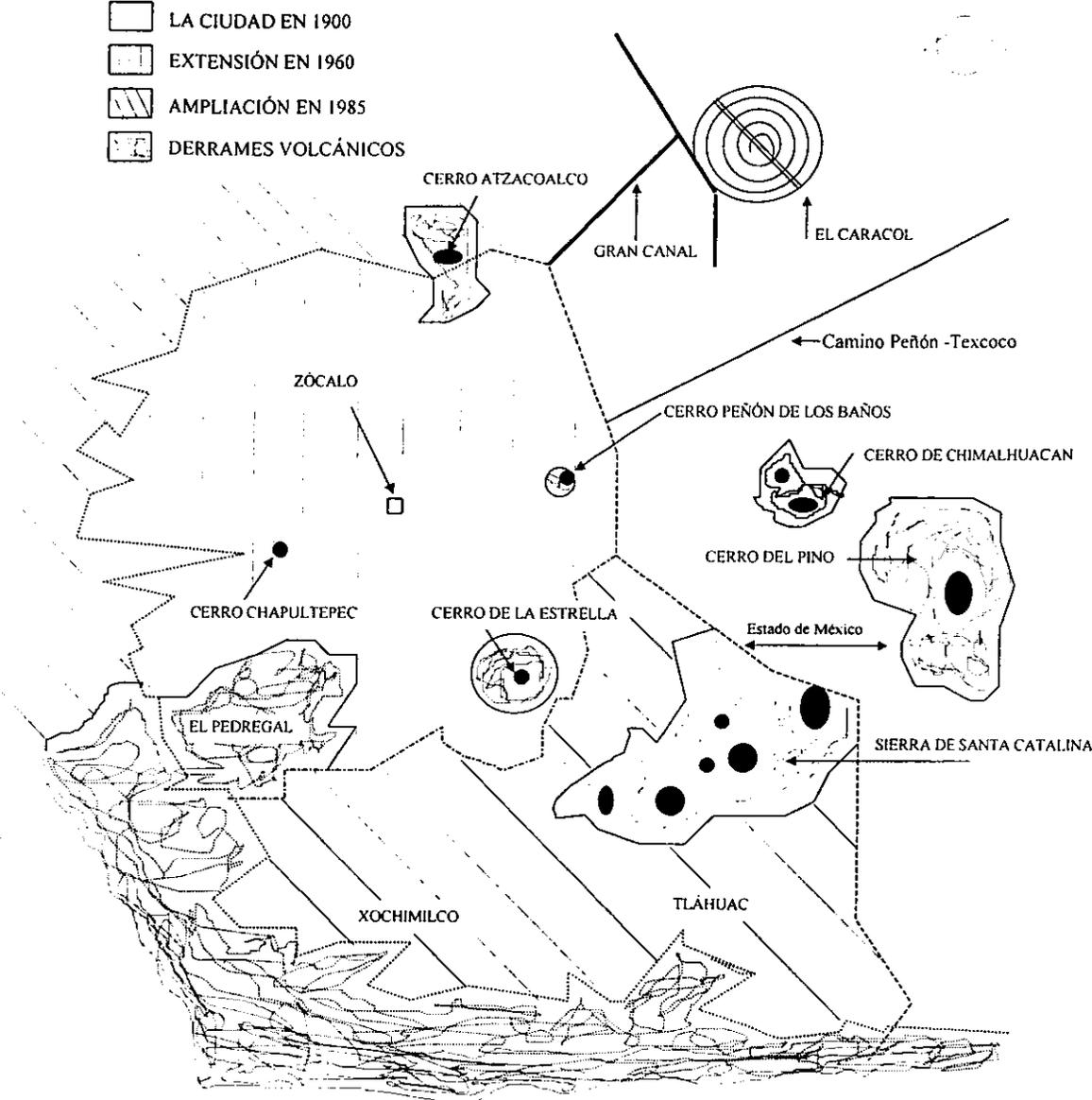


FIG 3 LÍMITES APROXIMADOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO EN DIFERENTES FECHAS

---

## DEPÓSITOS LACUSTRES Y ALUVIALES

Desde el punto de vista de geotécnica y en las zonas bajas del Valle, la estratigrafía de interés puede variar de una década de metros hasta 100 m y es notablemente compleja por varias razones: los depósitos son de origen distinto, unos aluviales y otros lacustres; por influencia del clima varias capas de arcilla fueron sometidas a la acción del secado; la vida orgánica en los lagos fue muy activa en diferentes periodos, a los que corresponden sedimentos fosilíferos significativos; la concentración salina en los lagos era variable y por lo tanto afectó a la sedimentación de las cenizas volcánicas y su posterior alteración mineralógica; la distribución de lluvias dentro del Valle debió ser diferente, con tendencia a la aridez hacia el centro y norte de esta región.

## SONDEOS EN ZONAS BAJAS DEL VALLE

El método mas confiable y completo consiste en extraer muestras inalteradas del terreno en forma continua, usando tubos delgados (Shelby) para las arcillas blandas y el muestreador Denison para los suelos duros o granulares compactos. Por su alto costo, este método solo se justifica en proyectos importantes o investigaciones particulares del subsuelo.

En la práctica, es usual recurrir al sondeo de penetración estándar (SPT) en el cual se recuperan muestras alteradas y se estima la resistencia a la penetración de la herramienta, contando el número de golpes según especificación normalizada. El proceso de hincado del muestreador debe estar a cargo del personal entrenado para realizar la identificación de campo de los especímenes obtenidos, verificar cuidadosamente la verticalidad del equipo y las profundidades de prueba, proveer lo necesario para que no se altere el nivel freático, y vigilar que limpie el pozo hasta la elevación a que penetró la herramienta, después de cada extracción; además, conservar en frascos herméticos las muestras para su examen y determinación de propiedades índice, de las que el contenido de agua es la más característica en el caso de los materiales arcillosos del Valle; finalmente, proceder a la verificación visual y manual de los especímenes en estado seco. Para la identificación es recomendable aplicar los procedimientos propuestos por A. Casagrande que conforman el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). La correlación entre el número de golpes SPT y compacidad relativa de arenas o la resistencia al corte de arcillas, así como las apreciaciones cualitativas de ciertas propiedades mecánicas a partir de la clasificación SUCS, puede construir guías valiosas para orientar el estudio detallado del subsuelo en cuanto a selección de muestreadores, número y localización de especímenes, tipos de ensaye, etc., que deben implementarse para el diseño de cimentaciones.

---

---

Una variedad de sondeos SPT es el denominado mixto, en el que se intercala a profundidades especificadas, el muestreo de especificaciones inalterados con tubo de pared delgada; para determinar tales profundidades se requiere conocer la estratigrafía del sitio, lo cual puede lograrse con un sondeo SPT previamente ejecutado.

Otro tipo de exploración que se ha venido aplicando con frecuencia por su sencillez y bajo costo, es el cono mecánico o eléctrico. Las ventajas del método comparadas con las pruebas SPT son:

1) La precisión con que pueden determinarse las fronteras de los diferentes estratos del subsuelo.

2) Una medición más correcta de la resistencia a la penetración en cambio no se muestra el suelo.

Por esta razón la prueba de cono debe considerarse complementaria de los otros procedimientos descritos antes (muestreo continuo y SPT), a menos que se tengan datos confiables del subsuelo en la vecindad del sitio objeto del estudio.

Los métodos indirectos como el geoelectrico o bien el geosismico de refracción, si bien aplicables en estudios de gran visión y que cubren áreas extensas, no proporcionan la información necesaria para el diseño de cimentaciones.

## II. 5 PRUEBAS NECESARIAS DE LABORATORIO Y DE CAMPO

### ENSAYES ESTÁTICOS:

**PROPIEDADES ÍNDICE.** Las determinaciones respectivas (Contenido de agua, Densidad de sólidos, Límites de Atterberg, Granulometría) se realizan con los suelos obtenidos mediante sondeos de exploración o pozos a cielo abierto, ya que son indispensables para programar en etapas subsecuentes el muestreo de especímenes inalterados y la ejecución de ensayos en laboratorio de acuerdo con las modalidades del problema a resolver. Las propiedades que se mencionan a continuación son las usuales en el caso de la Ciudad de México.

---

Compresibilidad. Siendo ésta una de las propiedades más significativas de las arcillas lacustres del Valle, que depende de la estructura sólida propia de tales suelos y de la historia de cargas a que han estado sometidos (secado, hundimiento por explotación de los acuíferos, construcciones y rellenos), es necesario realizar en el laboratorio pruebas sobre especímenes inalterados de las muestras que se han recabado en sondeos o pozos a cielo abierto.

La prueba más aceptada es la llamada Consolidación Estándar, que se realiza confinando el espécimen con anillo de 7.5 cm de  $\phi$  . altura de 2 cm y drenaje libre en ambas caras del suelo. Se aplican incrementos, cada uno igual a la presión anterior, registrándose las deformaciones vs Tiempo hasta que se defina la compresión necesaria. De este modo se obtienen, tanto en el tramo de carga como para la descarga, las curvas de relación de vacíos, coeficiente de compresibilidad y coeficiente de consolidación, en función de las presiones efectivas aplicadas, así como las cargas de preconsolidación. Los parámetros mencionados son necesarios para calcular asentamientos de la cimentación y su evolución en el tiempo debidos a la compresión supuestamente confinada de los estratos arcillosos del subsuelo.

El ensaye que se efectúa con especímenes prismáticos o cilíndricos de suelos parcialmente saturados y relativamente duros, típicos de la Zona de Lomas, es el de compresión simple; a partir de la curva esfuerzo - deformación se calculan los módulos tangente y secante. Dada la heterogeneidad de los materiales que se suelen encontrar en dicha zona de la Ciudad, es necesario hacer un buen número de pruebas para determinar con suficiente aproximación los valores medios y desviaciones estándar de la mencionada propiedad mecánica.

Resistencia al corte. Tanto para las arcillas blandas de origen lacustre como para los suelos aluviales, tobas, conglomerados, etc., de los lomerios situados al poniente de la Ciudad, es práctica aceptada evaluar la resistencia al esfuerzo cortante por medio de la prueba de compresión simple o no confinada.

En el caso de las arcillas lacustres, que en condición natural están saturadas, se estima la resistencia al corte o cohesión como la mitad del valor a la falla registrado en el ensaye de compresión no confinada. Sin embargo, esta prueba de resultados muy bajos cuando el suelo se encuentra muy fisurado, lo cual es frecuente en las arcillas blandas del Valle. Más representativo es el valor que se obtiene en prueba triaxial no consolidada no drenada (UU), sometiendo el espécimen a un esfuerzo de confinamiento igual a la presión calculada a partir del peso volumétrico y la profundidad del material en el subsuelo. Es también frecuente que la resistencia al corte se determine en el laboratorio con el torcómetro aplicado directamente al suelo en los extremos de cada tubo muestreador; tal práctica es poco recomendable, ya que se realiza la prueba en las partes del espécimen generalmente más alteradas por el proceso de

---

perforación. Otro aparato que se usa con el mismo propósito es la veleta, tanto en el laboratorio como en sondeos de exploración.

Todo lo anterior es válido cuando se trata de conocer la resistencia a corto plazo de las arcillas lacustres, la cual es aplicable al problema de estabilidad de taludes en excavaciones temporales.

Cuando se trata de cimentar una obra sobre pilotes de punta que transfieren cargas a alguna de las capas duras del subsuelo en las zonas bajas del valle, quedan tres opciones por seguir:

- 1.- Extraer muestras de la capa dura con muestreador. Denisión y ensayar especímenes en el laboratorio.
- 2.- Determinar la resistencia a penetración con un cono de suficiente capacidad.
- 3.- Realizar pruebas de campo con pilotes.

Los tres procedimientos se han aplicado al diseñar cimentaciones piloteadas en la Ciudad de México, sustitutos de la mayoría de los casos de criterios que se aceptaban en el pasado (antes de 1960), cuando se usaban postes de madera. Las opciones mencionadas tienen limitaciones en cuanto al número de pruebas que deben efectuarse para identificar conservadoramente las condiciones cambiantes de los suelos duros, vinculadas a su composición granulométrica, el secado y/o la cementación.

Para el diseño de pilotes friccionantes, o sea, los que transmiten cargas al subsuelo sin apoyarse en una capa dura, se requiere evaluar la adherencia pilote - suelo. Con tal fin, los valores de la resistencia al corte de las capas blandas y duras atravesadas por los pilotes, se determina generalmente mediante los ensayos indicados al principio de este inciso (compresión simple, torcómetro, veleta).

## ENSAYES DINÁMICOS

Módulos de cortante y elástico. Desde hace más de tres décadas se empezaron a realizar ensayos para determinar propiedades dinámicas de los suelos arcillosos que se encuentran en

---

las zonas bajas del Valle de México. Estos primeros intentos consistieron en someter especímenes inalterados a sollicitación oscilatoria, en torsión y flexión, a fin de conocer el periodo fundamental de vibración de tales materiales, y a partir de él, calcular con fórmulas conocidas de la elasticidad los módulos G y E. Posteriormente, con métodos más sencillos aunque del mismo tipo se han publicado datos sobre el mismo tema, así como de sus implicaciones en el comportamiento dinámico del subsuelo (campo libre) y en las construcciones de la urbe. A raíz del terremoto de Septiembre 1985, se han venido elaborando proyectos de investigación en los que intervienen los institutos de Geología, Geofísica e Ingeniería de la U.N.A.M., así como firmas privadas, que tratan temas sugeridos por el examen de daños ocasionados a las edificaciones y por los registros de aceleraciones en diferentes puntos del Distrito Federal; se espera que dichos estudios proporcionen información más amplia y métodos de análisis confiables para verificar la estabilidad dinámica de las construcciones asentadas en el Valle de México.

Velocidad de ondas. El programa de investigación descrito incluye la determinación de la velocidad de ondas de cortante en distintos sitios de la Ciudad por el método de dos pozos y excitación horizontal, a profundidades comprendidas entre la superficie del terreno y los depósitos compactos del subsuelo localizados a menos de 100 m. Este método es, quizás, el adecuado para estimar los módulos G en condiciones más próximas a la realidad; por su costo y especialización sólo se aplica en proyectos importantes como el estudio de la respuesta sísmica del subsuelo de la Ciudad de México.

## ZONAS DEL DISTRITO FEDERAL

En base a la información estratigráfica y de propiedades índice se propuso hace unos treinta años la zonificación que se muestra en la fig. 4. En que los terrenos urbanizados en esa época se asignaron a tres zonas: lomas, transición y lago. Estos términos se cambiaron por los de zonas I, II y III en el Reglamento de Construcciones y se agregó una zona IV para cubrir la expansión de la mancha urbana hacia sitios prácticamente inexplorados desde el punto de vista geotécnico. Según aclaran las disposiciones reglamentarias, el plano de zonificación no tiene otro objetivo que servir de referencia a las normas sobre seguridad estructural de las edificaciones. Los sondeos que el reglamento demanda como mínimo para explorar el subsuelo, son la base para el geotecnista identifique la zona a que pertenece el predio en cuestión, aplicando los criterios que al respecto establece la misma norma regulatoria.

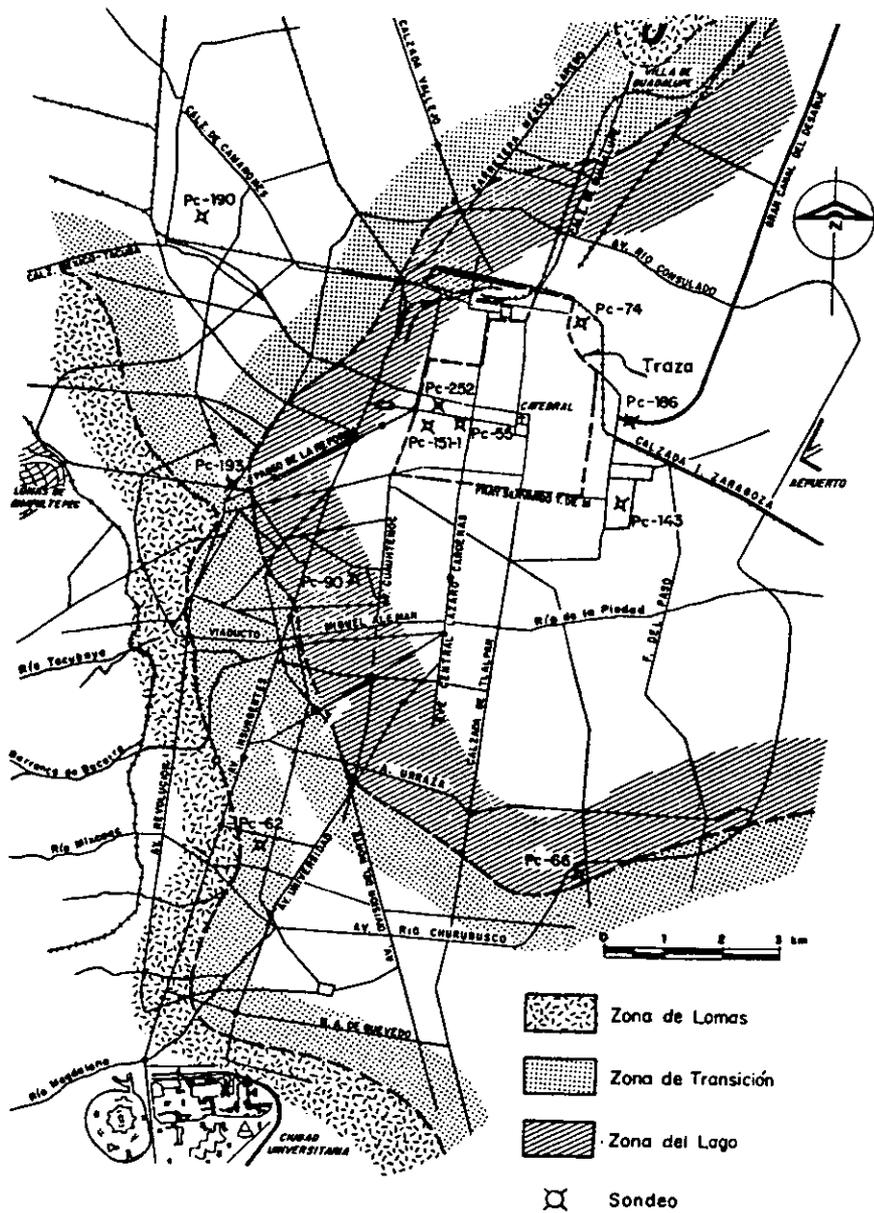


Fig 4 Zonificación estratigráfica de la Ciudad de México

---

## II. 6. "PROCESO CONSTRUCTIVO"

La construcción de túneles para el Sistema de Transporte Colectivo (METRO) dentro de la Ciudad, ha tenido una evolución semejante a la red de drenaje y el Colector Central que descarga en el Gran Canal de Desagüe. Ellos se iniciaron a mediados de los años sesenta, primero alojando las estructuras en excavaciones a cielo abierto limitadas con muros Milán, apuntalados, y actualmente en túneles excavados con escudos presurizados y revestimiento construido por dovelas de diseño moderno.

Para iniciar la excavación de los túneles se han usado dos tipos de lumbreras: las construidas con muros Milán, de perímetro poligonal, y la lumbrera flotante. Con las adaptaciones recientes, la segunda de las soluciones es la que mejores resultados ha tenido en la Ciudad. La penetración del escudo en el terreno desde la lumbrera, es una operación delicada; lo usual es recurrir a inyecciones de cemento para aumentar la resistencia del suelo en la zona adyacente a la lumbrera.

No obstante que se han clausurado pozos municipales a lo largo de las líneas del METRO, las **filtraciones** a través del revestimiento de los túneles, en general de gasto reducido, han provocado asentamientos por consolidación. Además la descarga del terreno en las estaciones del METRO han producido expansiones y emersión de las estructuras, efectos que se han remediado construyendo sobre ellas edificios de oficinas con el peso requerido para lograr la compensación total. El impacto de los sismos del 25 de agosto de 1965, el 14 de marzo 1979, y del 19 de septiembre de 1985 en las estructuras subterráneas del METRO no han producido daño significativo; el servicio de transporte, después de una interrupción provocada por la última y más intensa de las perturbaciones arriba citadas, se restableció en todas las líneas y sólo una estación fue clausurada para evitar interferencias con las labores de rescate en edificios vecinos.

### CRITERIOS ADOPTADOS

Específicamente en base a todo lo mencionado anteriormente, para la construcción de Línea 6 del metro, se optó por, Solución Subterránea en Cajón.

Ya que el año de construcción de esta Línea fue de principios de 1980 a fines de 1985 esto con siete estaciones en su primer tramo, cuyo objetivo es intercomunicar las importantes zonas industriales de Tlalnepantla y Vallejo con el área urbana de Ciudad Netzahualcōyotl.

---

---

Teniéndose también nuevas vialidades que comunicará el flujo vehicular entre las zonas de Naucalpan y Tlanepantla, Estado de México y Azcapotzalco, con la zona industrial Vallejo, así como la Villa y Aragón.

El primer tramo se compone de las estaciones. El Rosario, Tezozómoc, Ferrería, Norte 45, Vallejo e Instituto del Petróleo. Y como segundo tramo Lindavista - Basílica, La Villa y Martín Carrera.

La Línea 6 se construyó en dos tipos de estructura, en vía superficial y en vía tipo cajón subterráneo, a una profundidad promedio de entre 8 y 14 metros. En ese entonces fue la de un tramo de vía de aproximadamente mil 200 metros, colocada directamente sobre concreto entre las estaciones, El Rosario y Tezozómoc. Este nuevo tipo de instalación de la vía se hace cuando el terreno es lo suficientemente firme para asegurar que no existirán hundimientos diferenciales significativos en la estructura que aloja la vía, obteniéndose con ello la ventaja de que los trabajos de mantenimiento de la vía se reducen de manera muy importante. Aquí no se requieren durmientes de ningún tipo, lográndose así economizar en espacio, materiales y tiempo. Este tramo de vía sobre concreto sirvió de prueba, con miras a instalarse en la Línea 7 y en todas aquellas otras, donde también se pueda utilizar este sistema.

## SUBTERRÁNEO EN CAJÓN

El estudio geotécnico determinó esta solución y fue la más adecuada para L-6 y consiste en una estructura de concreto armado, de sección rectangular, construida a cielo abierto y desplantada a la menor profundidad posible.

Esta debe cumplir con los requisitos de estabilidad, compensación, flexibilidad e impermeabilidad, que se requieren para suelos con características particulares como las del Valle de México.

Tomando en cuenta las características del suelo y los problemas de hundimiento de la Ciudad, se han adoptado soluciones básicas para las estructuras subterráneas tipo "cajón"; una que es la de cajón convencional de concreto, a base de muros de 1.00 m. de espesor, losa inferior de 0.80 m. y losa superior de 0.60 m. aproximadamente. Construido dentro de una excavación a cielo abierto con una profundidad máxima de 7.00 m. Los taludes de la excavación son diseñados de acuerdo a las características del suelo. Este tipo de estructuras suele utilizarse en avenidas o calzadas cuya amplitud permite la construcción a cielo abierto.

---

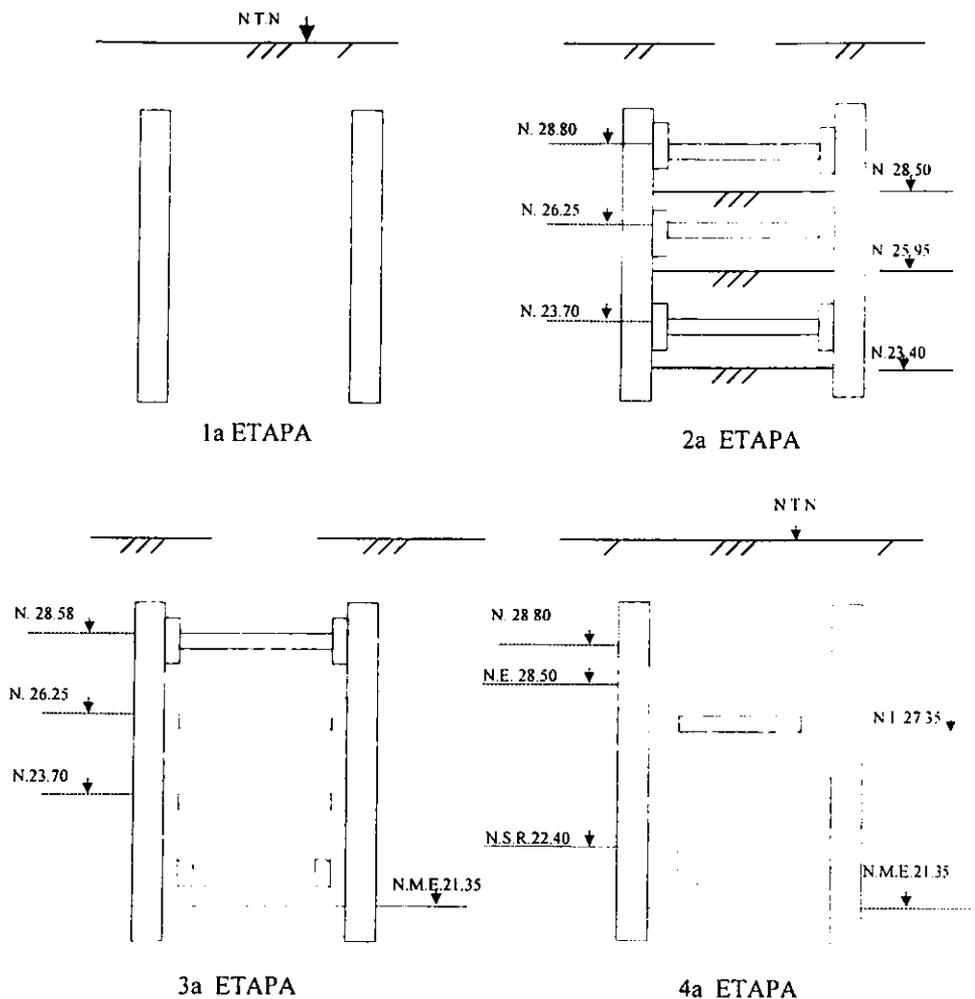


FIG. 5

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN TUNELES.

1A ETAPA : COLAR TABLAESTACAS

2A. ETAPA. EXCAVAR HASTA EL NIVEL N. 28.50m Y COLOCAR EL PRIMER NIVEL DE TROQUELES EN EL NIVEL N.28.80 CONTINUAR EXCAVANDO HASTA EL NIVEL N. 25.95 m Y COLOCAR EL SEGUNDO NIVEL DE TROQUELES EN EL NIVEL 26.25 m CONTINUAR EXCAVANDO HASTA EL NIVEL N. 23.40 m Y COLOCAR EL TERCER NIVEL DE TROQUELES EN EL NIVEL N. 23.70m.

- 3a ETAPA EXCAVAR HASTA EL NIVEL DE MÁXIMA EXCAVACIÓN ( N M E.), COLAR PLANTILLA, LOSA Y MUÑONES COMO SE INDICA EN LA FIGURA. 24 HRS. DESPUÉS RETIRAR EL TERCER Y SEGUNDO NIVEL DE TROQUEL
- 4a ETAPA COLAR MUROS ESTRUCTURALES HASTA EL NIVEL INTRADOS ( N I ) DE LA LOSA DE AZOTEA. COLOCAR TABLETAS PREFABRICADAS Y COLAR SU FIRME, 24 HRS. DESPUÉS RETIRAR EL PRIMER NIVEL DE TROQUELES. CUANDO EL CONCRETO ALCANCE SU RESISTENCIA DE PROYECTO SE COLOCARÁ RELLENO HASTA EL NIVEL DE PROYECTO (\*).

(\* ) VER ESPECIFICACIONES DEL DEPTO. DE MECÁNICA DE SUELOS

NOTA IMPORTANTE LAS TABLETAS PREFABRICADAS SE RECIBIRÁN CON MORTERO DE CEMENTO - ARENA RELACIÓN 1:3.

NO SE PODRÁ INICIAR LA CONSTRUCCIÓN DE LOS MUROS ESTRUCTURALES, SI NO SE HAN TRATADO PREVIAMENTE LAS FILTRACIONES QUE SE PRESENTEN EN LAS TABLAESTACAS, EN CASO DE QUE NO SE PUEDAN CONTROLAR DICHAS FILTRACIONES SE DEBERÁN CANALIZAR, LOCALIZAR SOBRE EL NIVEL DE BALASTO Y PODER ACCEDER A ELLAS FÁCILMENTE PARA SU POSTERIOR SELLADO (\*).

---

Otra alternativa es la de cajón con muro ademe y/o muro estructural, de sección rectangular, con la adición de muros laterales diseñados para la contención del terreno durante el proceso de excavación del núcleo. Esta solución se aplica cuando tenemos restricciones de espacios laterales a la sección transversal del Metro.

Las ventajas de esta solución, es que el tipo de estructura subterránea no requiere de grandes secciones transversales de las avenidas por los cuales se pretende construir, no afecta el paisaje urbano, facilita el proyecto de vialidades en cualquiera de sus modalidades y por ser subterránea, es posible proyectar cualquier tipo de sección transversal.

## II. 7 MURO MILÁN

En la construcción de la línea 6, el muro Milán ha sido un elemento de extraordinaria utilidad, al inicio de la obra, en 1980, se adoptó la tecnología al subsuelo blando arcilloso de la Ciudad, empleándolo como muro - tablaestaca temporal para facilitar la excavación del cajón: en los primeros años se demostró también su confiabilidad como parte del cajón estructural definitivo, mediante un extenso tramo de prueba. En cuanto al procedimiento de ejecución, se comprobó la utilidad y eficiencia de las almejas hidráulicas: respecto al fluido estabilizador, se recurrió al lodo bentonítico, pero se estudió y ensayó con lodo de arcilla natural concluyéndose que era igualmente seguro y eficiente.

Los muros verticales deben diseñarse para soportar los empujes horizontales de la masa de suelo, funcionando temporalmente como tablaestacas; después deben hacerlo como parte estructural del cajón, en las condiciones que el suelo impone a corto y largo plazo, así como en la condición sísmica. Otra función complementaria del muro es la servir como lastre para soportar la subpresión a la que está sometido. Las condiciones anteriores conllevan a utilizar el muro Milán como: elemento temporal para soportar los empujes horizontales, o más eficientemente como parte estructural definitiva del cajón.

### MURO MILÁN CONVENCIONAL

Con esta denominación se agrupan los muros colados en el lugar que sirven sólo temporalmente como tablaestaca y después como lastre, así como los que también se aprovechan como muros estructurales.

---

Se identifica como módulo - tablero a una zanja que se abre con una máquina excavadora vertical colocada en tres posiciones, para alcanzar una longitud horizontal de unos 6.0 m; en la fig. 6 se muestra que primero se excavan las posiciones laterales y finalmente la central, con el único propósito de lograr simetría en la operación de la almeja excavadora y con ello conservar su verticalidad. La longitud precisa de la zanja queda condicionada por la del muro más el ancho de las juntas temporales del colado.

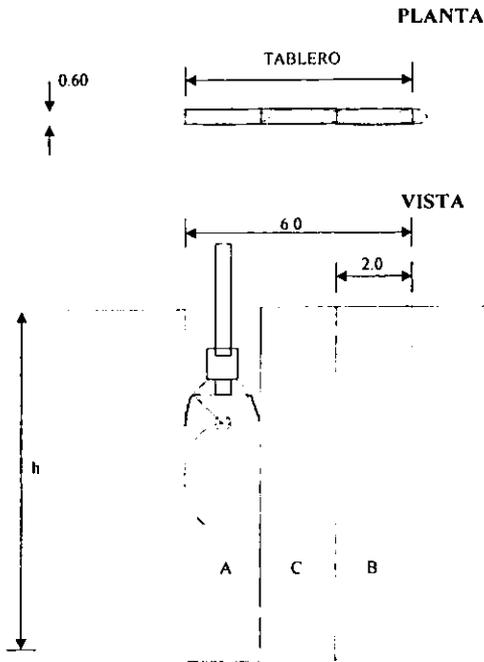
Para iniciar la construcción de un tablero se deben satisfacer cualesquiera de las siguientes tres condiciones: a) tratarse de un tablero todavía independiente, que se colará confinado por dos juntas temporales: esto es, que ni el muro inmediato anterior o posterior hayan sido construidos; b) que en ambos extremos estén construidos los muros y que tengan la edad mínima necesaria para soportar la maniobra de limpieza de sus juntas machihembrados, y c) que uno de los extremos se utilice junta temporal y el otro esté confinado por un muro con la edad mínima.

## ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN

En una zanja estabilizada con lodos convencionales o fraguantes, se pueden desarrollar tres condiciones típicas de falla: a) la general que implica el colapso de un gran prisma de suelo y que puede afectar a la zanja en toda su profundidad, ver fig. 7. b) La local que puede ser un simple desprendimiento de los materiales superficiales por su baja compacidad, susceptibilidad al humedecimiento o flujos de agua y, c) la inducida por fracturamiento hidráulico. Se ha discutido frecuentemente que las fallas menos peligrosas, pero más frecuentes, han sido las fallas de tipo local y que hasta ahora, no ha ocurrido ninguna falla general catastrófica en los muros Milán construidos en todas las Líneas del Metro, por su parte, las fallas por fracturamiento hidráulico han pasado desapercibidos, simplemente en algunas zonas muy blandas se han presentado sobreconsumos de concreto a los que desafortunadamente no se les ha dado importancia.

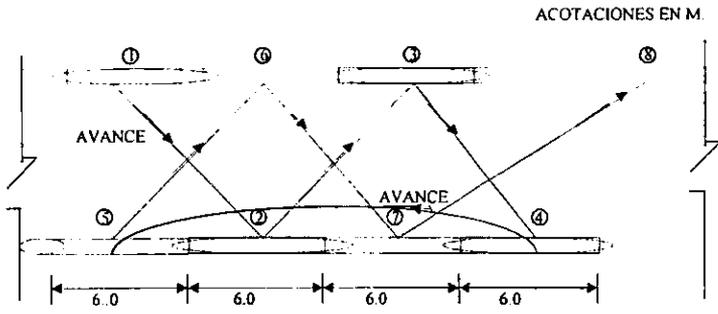
## FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA LA FALLA GENERAL.

Este concepto permite juzgar la seguridad real de una zanja estabilizada con lodo; que para el caso de arcillas blandas, como las de la Ciudad de México, fue ampliamente investigado y aprovechado para demostrar la aplicabilidad del lodo arcilloso de formación espontánea, en la construcción de muros Milán convencionales. La expresión del factor de seguridad del prisma de falla potencial, propuesta por el Instituto Geotécnico Noruego y adaptada a nuestro subsuelo, es la siguiente:



**SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN**

- Ⓐ Ⓑ y Ⓒ ETAPAS DE EXCAVACIÓN DE UN TABLERO DE 6.0 m DE LONGITUD ESTABILIZADAS CON LODO ARCILLOSO
- Ⓓ a Ⓔ TABLERO POR CONSTRUIR
- ① ② ③ ④ PRIMERA ETAPA DE AVANCE
- ⑤ ⑥ RETRÓCESO DEL EQUIPO DE EXCAVACIÓN Y COLADO
- ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ SEGUNDA ETAPA DE AVANCE



**PLANTA**

**FIG. 6 MURO MILÁN CONVENCIONAL**

$$FS = \frac{C_u}{D(\gamma - \beta \gamma_f)} \left( 2 + 0.90 \frac{D}{L} \right) \quad (1)$$

donde:

- FS factor de seguridad
- $\gamma$  peso volumétrico del suelo (t/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_f$  peso volumétrico del lodo (t/m<sup>3</sup>)
- $C_u$  resistencia no drenada del suelo (t/m<sup>2</sup>)
- D profundidad del prisma de falla (m)
- L longitud de la excavación (m)
- $\beta$  relación geométrica ( $\beta = 1 - \frac{P}{D}$ )
- P profundidad del nivel del lodo (m)

Al juzgar la estabilidad de una excavación temporal, como es el caso de zanjas para muros Milán, usualmente se considera conservador un factor de seguridad de 1.5 y como valor limite inferior se llega a admitir 1.3. Este criterio fue el propuesto para el control de la construcción de muros Milán, empleando lodos arcillosos como fluidos estabilizadores de las zanjas, y también puede aplicarse al caso de las zanjas de longitud grande porque la expresión (1) se basa en el análisis de la falla tridimensional. Es importante señalar que estos valores todavía podrían reducirse, apoyándose en una investigación experimental que consista en hacer tramos instrumentados que llevados a la falla, proporcionen la información básica que lo justifique.

Se propone adoptar como criterio para definir la resistencia final del lodo fraguante: el que una vez endurecido, sea 50% más resistente que el suelo al nivel de desplante del muro, definida con la envolvente de los suelos blandos. No es conveniente adoptar una resistencia mayor ya que, al endurecer por completo el lodo, a largo plazo se convierte en un material frágil y fisurable y con ello se hace susceptible a las filtraciones.

---

## EQUIPO DE EXCAVACIÓN

Actualmente se dispone de las siguientes máquinas excavadoras:

1).- Retroexcavadora convencional o equipada con extensiones hidráulicas, capaces de excavar hasta 12 m de profundidad.

2).- Excavadoras de zanjas profundas que utilizan cangilones de corte para profundidades hasta de 10 m.

3).- Almejas hidráulicas guiadas capaces de excavar hasta 35 m de profundidad.

4).- Almejas mecánicas de caída libre, que se han empleado en excavaciones de 50 m de profundidad.

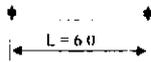
5).- Hidrofresa, se trata de una máquina de excavación continua, que conduce el material cortado mediante flujo de lodo.

La selección del equipo de excavación para el muro Milán es un aspecto a menudo descuidado, que ha conducido a implantar a la almeja hidráulica, como el equipo casi único de excavación; esto deberá corregirse, experimentando con retroexcavadoras para muros menores de 11 m y con almejas libres para los más profundos, se demostrará que esos equipos compiten en costo y tiempo con la almeja guiada. En cuanto a la hidrofresa, se puede decir que su empleo es muy especializado y sobre todo para excavaciones muy profundas.

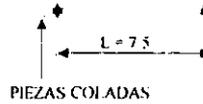
La operación del equipo de excavación debe realizarse dentro de las condiciones para las que fue diseñado, asimismo su mantenimiento y conservación; se subraya este último aspecto, porque cuando se le rehabilita con frecuencia se le modifican sus características de operación, con lo cual pierde eficiencia y puede generar problemas de alineamiento y hasta de estabilidad de la excavación.

---

A) MURO MILAN CONVENCIONAL



B) MURO PREFABRICADO AVANCE MODULAR



C) MURO PREFABRICADO CON AVANCE CONTINUO

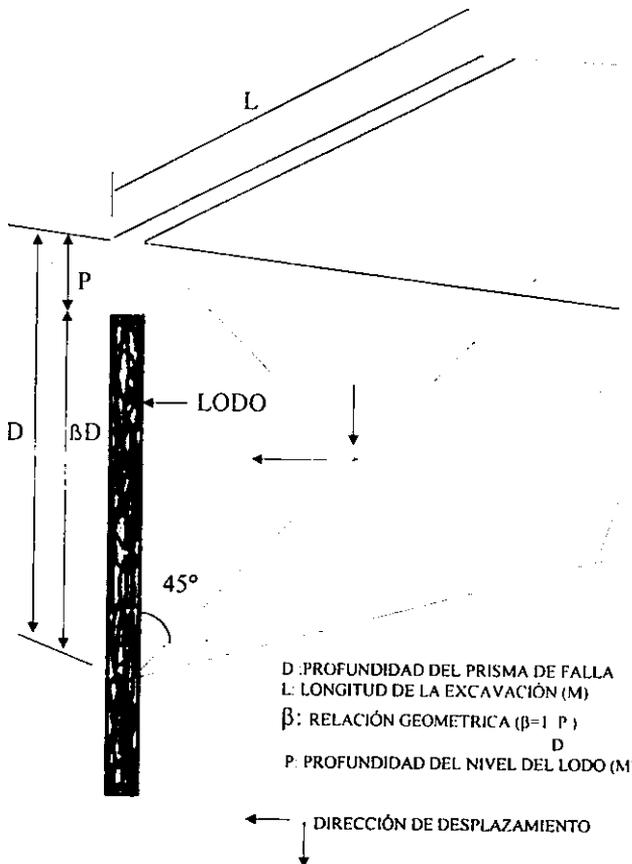
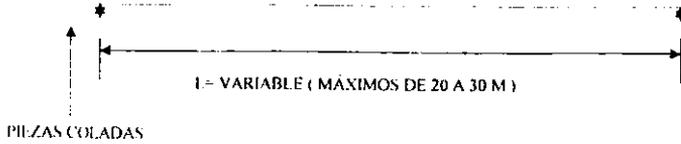


FIG. 7 CONDICIONES DE ESTABILIDAD

## II . 8 ABATIMIENTO DEL NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS.

Antes y durante las excavaciones para la construcción de la estructura del cajón del Metro. será necesario abatir el nivel de aguas freáticas, con el fin de controlar las fuerzas de filtración, reduciendo las expansiones en el fondo de la excavación y mantener reducida ésta última.

Para realizar el abatimiento del agua freática se instalarán pozos de bombeo de acuerdo a las recomendaciones que se indican a continuación:

### LOCALIZACIÓN DE LOS POZOS DE BOMBEO.

La profundidad de desplante de cada pozo será la correspondiente a 1.50 m por debajo del nivel máximo de excavación en el sitio donde quede instalado fig.8

### PERFORACIÓN Y ADEME DE LOS POZOS DE BOMBEO.

Los pozos se perforan con broca de aletas o escalonada, por ningún motivo deberá utilizarse bentonita o lodo estabilizador en la perforación del pozo.

Antes de colocar el ademe y el filtro a cada pozo, la perforación se deberá lavar perfectamente utilizando agua limpia a presión. Fig 9.

El diámetro de la perforación, colocación, ranurado del ademe. colocación del filtro y colocación de las bombas se realizará conforme a planos.

### GASTO DE AGUA POR BOMBEO.

El gasto de agua a extraer en cada pozo se deberá ajustar a lo que a continuación se indica:

1.- Se extraerá un gasto del orden de 5.5 litros/minuto/pozo.

2.- El tipo de bomba a utilizar será a base de puntas eyectoras de diámetro y presiones de operación que garanticen la extracción del volumen indicado.

---

---

3.- El nivel de succión y el dinámico de las bombas, se ubicarán a 0.50 m arriba del nivel de desplante, de cada pozo.

#### TIEMPO, LONGITUD Y SUSPENSIÓN DE LAS ZONAS DE BOMBEO.

Para iniciar la excavación de una determinada etapa, es condición necesaria que exista un tiempo previo de bombeo de 1 día ( 24 horas) en cada pozo contenido en ella más los pozos localizados a una distancia de 10.0 m, contados a partir del hombro del talud de avance de dicha etapa, entendiéndose como hombro del talud a la intersección del talud con el terreno natural.

El bombeo se suspenderá en cada pozo una vez colada la plantilla correspondiente, retirando el ademe de todos y cada uno de los pozos durante este colado.

Los ademes de los pozos de bombeo que quedarán alojados en la plantilla después de suspender el bombeo, se deberán rellenar desde su nivel de desplante hasta el tope de colado de la plantilla, con un mortero cuya relación arena - cemento sería 3:1 en peso del cemento, provisto con aditivo estabilizador de volumen.

Previo al bombeo, el contratista deberá someter a consideración del representante de la obra, los instrumentos que se utilizarán para llevar a cabo el control de éste.

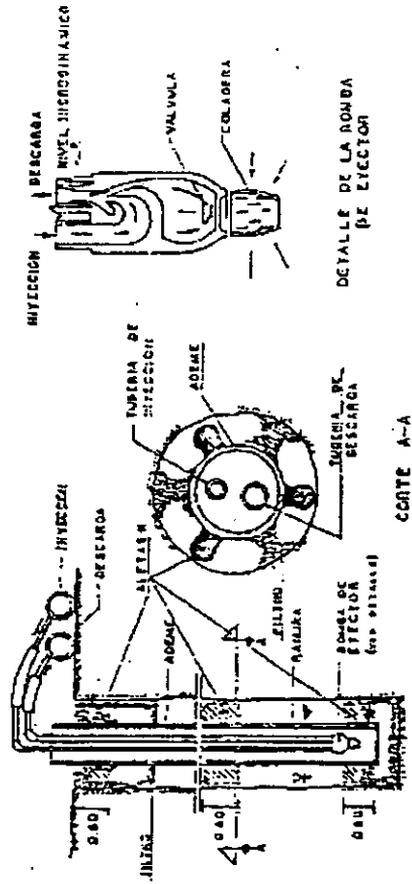
#### Notas:

1.- No se podrá iniciar el bombeo hasta que no se tengan construidos todos los muros tablaestaca del trasandén.

2.- No se podrá iniciar ninguna etapa de excavación si no se ha cumplido con el tiempo de bombeo previo especificado.

3.- Cuando el inicio de la excavación se retrase, el bombeo deberá suspenderse hasta que se conozca la fecha de excavación debiéndose cumplir con el tiempo previo de bombeo indicado.

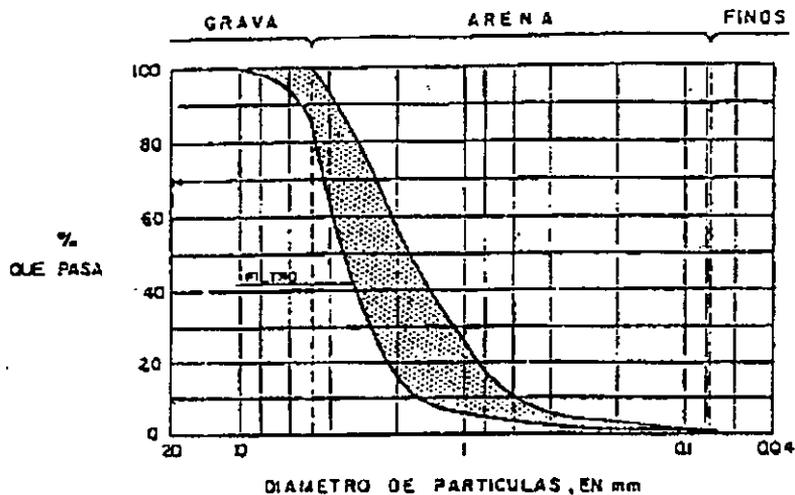
---



\* V3 DEL N° 4 DE 10 cm DE LONGITUD INDICADAS EN LOS EXTREMOS Y AL CENTRO DEL ADOME.

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION DE UN POZO DE BOMBEO

FIGURA NÚM. 8



GRANULOMETRIAS PARA EL FILTRO DE LOS POZOS

FIGURA NÚM.: 9

4.- El bombeo se suspenderá una vez colada la plantilla correspondiente, retirando el ademe de los pozos durante este colado.

5.- La ubicación de los pozos de bombeo deberá de ser tal que no interfiera con las instalaciones municipales localizadas en la zona y cuando esto llegara a suceder, el pozo se reubicara de manera que quede localizado a 50 cm del paño de dicha instalación.

## II . 9 ESTABILIZACIÓN DE LAS PAREDES DE ZANJAS: DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS COLADOS EN SITIO.

Las paredes de los tableros que se excavaran para construir dentro de ellas los muros de concreto reforzado colados en el lugar, no son estables por si solas, aun cuando se conserve un tirante de agua, equivalente al del nivel freático o mayor. Para evitar que estas paredes se derrumben se deberán estabilizar con lodo tixotrópico.

El lodo estabilizador podrá ser una suspensión estable de Bentonita Sódica o de Arcilla del Valle de México en agua. Se dice que es Tixotrópico porque presenta una cierta resistencia al corte en reposo, que es cuando actúa como un gel, mientras que en movimiento cuando se agita o bombea, es cuando actúa como un solvente y no presenta esta resistencia. El paso del solvente a gel es reversible.

El lodo estabilizador deberá tener una densidad mayor que la del agua con objeto de que el empuje hidrostático que ejerza sobre las paredes sea mayor que el de esta. El lodo se deberá vaciar en el interior de los tableros excavados hasta alcanzar un nivel superior al nivel freático, con objeto de generar un gradiente de presiones sobre las paredes de la excavación que ayude a detenerlas o a mantenerlas estables.

El gradiente además, producirá infiltraciones del lodo hacia el interior de las paredes, por lo que deberá controlarse la proporción agua - coloides con objeto de que dicha infiltración sea mínima. Al producirse la infiltración, se va formando en la frontera lodo - suelo, una película de pequeño espesor de moléculas de lodo, que constituye una verdadera membrana impermeable y resistente, conocida en la terminología inglesa como "Cake". La Tixotropía del lodo al pasar de solvente a gel y las fuerzas electroquímicas y de tensión capilar que se generan entre lodo y suelo en la frontera de los dos materiales durante el filtrado, contribuyen a la formación de esta película y a la adquisición de su resistencia. Esta resistencia se suma a la presión hidrostática del lodo para estabilizar las paredes de los tableros excavados.

---

---

Para que el lodo estabilizador cumpla adecuadamente su función se requiere que:

A) Debe formar una película impermeable en la frontera con el suelo. Si no se forma o si es muy gruesa y poco resistente, el lodo penetrará por los poros del suelo y no se logrará la estabilización. Para garantizar la formación de la película, el lodo deberá contener una cantidad importante de Bentonita Sódica. Las características de la película cambian notablemente con pequeñas variaciones en el proporcionamiento agua - bentonita o por la contaminación del lodo con arena u otras partículas sólidas no coloidales. La cantidad de Bentonita Sódica que deberá contener el lodo, será tal que el lodo producido cumpla con las características que se mencionan mas adelante; una proporción inicial Agua - Bentonita que se recomienda tomar como base para la dosificación del lodo, varia entre 12:1 y 15:1 en peso; sin embargo, la dosificación definitiva será aquella que de un lodo cuyas propiedades queden comprendidas dentro de los límites que se mencionan mas adelante. No deberá usarse en la elaboración del lodo Bentonita Calcica ya que esta reacciona con el concreto, lo cual no es deseable para los fines que se persiguen con el empleo del lodo.

B). Que la suspensión de Bentonita Sódica en agua sea estable, es decir, no deberá existir Sedimentación o Floculación de las partículas de Bentonita. El lodo será capaz de aceptar que se le añada un material inerte de mas peso sin sedimentarse, como puede ser la Barita, material que permite lograr un lodo de mayor densidad.

En los casos donde se requiera añadir Barita al lodo estabilizador para lograr una mayor densidad, se indicará claramente en las especificaciones correspondientes al procedimiento constructivo.

Adicionalmente será necesario controlar el límite de fluencia del lodo ( que es el punto de cambio de la ley de variación del esfuerzo cortante con la velocidad de deformación), debido a que el radio de penetración del lodo en los poros del suelo, así como el tamaño de partículas sólidas no coloidales ( Limo y Arena ) que puede mantener en suspensión, están en función del límite de fluencia.

Otras propiedades que juegan un papel importante en la calidad de los lodos y por lo tanto en su utilización mas económica son sus características tanto Físicas como Mecánicas, por que adicionalmente deberán controlarse los valores correspondientes a su viscosidad, su contenido en arena, su P.H. y su volumen de agua en prueba de infiltrado.

---

Con todo lo anterior, los límites dentro de los cuales deberán mantenerse las propiedades de los lodos, son las siguientes:

1.- Viscosidad Plástica	entre 10 y 15 Centipoise
2.- Límites de Fluencia	* Entre 5 y 2 lb/100 ft <sup>2</sup>
3.- Viscosidad Marsh	Entre 30 y 55 seg.
4.- Contenido de arena	No mayor de 10%
5.- Densidad	Mayor de 1.03 gr/cm <sup>3</sup>
6.- P.H.	Entre 7 y 10.

\* En caso de que se presenten Asolves en las zanjas será necesario utilizar límites de fluencia no menores de 12 lb/100 ft<sup>2</sup>.

Todas las propiedades deberán controlarse en el laboratorio para establecer la relación Agua - Bentonita recomendable y además verificarse periódicamente en las muestras obtenidas de los lodos que se estén manejando en el campo. Este control se hará con equipo especializado para estos fines.

Para la elaboración de lodo, podrá recurrirse a la utilización de arcilla del Valle de México en sustitución de la Bentonita, siempre y cuando se cumpla con las propiedades marcadas para lodo estabilizador descritas anteriormente.

El lodo se prepara con un mezclador de chiflón y se bombeará a los recipientes de almacenamiento que tendrá amplia capacidad para las necesidades diarias de la obra. De los recipientes se trasladará el lodo a las zanjas con una bomba centrífuga para lodos.

Mediante desarenado o regeneración y recirculación, se le podrá dar al lodo varios usos; la recirculación podrá efectuarse pasando por la planta central de fabricación y almacenamiento, o bien, mediante una batería portátil de hidrociclones. En este último caso, se puede recircular localmente de un tramo de zanja a otro. Esto será aconsejable cuando el empleo local del lodo se ubique a una distancia tal de la planta central que sea antieconómico bombearlo hasta esta, para limpiarlo y recircularlo.

---

El número de usos que se de al lodo, estará limitado al cumplimiento de las propiedades ya mencionadas, por lo que cuando el lodo haya perdido dichas propiedades deberá desecharse y utilizarse un lodo nuevo. Por ningún motivo se usarán lodos que no cumplan con las propiedades enlistadas en párrafos anteriores. En todos los casos el nivel del lodo en la zanja o tablero estabilizado deberá quedar -1.00 m como máximo a partir del nivel del terreno. En ningún caso deberá aumentarse esta distancia.

## II .10 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y COLOCACIÓN DE MUROS DE CONCRETO COLADOS EN ZANJA.

A continuación se describe el procedimiento que deberá seguirse para la excavación de las zanjas, la introducción de las parrillas de armado y el colado de los muros de concreto para los tramos subterráneos.

Una vez definido el trazo de la zona donde se construirán los muros se realizará la construcción de los brocales fig. 10; de acuerdo con lo indicado en la especificación general correspondiente.

Realizando lo anterior se iniciará la excavación de las zanjas que alojarán a los muros de concreto colados en el sitio, dicha excavación deberá hacerse con equipo o maquinaria cuya herramienta de corte sea guiada, con objeto de ofrecer una amplia garantía en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja, asimismo el equipo deberá alcanzar sin problemas, la profundidad de los muros indicada en el proyecto.

Para poder cumplir con las características antes descritas, la herramienta de excavación deberá cumplir con las recomendaciones siguientes:

- A). Se deslizará con suavidad sin chicoteos ni golpes.
  - B). Se hincará evitando que choque o caiga libremente contra el lodo o contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos o caídos.
-

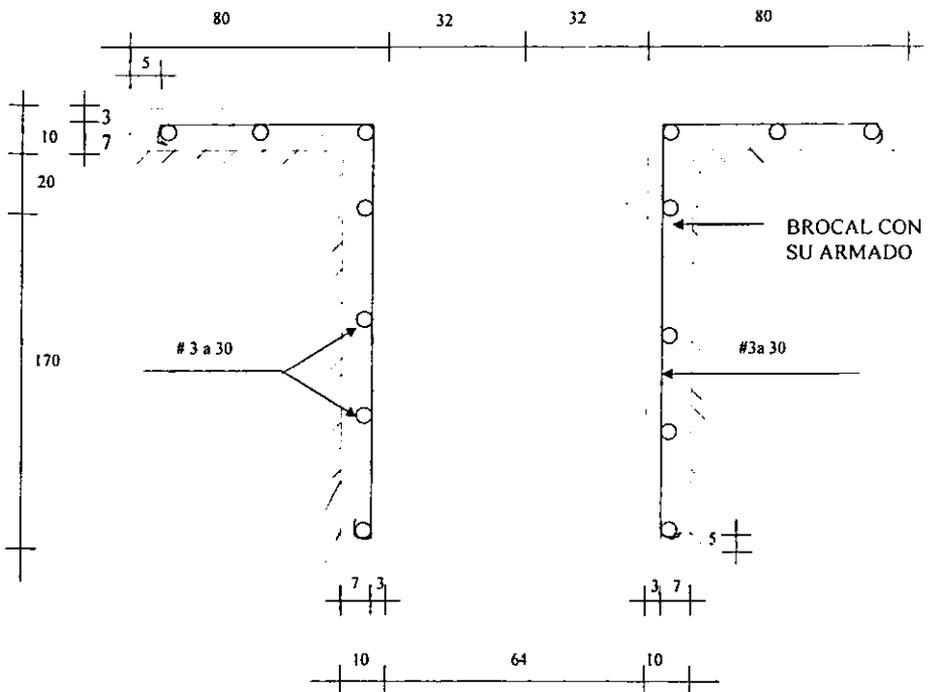


FIG 10 CORTE DE UN BROCAL

- 
- C) Se deberá meter y sacar sin brusquedad para evitar efectos de émbolo en el lodo.
- D) Cortará firmemente el material hincándola a presión sin sacudirla repentinamente.

Por ningún motivo deberá emplearse para la excavación de las zanjas, maquinaria que utilice cucharón de almeja libre o cualquier herramienta no guiada, ya que dicho equipo además de no cumplir con las características antes mencionadas (verticalidad, alineamiento, etc.) podría provocar derrumbes durante la excavación.

El cumplimiento de estas indicaciones conjugado con el uso de un lodo estabilizador de buena calidad, evitara caídos y deslaves que azolven la zanja y provoquen socavaciones de las paredes, asimismo evitara movimientos de las propias paredes y del modo que se pueden difundir hacia el exterior causando desplazamientos de las zonas vecinas.

Las excavaciones de las zanjas se harán en forma alternada, es decir no deberán excavar tableros contiguos simultáneamente, de igual manera, no se excavará la zanja para un tablero, hasta que el concreto del contiguo haya alcanzado su fraguado inicial.

La longitud de las zanjas excavadas que alojarán a los muros del cajón se indicará para cada caso en los planos estructurales correspondientes al tramo en cuestión.

La profundidad de excavación de las zanjas será la que se indique en los planos estructurales y de perfil correspondientes.

Durante la excavación deberá efectuarse un control de las propiedades del lodo estabilizador; este control consistirá en efectuar las pruebas necesarias para confirmar que dichas propiedades cumplen con los límites especificados. Se llevarán a cabo cuando menos dos pruebas del lodo por cada tablero, la primera al vaciar el mismo en la zanja y la segunda inmediatamente antes de introducir la parrilla de refuerzo fig. 11 y fig. 11.1

El nivel del fluido dentro de la zanja deberá quedar a -1.00 m, como máximo a partir del nivel de terreno, evitando variaciones con respecto al mismo.

---

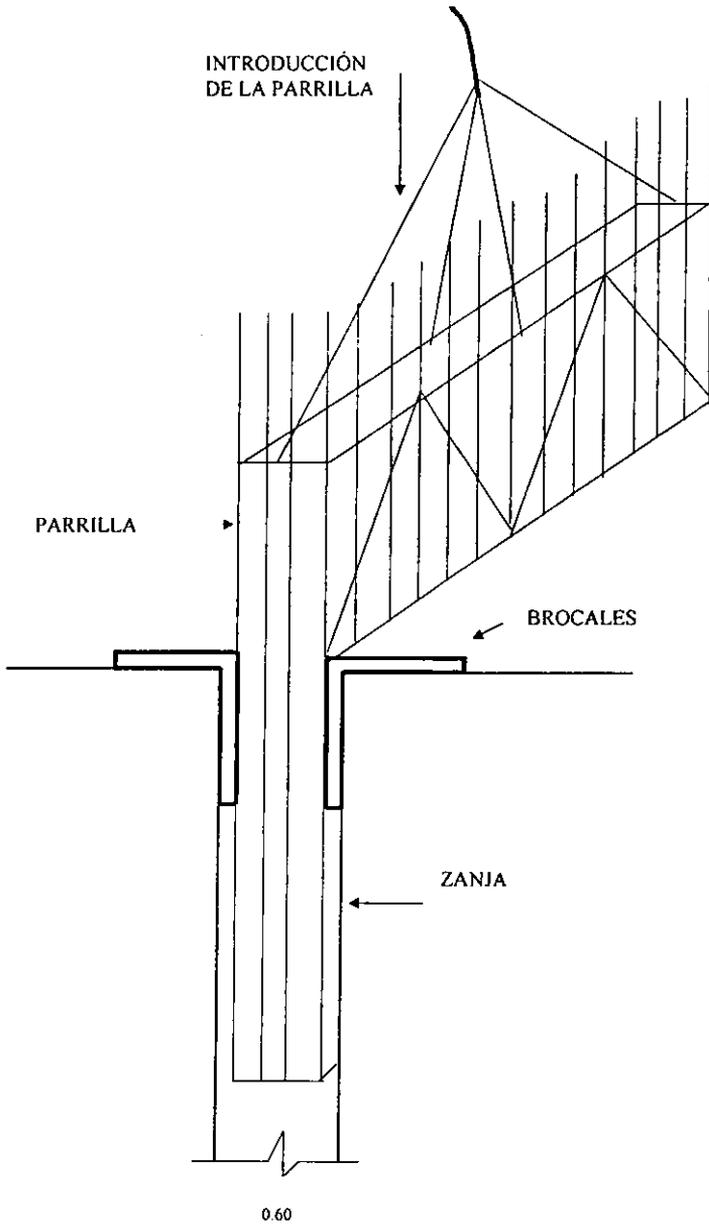


FIG. 11 ARMADO DE MURO

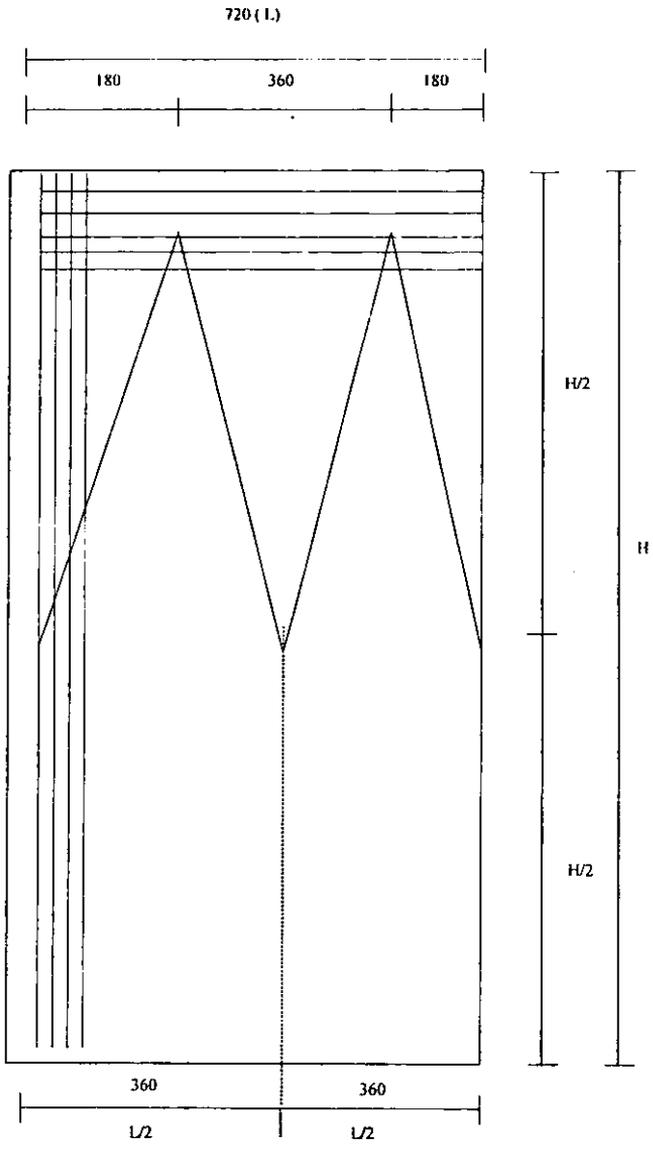


FIG. 11.1 DETALLE DE IZADOR

---

Por ningún motivo deberá permitirse abatir el nivel arriba indicado del lodo estabilizador, ya que se podrían causar succiones y gradientes en el manto freático que favorezcan la desintegración y el derrumbe de las paredes.

Cuando se perciba cualquier fuga del lodo Bentonítico durante las operaciones de excavación deberán anotarse todas sus características y señalarse de inmediato en la Bitácora de la obra e inmediatamente darla a conocer al representante de la D.G.C.O.S.T.C. en campo y a la proyectista, a fin de generar la solución correspondiente. Por ningún motivo se admitirá colar en un tramo donde se haya percibido fugas y no se hayan tratado adecuadamente hasta asegurarse de que hayan desaparecido.

No podrá dejarse una zanja totalmente excavada y ademada con el lodo estabilizador por mucho tiempo, por lo que no deberán pasar más de 24 horas entre el inicio de la excavación de un tablero y el inicio de su colado. Asimismo, no deberán transcurrir más de 6 horas entre el momento que se alcance la máxima profundidad de excavación y el inicio del colado.

En vista de que la herramienta de excavación de la zanja es curva, la profundidad de excavación deberá llevarse a la que indica el proyecto en cada caso más 20 cm.

Terminada la excavación, deberá procederse a la limpieza del Azolve del fondo, utilizando un tubo eyector que pasara por todo el piso de la zanja. Otra alternativa consiste en la recolección del Azolve con la almeja.

Cuando se haya concluido la excavación y se haya verificado la profundidad de la zanja y las propiedades del lodo estabilizador, se procederá a introducir las juntas metálicas y la parrilla de refuerzo.

Las juntas deberán ser tubos metálicos huecos de forma semicircular o rectangular que en una de sus caras tendrán la forma macho o hembra. Los detalles referentes a la construcción y características geométricas serán las indicadas en el proyecto correspondiente del departamento de estructuras.

A la cara del tubo - junta que quedará en contacto con el concreto deberá aplicársele una película de grasa o poliéster de un milímetro de espesor para facilitar su extracción posterior.

---

---

En el interior del tubo - junta no deberá introducirse el concreto, por lo que deberá tener sus extremos cerrados y en su parte inferior tendrá una caja metálica que se hincara y asentara firmemente en el fondo de la zanja para evitar que se mueva o deforme durante el colado. Dicha junta deberá lastrarse para evitar su flotación.

Una vez instalados los tubos - junta se procederá de inmediato a introducir la parrilla del armado dentro de la zanja con el lodo estabilizador. cabe aclarar que la parrilla deberá contar con una banda de poliestireno sujeta a la misma en la posición y con las características que indique el proyecto estructural correspondiente. Las parrillas irán contraventeadas con rigidizadores como se indica en los planos de armado correspondientes y se harán descender por su propio peso por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad.

No se permitirá que la parrilla flote y se deberá garantizar que permanezca en su lugar, se introducirá en la zanja y una vez colocada en su posición definitiva se deberá fijar contra el brocal para impedir su movimiento durante el colado. Es muy importante verificar cuidadosamente que la parrilla a pesar de la tendencia a la flotación haya quedado en su lugar, y por ningún motivo se permitirá el colado del muro con la parrilla flotando o fuera de su lugar.

En caso de que durante la introducción de la parrilla y debido a la densidad del lodo se dificulte el desplazamiento vertical. se recurrirá a los mecanismos necesarios para garantizar la presión necesaria para su introducción cuidando evitar movimientos violentos que afecten la estabilidad de la zanja.

El tiempo máximo que transcurra entre el momento de introducción de la parrilla en la zanja y el colado de la misma será de 4 horas, periodos mayores favorecen la formación del "Cake" y reducen la adherencia concreto - acero, por esta razón el colado del muro deberá iniciarse inmediatamente después de introducida la parrilla de armado, ya que no es conveniente sacar y meter nuevamente la parrilla de la zanja pues en cada operación se pueden producir caídos indeseables que afectan la estabilidad de la zanja.

Las parrillas de armado deberán habilitarse con elementos que garanticen el recubrimiento de los muros, pudiéndose utilizar para tal fin roles de concreto de 5" de diámetro que irán fijados al acero principal por medio de varillas de 3/4", o bien con elementos similares que cumplan su función, localizadas en ambas caras de la parrilla en tres niveles equidistantes en el sentido vertical. Cada una de las varillas llevará cuatro roles ubicados también equidistantes en el

---

---

sentido horizontal. Asimismo será necesario dejar dentro de la parrilla espacios libres para el paso de las trompas de colado.

Después de colocada, centrada y nivelada la parrilla, se introducirán las trompas de colado por tramos. Los coples de unión de cada tramo de las trompas deberán ser perfectamente herméticos para impedir que la succión de la columna de concreto, al bajar, chupe aire o lodo del exterior. Cada tramo será de no más de 2m de largo y tendrá un diámetro no menor de 30 cm. Al tramo que sobresalga en la superficie se le conectará un embudo o una tolva. La boca de esta tolva deberá quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar directamente el concreto desde las ollas revolvedoras. Todo el conjunto se subirá o bajará durante el colado por lo tanto deberá contarse con el equipo necesario para efectuar esos movimientos. Los tramos de tubo deberán ser lo suficientemente resistentes y pesados para soportar el manejo.

El extremo inferior de la trompa, o boca de descarga, deberá quedar apoyado en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado. Una vez introducidas las trompas de colado se colocará entre la tolva y el tubo un tapón constituido por un balón de látex, el cual descenderá obligado por el peso del concreto vaciado evitando en esta forma la segregación y contaminación de concreto en esta forma se evitará la descarga del concreto con mucha energía que pueda dar lugar a la mezcla del concreto con el lodo fig. 12. Para iniciar el flujo de concreto la boca de la trompa de descarga deberá levantarse una distancia de 30 cm a partir del fondo de la zanja.

El concreto deberá ser suficientemente fluido, para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero. La boca de descarga de la trompa de colado no deberá quedar nunca ahogada menos de 1.50 m. En el concreto que se este colando. Para ayudar al concreto a fluir al principio, podrá desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto para que no exista contaminación del lodo con el concreto. A medida que el concreto fluya se agregará más concreto a la tolva, manteniendo la columna a una altura conveniente para regular la rapidez del flujo, en esta forma, el lodo de la zanja será desplazado hacia la superficie por la diferencia de densidades prácticamente sin necesidad de mover la tubería. El impulso que lleve la primera mezcla al salir por la boca de descarga producirá un efecto de arranque en el fondo del tablero y lo dejará limpio de lodo como se muestra en la fig. 12.

Con un buen procedimiento de colado el lodo no se mezclara con el concreto, sino que este lo llevara siempre por delante hasta rebosar a un recipiente colector. También podrá irse succionando con una bomba de lodos.

---

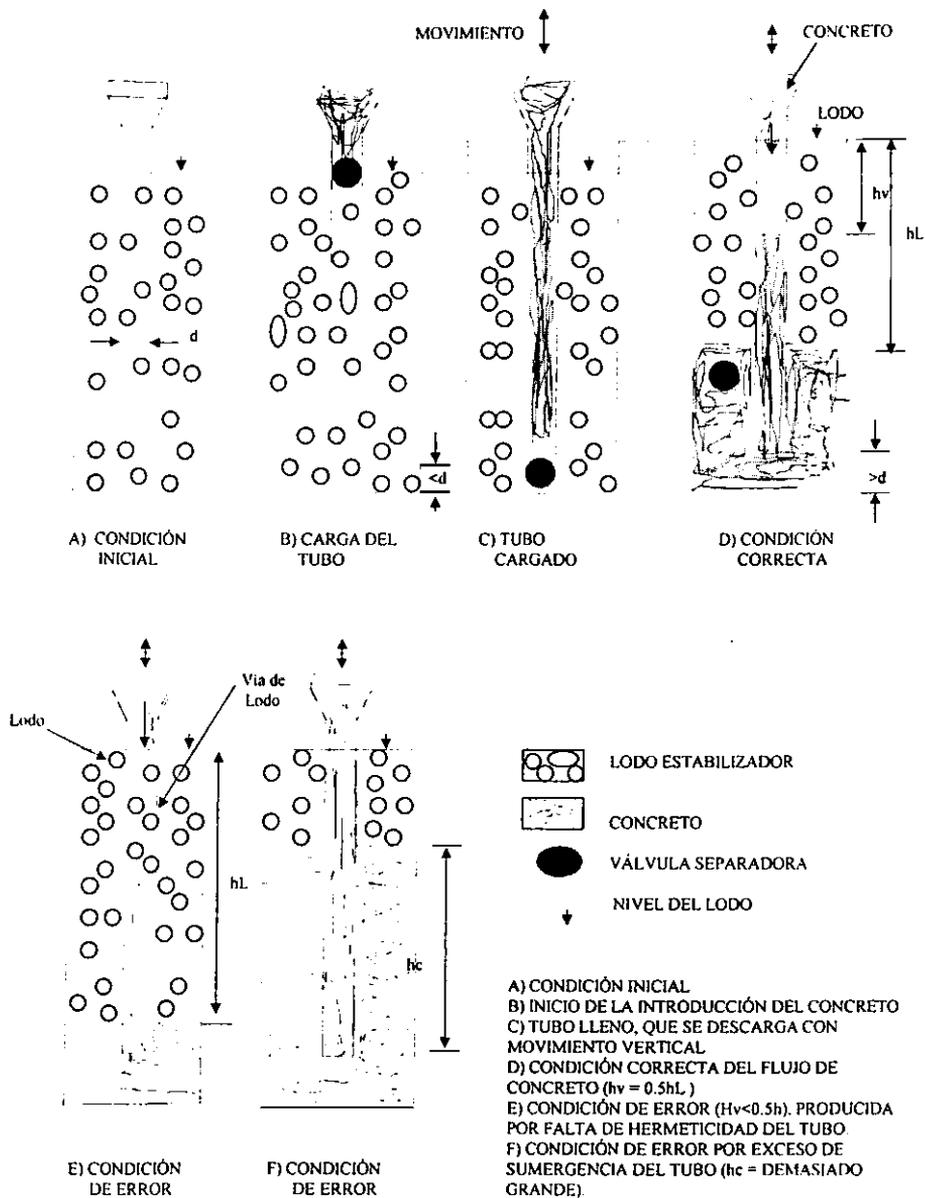


FIG .12 OPERACIÓN DEL TUBO TREMIE

---

El concreto no deberá ser vaciado de golpe dentro de la tolva para lograr un flujo suave continuo, por lo que no deberán tenerse recesos o suspensiones mayores de 15 minutos.

Es necesario llevar un riguroso control de colado midiendo en forma permanente la variación del nivel de la superficie del concreto y anotándolo en un registro, con objeto de poder decidir el retiro oportuno de los tramos de las trompas de colado y programar adecuadamente el suministro de concreto para evitar los recesos.

Se deberán utilizar dos trompas para el colado de tableros mayores de 3.5 m de longitud, debido a las pendientes que desarrolla el concreto dentro del lodo estabilizador, y una vez iniciado el colado no deberán desplazarse lateralmente dentro del tablero.

Un buen procedimiento de colado representa:

A) Tener un lodo estabilizador bajo control que cumpla con todas las características especificadas.

B) Tener un concreto fluido ( Revenimiento según las especificaciones de concreto ).

C) Dejar la trompa ahogada siempre en el concreto; no menos de 1.50 m durante el colado y asegurarse de que los coples de unión de los tramos de la trompa sean herméticos, es decir, que impidan la entrada del lodo hacia el interior.

D) Hacer un colado continuo que por ningún motivo sea interrumpido mas de 15 minutos.

E) Evitar todo movimiento brusco de la trompa y todo vibrado y picado, ya que ello favorece la mezcla del lodo Bentonítico con el concreto, dando por resultado oquedales y zonas contaminadas de muy baja resistencia en el muro.

F) Verificar durante el colado el volumen de concreto que entra en el tablero y el volumen del lodo que se desplaza y compararlo con los volúmenes calculados de acuerdo con la geometría del tablero. Si hay diferencias notables puede significar que esta habiendo fugas o que hay mezcla del lodo con el concreto. Estas y otras eventualidades deberán anotarse en bitácora, así como las medidas de emergencia que se hayan tomado para corregir cada caso.

---

---

El concreto de los muros deberá llegar únicamente hasta el nivel de proyecto indicado para cada caso particular en los planos estructurales correspondientes.

Se recomienda agregar al concreto aditivo retardante, cuya dosificación quedará a criterio de la dirección de la obra.

Debido a que la excavación entre muros se llevará a cabo aprovechando la rigidez de estos y su capacidad de trabajo como tablaestacas en el sentido vertical y como losas en el sentido longitudinal, dicha excavación no podrá iniciarse hasta que hayan transcurrido por lo menos 28 días de colados los muros (Para concreto elaborado con cemento tipo I) o 14 días (Para concreto elaborado con cemento tipo III) cuya decisión quedará a juicio de la dirección de obras, y hasta que se tengan colados los muros de un lado y de otro en una longitud que quedará sujeta a las especificaciones correspondientes al abatimiento del nivel freático. Para el caso de los tramos la longitud de muros será como mínimo 20 m. A partir del hombro del talud de avance.

Durante el colado de los muros la contratista deberá llevar un control del volumen de concreto utilizado para cada tablero.

NOTA:

Una vez que el concreto del muro alcance su fraguado inicial se deberá retirar el tubo junta, el cual se deberá mover mediante el empleo de un equipo guiado que garantice la extracción en forma vertical, para evitar daños en la junta.

## II. 11 IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL PUENTE DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE O COLECTORES.

Puesto que algunas estructuras que alojan las tuberías para agua potable o colectores, formarán parte integral del cajón del metro, ya sea en tramo o estación, será necesario impermeabilizarlas para evitar **filtraciones** hacia el interior del cajón del metro. La impermeabilización de dichas estructuras se hará mediante la aplicación de un recubrimiento cementoso impermeable, tanto en la losa de piso como en la superficie inferior de los muros, una vez concluida su construcción, según se muestra en la fig. 13. si se trata de una estructura de desvío, o bien mediante la aplicación adicional de un mortero de fraguado instantáneo y

---

expansivo al contacto con el agua si se trata de una estructura de puenteo construida por tramos mediante silletas, fig. 14 y de acuerdo con las indicaciones siguientes:

### OBSERVACIONES GENERALES

El tratamiento de impermeabilización con el recubrimiento cementoso impermeable será el mismo para ambos casos y de acuerdo con lo indicado en los incisos II al; IV. con la diferencia que cuando se trate de una estructura construida por tramos, inicialmente se deberá realizar lo siguiente:

En las juntas de colado en la losa de piso generadas por la construcción en tramos de dicha losa, se deberá realizar un "Chaflán" triangular de 2.00 x 2.00 cm a lo largo de toda la junta, fig. 14.

Esta ranuración se deberá rellenar con un mortero de fraguado instantáneo y expansivo al contacto con el agua, el cual deberá cumplir con los siguientes requerimientos mínimos de resistencia:

PRUEBA	20 MINUTOS	1 DIA	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
TENSIÓN	155	249	265	291	351
COMPRESIÓN	1250	2917	3700	4083	6225

ENSAYES ASTM C- 109  
Kg/cm<sup>2</sup>

El mortero se deberá preparar humedeciéndose este con agua limpia hasta obtener una mezcla pastosa y uniforme, procurando no "Amasar" ni mover en exceso dicha mezcla.

Enseguida se deberá mantener en las manos durante uno o dos minutos hasta que se sienta un ligero calor, procediendo de inmediato a su colocación en la hendidura enrasando la superficie del centro hacia las orillas, presionándolo y sin moverlo durante un tiempo de tres minutos.

Concluida la colocación de este sellado, se procederá a realizar el tratamiento final de acuerdo con lo indicado en lo siguiente.

### PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE A TRATAR

Con el fin de lograr una buena adherencia entre el producto impermeabilizante y la superficie a tratar, esta última deberá estar limpia de astillas, pintura, arenas, grasa o suciedad en general y deberá ser humedecida antes de aplicar el producto. Si hubiera pintura, esta se deberá eliminar totalmente con cepillo metálico; en caso de existir suciedad, se podrá limpiar con una solución de ácido muriático al 10 % y nuevamente humedecer la superficie con agua limpia.

### CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL PRODUCTO.

El producto impermeabilizante que se decida emplear, deberá cumplir por lo menos con lo especificado a continuación:

PRUEBA	METODO	RESULTADO MINIMO
COMPRESIÓN	ASTM - 109	6000 PSI ( 28 DIAS )
ABSORCIÓN	ASTM C - 67	2 % ( 24 HORAS )
FLEXIÓN	ASTM C - 398-617	850 PSI ( 28 DIAS )
ADHERENCIA		300 PSI
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	SAND BLAST 3000 lts ARENA	SIN PERDIDA
WEATHEROMETRO	500 HORAS	NO PRESENTA AGRIETAMIENTO EROSIONES, NI AMPOLLAS.

### PROPORCIONAMIENTO

El proporcionamiento que se utilice deberá ser el indicado por el fabricante del producto elegido, debiendo garantizarse que el producto elegido deberá mezclarse perfectamente con agua limpia de preferencia con equipo mecánico; en el caso de elaboración manual, la mezcla deberá agitarse una vez transcurridos 15 minutos después de haber sido preparada.

## APLICACIÓN

La mezcla impermeabilizante se aplicará con brocha ancha de fibra de ixtle, cubriendo totalmente la superficie de la losa y de los muros, en el interior de la estructura del puenteo.

En caso de que la superficie a tratar sea lisa, se usará adicionalmente un producto plástico que combinado con agua complementa la acción del recubrimiento cementoso impermeable elegido.

## NÚMERO DE CAPAS POR APLICAR.

Se recomienda como mínimo aplicar dos manos del producto; ambas con la proporción o rendimiento por unidad de área recomendadas por el fabricante, debiendo aplicar la segunda, una vez transcurridas 24 horas de haber aplicado la primera.

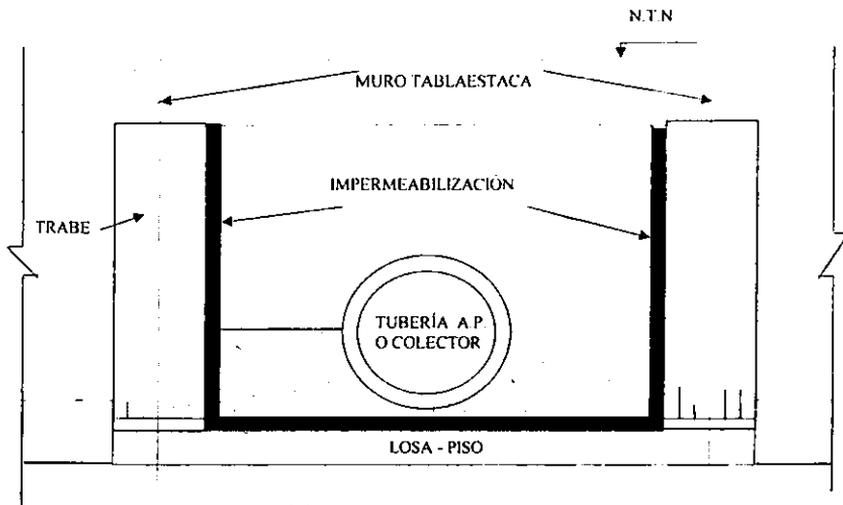
## ACABADO

Habiéndose terminado de aplicar las dos capas (manos) del producto, la superficie tratada deberá ser rociada con agua.

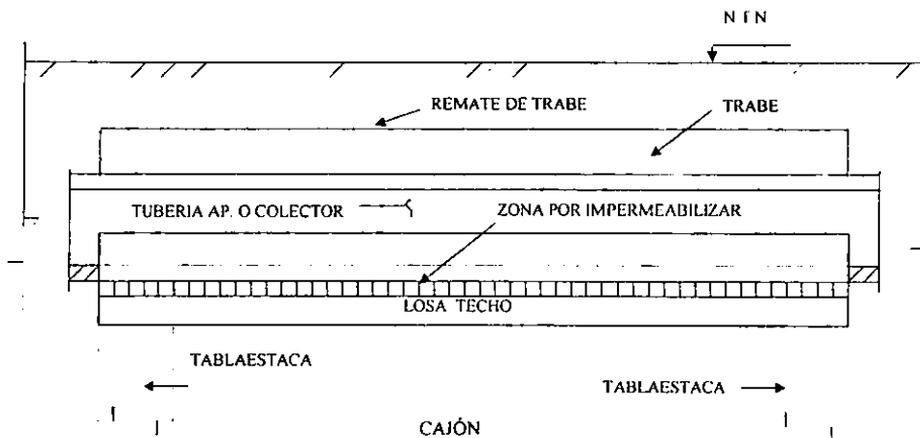
## NOTA:

Si durante la aplicación del producto antes mencionado, la superficie se seca y el material da la impresión de que "Tironea", deberá humedecerse nuevamente la superficie y continuar aplicando el producto.

---

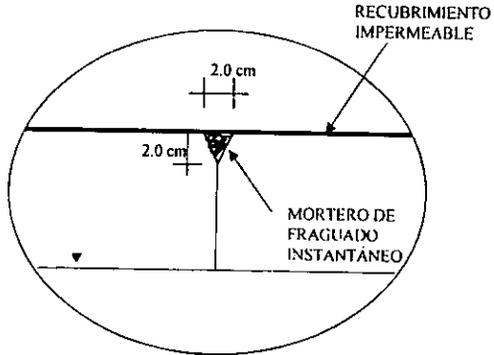
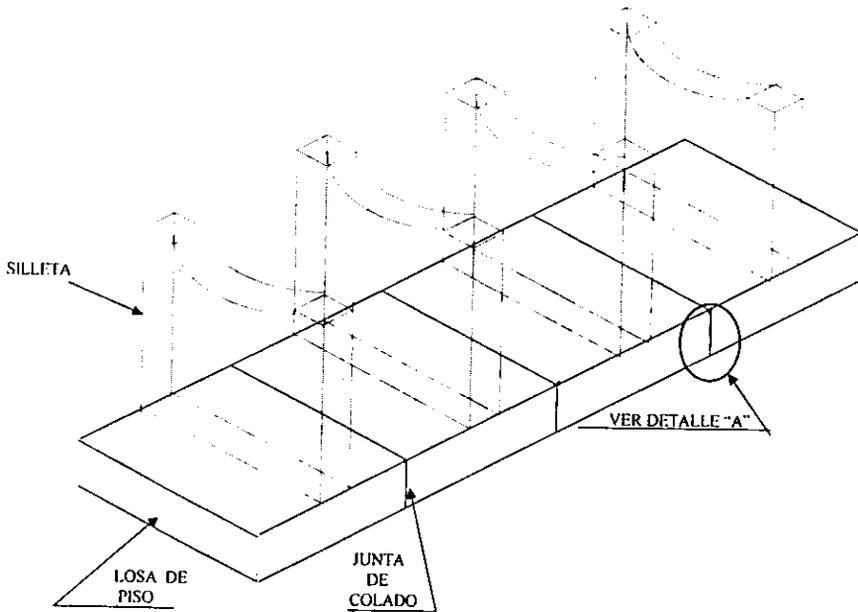


**CORTE TRANSVERSAL**  
(ESTRUCTURA DE PUENTE)



**CORTE LONGITUDINAL**  
(ESTRUCTURA DE PUENTE)

FIG.13



LOSA DE PISO

DETALLE "A"

ESTRUCTURA DE PUENTE  
A BASE DE SILLETAS.

FIG.14

**CAPITULO III**

**FILTRACIONES EN MUROS TABLAESTACA**

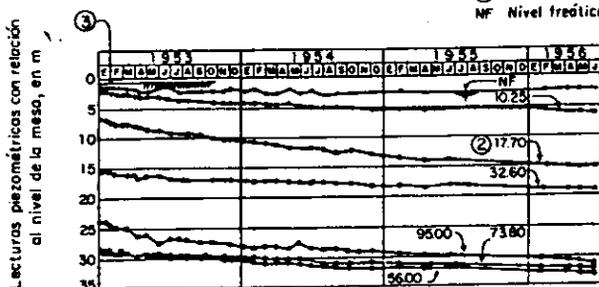
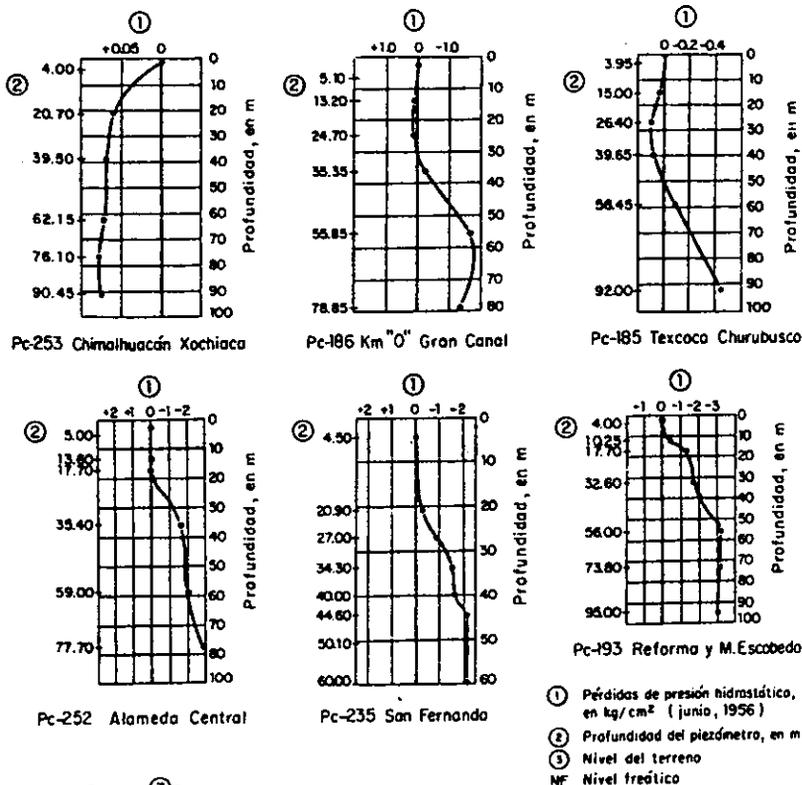
### III.1 EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Se debe a Nabor Carrillo la teoría que explica la causa principal de este fenómeno, desarrollado en el subsuelo de la Ciudad desde principios del presente siglo.

La Ciudad de México experimentó en el pasado asentamientos (Se usará este término para diferenciar las deformaciones de la superficie atribuidas a edificaciones y rellenos, de los hundimientos de la Ciudad por explotación de los acuíferos del subsuelo); importantes debido a los rellenos que se requirieron para hacerla habitable en las zonas bajas del Valle, desde la llegada de los aztecas hasta fines del siglo pasado, así como por construcciones realizadas durante la Colonia y el periodo de Independencia, en lo que hoy se conoce como Centro Histórico. En ese último lapso se empezó, además, a perforar pozos para aumentar la provisión de agua en edificios importantes de la Ciudad, a medida que ésta se poblaba, y era insuficiente el abastecimiento por medio de los antiguos acueductos. Por tal razón, es posible que el hundimiento del terreno haya comenzado en fecha incierta del siglo XIX.

La teoría aplicada por Nabor Carrillo se basa en la consolidación de los depósitos blandos de arcilla, provocada por la explotación de los acuíferos del subsuelo mediante el bombeo de pozos. Esta acción produce una pérdida de presión en los estratos permeables, que de acuerdo con mediciones piezométricas tienen configuraciones como las dibujadas en la fig. 15: obsérvese que hay dos estaciones piezométricas que revelan signo positivo en puntos alejados de la zona de intensa explotación y que los restantes estaban afectados por pérdidas de presión que alcanzaban a ser de 3 kg./cm<sup>2</sup>. Este fenómeno, que hasta los años cincuenta estaba localizado en la parte céntrica de la Ciudad, se va propagando hacia los confines del área urbana a medida que se extiende la red de agua potable alimentada por pozos; en 1966 las curvas de igual pérdida de presión a unos 50 m bajo la superficie del terreno revelan máximos de 4 kg./cm<sup>2</sup> (40 m de carga hidráulica) en el poniente de la Ciudad disminución del signo positivo hacia el fondo del lago Texcoco, y abatimientos variables de 0 a 0.2 kg./cm<sup>2</sup> en el área de Xochimilco y Chalco, donde apenas comenzaba la urbanización sobre terrenos dedicados a la agricultura.

Los efectos de la pérdida de presión en los acuíferos se manifiestan al principio como deformaciones muy pronunciadas alrededor de cada pozo de agua; más adelante el fenómeno se extiende a mayor distancia hasta que se generaliza el hundimiento a toda el área de influencia del sistema de bombeo. Sin embargo, las deformaciones de la superficie distan de ser uniformes, por que además de los efectos iniciales mencionados, influyen las diferencias estratigráficas y la variación de la compresibilidad de las arcillas blandas debida a la historia de cargas.



Pc-193 Reforma y M. Escobedo

Fig. 15 Variación de los niveles piezométricos en el tiempo y con la profundidad

---

El fenómeno descrito anteriormente ha tenido un fuerte impacto sobre obras como el drenaje de la Ciudad construido a principios de siglo, ya que el hundimiento del área afectada no es uniforme; esto fue causa principal de cambios en las pendientes de los colectores y de inundaciones parciales en las zonas más hundidas, que obligaron en los años cincuenta a desarrollar un sistema mixto de drenaje (gravedad, bombeo y tanques de regulación horaria) para aliviar la situación creada por la explotación de los acuíferos dentro de la Ciudad; posteriormente fue necesario construir nuevos colectores a niveles más bajos y conectarlos al emisor profundo (túnel de 40 km.) y al Gran Canal, para enviar gran parte del agua negra y de lluvia del Valle.

Las construcciones cimentadas sobre zapatas aisladas o corridas pueden ser dañadas seriamente por hundimiento diferencial en la vecindad de un pozo que bombea agua del subsuelo, Los mismos efectos se han observado en zonas de la Ciudad en que han ocurrido deformaciones diferenciales por cambio en la estratigrafía o por interacción con edificaciones colindantes apoyadas sobre pilotes de punta.

Las cimentaciones que compensan la totalidad de las cargas de un edificio, teóricamente siguen los asentamientos del terreno impuestos por el hundimiento; sin embargo, están expuestas a desplome si este fenómeno no es uniforme en el predio ocupado por el inmueble. La existencia de construcciones vecinas que provocan asentamientos local (cimentación no compensada) o emersión (cimentaciones sobrecompensadas o con pilotes de punta) son también causa de mal comportamiento.

Para explicar los efectos del hundimiento en cimentaciones piloteadas, es oportuno recordar que el fenómeno progresa de las capas compresibles profundas hacia la superficie, como se ilustra en la fig. 15, en este caso, característico de la parte céntrica de la Ciudad, el depósito arcilloso inferior por causa de las pérdidas de presión hidráulica en las dos interfaces se consolida mucho más rápidamente que los estratos lacustres ubicados arriba de la capa dura, que opera como dren inferior; el nivel freático se mantiene prácticamente constante durante este proceso, a menos que sea alterado por infiltraciones hacia los colectores de agua servida y/o por cimentaciones profundas defectuosamente impermeabilizadas, que bombean al sistema municipal de drenaje el agua que se filtra.

### III. 2 DESCARGAS QUE SUFRE EL TERRENO

La construcción de cimientos profundos, cárcamos de bombeo, estacionamientos subterráneos, túneles del metro y conductos subterráneos, en las zonas del Valle invadidas por

---

---

depósitos lacustres blandos, demanda excavaciones que suelen tener influencia importante sobre el comportamiento posterior de tales obras si no se toman las debidas precauciones.

Toda excavación produce cambios en el estado de esfuerzos del terreno, y se penetra bajo el nivel freático, genera alteración en el estado de equilibrio de la presión hidráulica con el consiguiente desarrollo de fuerzas de **filtración**; estas últimas son importantes como los efectos de la descarga.

Excavaciones a cielo abierto. Las someras o de profundidad menor que el nivel freático (de 1m en los terrenos del lago y 2 m en el área urbana), no plantean dificultad relevante en cuanto a expansión del terreno descargado; son mínimos también los problemas de estabilidad de los taludes en el perímetro de la excavación.

Cuando se requiere excavar a mayor profundidad, debajo del nivel freático, las dificultades se incrementan notablemente. En estos casos las expansiones por descarga del terreno, las fuerzas de **filtración** generadas por el bombeo de agua dentro de la excavación, y la estabilidad de los taludes y del fondo, son aspectos delicados en el caso de ubicarse el predio en la zona lacustre, que ameritan consideración cuidadosa.

Las expansiones registradas, los efectos del agrietamiento de taludes y el desarrollo de esfuerzos cortantes de magnitud próxima a la resistencia del suelo, tienen influencia notable en el comportamiento a largo plazo de un edificio. La lección es que, aun en condiciones de campo libre (ausencia de inmuebles colindantes), no es recomendable realizar excavaciones profundas; es necesario proceder por partes limitando el volumen de las extracciones y minimizar la acción de las fuerzas de **filtración** que se generan por flujo de agua hacia el fondo de la excavación cuando el bombeo se realiza desde este nivel.

Los problemas son apreciablemente más complejos cuando el predio colinda con edificios dotados de cimentaciones diversas. En este caso se recurre a tablaestacados perimetrales (de madera o concreto), soportados internamente con puntales e hincados a una profundidad tal que se prevenga la falla de fondo; además, es muy importante controlar dentro de la excavación los efectos de las fuerzas de **filtración** sobre la estabilidad del fondo, y hacia el exterior circundante evitar el abatimiento del nivel freático mediante la recarga de agua, con objeto de minimizar su impacto sobre las construcciones vecinas.

Excavaciones subterráneas. La construcción de túneles y estaciones para el servicio de transporte colectivo (METRO) y de los nuevos colectores principales para el drenaje de la

---

---

Ciudad, previstos a profundidades variables entre 10 y 30 m, ha promovido la implantación de diferentes procedimientos de excavación subterránea.

A semejanza de las excavaciones a cielo abierto profundas, los objetivos rectores del procedimiento a aplicar en cada caso o situación serán:

1.- Evitar deformaciones significativas en la superficie del terreno y colindancias durante la construcción y a largo plazo.

2.- Preservar la estabilidad del frente de excavación, mediante el control de los volúmenes extraídos y de las fuerzas de **filtración** hacia el área de trabajo.

### III . 3 CONTROL DE LAS FILTRACIONES

A continuación mencionaremos los sitios mas probables de los muros tablaestaca donde se pueden detectar filtraciones o humedades de acuerdo a lo observado en obra:

**JUNTAS:** Este tipo de filtración se presenta generalmente a causa de una contaminación parcial en la junta o por azolves en el fondo de la zanja durante el colado del muro.

**CUERPO DEL MURO TABLAESTACA:** La causa de este tipo de humedad o filtración obedece a la contaminación del concreto durante el colado, dejando un elemento con fisura o porosidades por donde se filtra el agua.

Previo al inicio de cualquier tratamiento, se deberá limpiar la zona por tratar, de tal forma que no exista material contaminado con lodo estabilizador, previo a la aplicación del tratamiento. El tipo de tratamiento a utilizar dependerá del sitio donde quede ubicada la filtración, así como de la magnitud que presente esta.

Con el objeto de poder clasificar la filtración en cuanto a su magnitud se utilizará la siguiente nomenclatura:

**H - F Humedades Fuertes:** Tienen apariencia brillante en el área afectada y además una ligera capa de agua perceptible al tacto.

---

---

H -M Humedades Medias: Son aquellas que se perciben visualmente y presentan una apariencia brillante en el área afectada.

H -L Humedades Ligeras: Son humedades sólo perceptibles al tacto.

F- F Filtraciones Fuertes: Tienen apariencia brillante en la superficie y un escurrimiento intenso en la zona.

F- M Filtraciones Medias: La superficie presenta una apariencia brillante y escurrimiento ligero.

F- L Filtraciones Ligeras: Tienen apariencia brillante en la superficie y escurrimiento apenas perceptible.

Una vez ubicado el sitio de la filtración y clasificada esta de acuerdo con su magnitud, se deberá aplicar el tratamiento correspondiente de acuerdo con lo que a continuación se indica:

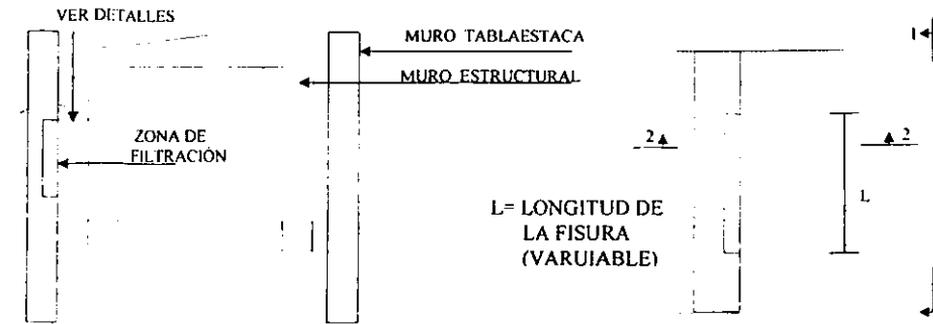
### III. 4 CASO "A"

Para los casos donde la filtración quede ubicada en el cuerpo de los muros tablaestaca, con una magnitud correspondiente al F- L ó H- F

1).- Una vez localizada la zona por donde se introduce el agua al cajón del metro, se procederá a realizar cortes en el concreto, ya sea sesgados o cuadrados, como se indica en la fig. 16.

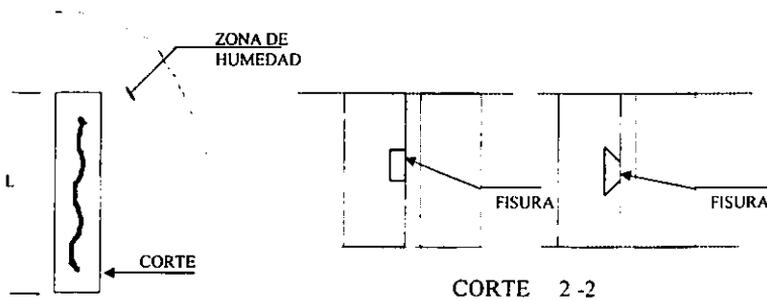
2).- Para llenar el espacio de los cortes realizados en el concreto, se deberá utilizar un mortero hidráulico de fraguado instantáneo y expansivo al contacto con el agua, llamado en lo sucesivo de este escrito "mortero". ( El "mortero" es una mezcla de aglutinantes como: cal hidratada, cemento portland ó cementante para mortero y arena que, mediante la adición de agua, forman un material que al secar adquiere características de resistencia establecidas previamente ), El mortero que se utilice deberá garantizar una resistencia igual ó menor que la del concreto constituyente del muro. Sus requerimientos mínimos de resistencia deberán ser:

---

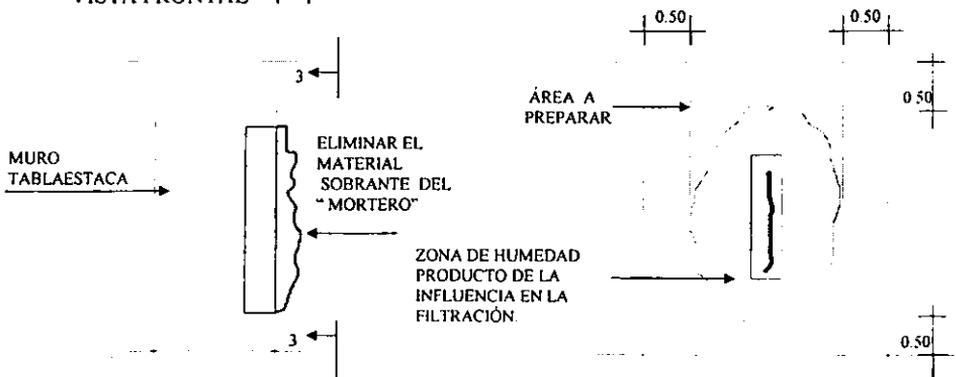


CORTE TRANSVERSAL

DETALLE I



VISTA FRONTAL 1-1



DETALLE 2

VISTA FRONTAL 3-3

FIG 16

	20 MINUTOS	1 DÍA	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS
TENSIÓN *	155	249	265	291	351
COMPRESION*	1250	2919	3700	4053	6225

\* ENSAYES DE LABORATORIO ASTM C-109

Este mortero se deberá preparar en un recipiente semiesferico de superficie lisa en cantidades no mayores de 150 gr. Se deberá humedecer con agua limpia hasta obtener una mezcla pastosa y uniforme. procurando no amasar ni mover en exceso dicha mezcla para que el producto no pierda sus propiedades. Hecha la mezcla se deberá mantener en las manos durante uno o dos minutos hasta que se sienta un ligero calor; procediendo de inmediato a colocar el mortero en las zonas por rellenar, ejerciendo presión y sin moverla por espacio de tres minutos, repitiendo la operación hasta llenar por completo los cortes realizados en el concreto.

3).- Diez minutos después de aplicado el mortero. se procederá a enrasar la superficie desde el centro y hacia las orillas de la misma en el sentido longitudinal.

4).- Concluido lo anterior, se deberá preparar la superficie para recibir un recubrimiento cementoso impermeable definitivo, limpiándola con cepillo de alambre hasta dejar una superficie áspera. El área por limpiar estará limitada de tal manera que cubra hasta 0.50 m a cada lado de la humedad producto del efecto de la filtración. Una vez lista la superficie, se deberá humeder con agua limpia antes de la aplicación del recubrimiento mencionado.

5).- El recubrimiento impermeable deberá cumplir con las siguientes especificaciones de laboratorio.

PRUEBA	MÉTODO	RESULTADO
COMPRESIÓN	ASTM-109	6,000 PSI (28 DÍAS)
ABSORCIÓN	ASTM-C-67	2% (24 HORAS)
FLEXIÓN	ASTM-C-398-617	850 PSI (28 DÍAS)
ADHERENCIA		300 PSI (28 DÍAS)
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	SANDBLAST 3,000 LTS. ARENA	SIN PERDIDA
WEATHEROMETRO	500 HORAS	NO PRESENTAR AGRIETAMIENTO EROSIONES NI AMPOLLAS.

---

El recubrimiento anterior deberá aplicarse en la proporción que especifique el fabricante.

6).- Cuarenta minutos después de la aplicación del recubrimiento, se deberá humedecer nuevamente la superficie tratada.

7).- Después de 6 horas, se deberá aplicar una capa de refuerzo, integrada por un recubrimiento complementario, sólo que en este caso la aplicación se hará con llana; para esto, se deberá humedecer la superficie y se prepara el material de acuerdo con lo también especificado por el fabricante.

8).- Finalmente, cuarenta y cinco minutos después de la aplicación de la capa de refuerzo, se deberá humedecer nuevamente la superficie.

9).- El agua que se utilizará para la elaboración de ambas mezclas, no deberá contener materia orgánica o sedimentos que resulten nocivos o perjudiciales a la mezcla.

### III . 5 CASO "B"

Este caso se aplicará cuando la filtración quede localizada en el cuerpo del muro tablaestaca, para una magnitud de filtración del tipo H- M o H- L.

1.- Este tipo de sellado consistirá únicamente en la aplicación de las indicaciones descritas a partir del inciso 4) del caso "A", aplicando el recubrimiento y su refuerzo en toda el área por impermeabilizar.

### III . 6 CASO "C"

Este procedimiento se aplicara a las filtraciones que se localicen en la junta entre muros tablaestaca o en el cuerpo de los mismos, cuya magnitud sea F- F y F- M.

---

---

El procedimiento consistirá en calafatear la zona de filtraciones o bien inyectar en la parte posterior del muro, en este último caso se realizaría de manera posterior a la construcción del muro estructural.

A continuación se describen los trabajos que deberán realizarse para la ejecución de este tratamiento:

### 1.- CALAFATEO.

A) Una vez detectada la zona de filtraciones se procederá a calafatear esta área, para lo cual se deberá hacer una limpieza de la misma hasta dejarla libre de lodo y resto de suelo pegado al concreto.

B) Concluido lo anterior se rellenaran los huecos que se detecten en la junta entre muros, mediante un colado con concreto y aditivo estabilizador de volumen el cual deberá aplicarse en etapas de colado de 1.00 m de abajo hacia arriba hasta alcanzar el nivel interior del cajón.

C) Para las zonas donde la filtración se localice en el cuerpo del muro tablaestaca, se deberá efectuar una demolición de la parte contaminada del muro y recolar de acuerdo con lo indicado en el inciso anterior.

D) Una vez que el concreto adquiera su fraguado inicial se procederá a aplicar un tratamiento en la superficie a base del recubrimiento cementoso impermeable de acuerdo con lo indicado en el caso "B".

### 2.- PERFORACIÓN

Si el tratamiento de calafateo no logra sellar totalmente las filtraciones, se deberá aplicar un tratamiento de inyección en la parte superior del muro.

Cabe aclarar que la perforación del muro tablaestaca y el proceso de inyección podrá realizarse de manera posterior a la construcción del muro estructural, con objeto de interferir lo menos posible con el avance de construcción de este último muro, asimismo y con la finalidad de no tener que barrenar el muro estructural, previo a su construcción, se deberán dejar

---

preparaciones a base de segmentos de tubo de P V C o galvanizados de 2" de diámetro. las cuales se ubicaran de acuerdo con la distribución que se señala para cada solución.

Posteriormente deberán realizarse en el muro tablaestaca, perforaciones (Barrenos) con un diámetro comprendido entre 1" y 2": las perforaciones deberán penetrar en el terreno 0.50 m contados a partir del paño del citado muro (ver figura 17). Posteriormente se inyectara la mezcla cuyo proporcionamiento se indica en los párrafos subsecuentes.

### 3).- MEZCLA DE INYECCIÓN

La mezcla a utilizar deberá prepararse con los materiales y proporciones siguientes:

AGUA CEMENTO EN PESO	3:1
BENTONITA	3% MÁXIMO EN EL PESO DEL CEMENTO
SICKA SIGUNIT	2 A 4 % EN PESO DEL CEMENTO

Estos materiales deberán cumplir con los requisitos que se indican a continuación:

El agua no deberá contener materia orgánica o sedimentos que resulten nocivos o perjudiciales a la mezcla.

La bentonita deberá usarse con una relación bentonita agua que no exceda del 3% en peso del agua, considerando una relación entre agua cemento de 3:1 con un tiempo mínimo de hidratación de 8 horas. El cemento a utilizar será tipo I.

### 4).- VOLUMEN Y PRESIÓN DE INYECCIÓN.

Se iniciará la inyección de la mezcla especificada y se suspenderá cuando se haya inyectado un volumen máximo de 1.0 m<sup>3</sup> en cada barreno o bien cuando se alcance una presión de 0.5 kg./cm<sup>2</sup> como máximo en cada barreno.

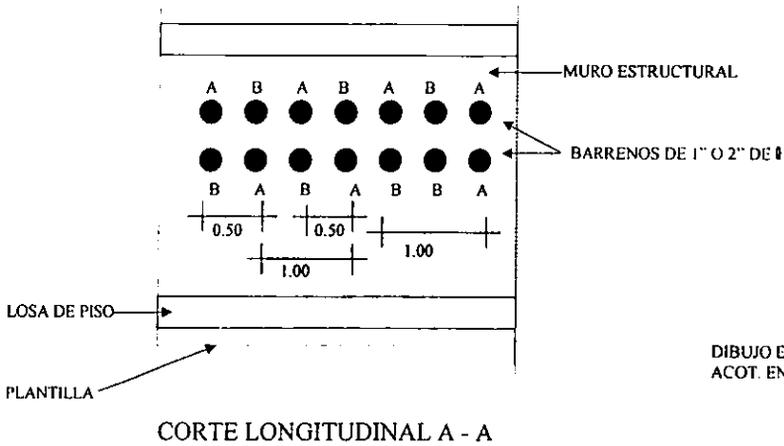
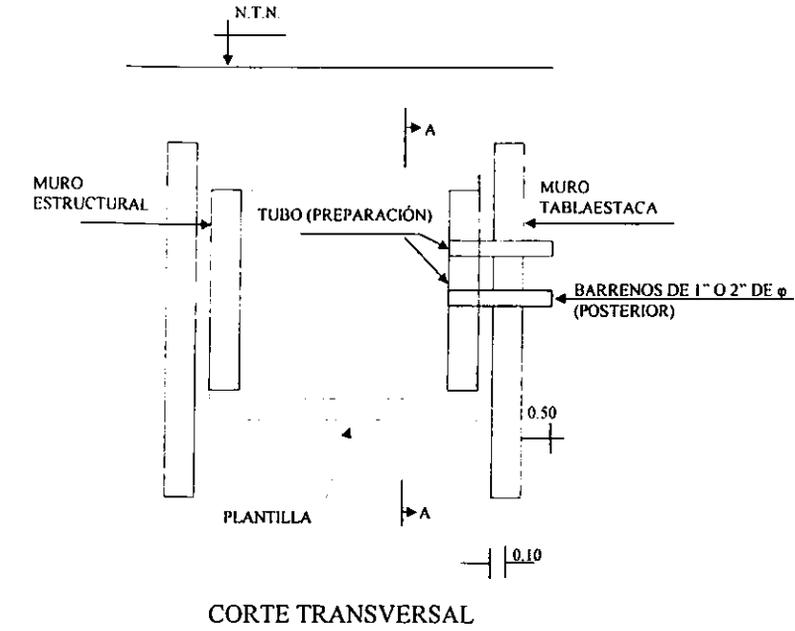


FIG 17

---

Si después de haber efectuado este proceso de inyección en una determinada zona de filtraciones estas aún continúan apareciendo, se deberá inyectar un volumen adicional a la mezcla de 0.25 m<sup>3</sup> por barreno, provista de algún material obturante como mica o similar, cuya proporción estará en función de la magnitud de las filtraciones.

#### 5).- SECUENCIA DE INYECCIÓN

El proceso de inyección en los barrenos deberá iniciarse en aquellos que se localizan en la periferia del área de influencia de dichas filtraciones, terminando la inyección en los barrenos del centro de la misma.

Cuando las filtraciones se localicen sobre los muros tablaestaca, las perforaciones deberán hacerse sobre estos, de manera que se conforme una cuadrícula al tresbolillo en toda el área donde se generen dichas filtraciones; la separación entre barrenos centro a centro será de 1.0 m en ambos ejes de la cuadrícula (ver figura 18).

Cuando las filtraciones se localicen en las juntas de colado de los muros, se deberá aplicar el proceso de inyección, tomando en consideración que la separación vertical entre barrenos de un mismo muro, será como máximo de 1.0 m (ver figura 3b).

#### NOTAS IMPORTANTES.

1.- En las juntas entre tablaestacas y una vez realizado el tratamiento de la filtración en este sitio, se procederá al colado de la preparación geométrica (SAQUE), dejada en estos elementos, procediendo enseguida al colado de la misma mediante un concreto provisto con un aditivo estabilizador de volumen. El concreto estará armado con grasas de acero con las características y distribución que indican los planos del proyecto estructural.

2.- Para una determinada zona de filtraciones, el proceso de inyección en los barrenos deberá iniciarse en aquellos que se localicen en la periferia del área de influencia de dichas filtraciones, terminando la inyección en los barrenos del centro de la misma.

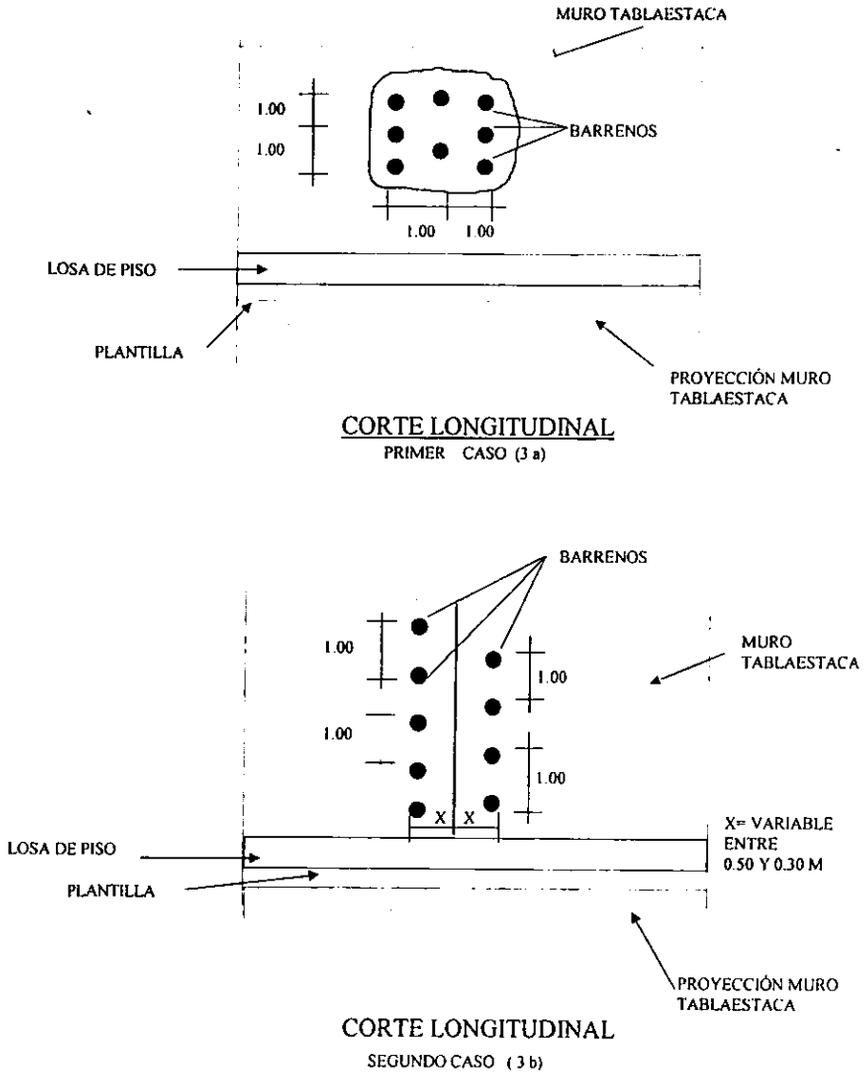
3.- Un barreno es considerado sellado cuando en el se haya inyectado el volumen total especificado o bien cuando se haya alcanzado la presión máxima especificada.

---

4.- Los barrenos se deberán realizar de preferencia en forma perpendicular al área afectada. y sólo en aquellos casos en que esto no sea posible. se hará con la inclinación necesaria para facilitar su ejecución.

5.- Las recomendaciones aquí incluidas para la aplicación de los productos de impermeabilización son generales y deberán corroborarse o verificarse con el fabricante.

---



DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOT EN METROS

FIG 18

**CAPITULO IV**

**FILTRACIONES EN MUROS ESTRUCTURALES**

#### IV FILTRACIONES EN MUROS ESTRUCTURALES

Las continuas precipitaciones pluviales y la presencia del nivel freático a pocos metros, ocasionan trastornos considerables a la operación del metro, presentándose las FILTRACIONES en sus estructuras, que de no darseles solución oportunamente son susceptibles de afectar a los equipos electromecánicos y electrónicos del Sistema o disminuir la seguridad que el metro requiere.

Como es sabido, las principales fuentes emisoras de agua, son los mantos freáticos que se encuentran en el terreno mismo, así como fugas existentes en tuberías de agua potable, y de drenaje en mal estado, las que en ocasiones y particularmente éstas últimas, hasta pueden transportar desechos con presencia de hidrocarburos, situación ésta, que puede tornarse verdaderamente peligrosa.

Así pues, una cantidad de ésta agua, se infiltra en las estructuras de concreto, através de grietas y fisuras existentes, motivadas muchas de ellas por los asentamientos diferenciales del subsuelo, pudiéndose infiltrar en juntas frías o juntas de expansión, teniendo esto como consecuencia, afectaciones en elementos estructurales, en equipos electromecánicos y electrónicos que se encuentran instalados a lo largo de toda la red, así como también, poner en riesgo la seguridad del usuario, sobre todo en el caso de infiltraciones en zonas públicas de construcción en mal estado, así como por porosidades excesivas en estaciones, y por último, opacar de alguna manera, la imagen, la buena imagen que deben tener todas las instalaciones del Sistema.

##### IV. 1 TRATAMIENTO DE LAS FILTRACIONES EN LÍNEA 6

Durante los años que lleva funcionando, la red del Sistema de Transporte Colectivo Metro, de la Ciudad de México se han utilizado básicamente, como se mencionaba anteriormente, los siguientes tres métodos para el tratamiento de las infiltraciones, que son:

- 1.- SELLADO
- 2.- CANALIZACIÓN
- 3.- MÉTODO DE INYECCIÓN

El primero, ha dado buenos resultados, aunque de corta duración, y viéndose también limitado, a flujos de agua y escurrimientos de poca magnitud, de este método hablaremos en capítulos posteriores.

---

---

El segundo método, el llamado de Canalización, ha sido hasta ahora el más empleado, sin embargo, considero que adolece de varios inconvenientes, siendo de los principales, el hecho de que toda el agua canalizada, tarde o temprano va a ser arrojada a la red del drenaje Municipal, ósea que el agua freática, es extraída del subsuelo, solución ésta, que en nada ayuda a resolver, el grave problema que representa, el hundimiento de la Ciudad de México.

Otro de los inconvenientes, es que las Canalizaciones, con el paso del tiempo se llegan a obtener. lo que representa, que eventualmente haya que darles mantenimiento o en muchos casos, de plano sustituirlas por nuevas canalizaciones.

Por último, mencionaremos el factor "imagen" ante el usuario, principalmente en Estaciones, donde es frecuente observar, recibimientos de láminas de fibra de vidrio por un lado, de lámina galvanizada por otro. los llamados coloquialmente nidos de golondrinas, tubos de poliducto y de P V C, de diferentes diámetros etc., soluciones estas que sinceramente contrastan, con el diseño arquitectónico y mantenimiento de primera con que cuentan todos los Edificios del Sistema.

Por todo lo anterior, considero al método de inyección como un primer paso, para el tratamiento definitivo de una infiltración específica.

Ahora bien, el método de inyección, contrariamente a las canalizaciones, tiene la enorme ventaja, de que el agua de los mantos freáticos no sea extraída del subsuelo, lo que de alguna manera, ayudará a evitar, los hundimientos que mencionábamos anteriormente.

Otras ventajas de éste método es que al inyectarse, el agua no continúa afectando con su paso, elementos estructurales como concretos, fierro de refuerzo, placas, etc.

Observemos que en el caso de los métodos de sellado y canalización, el agua o el líquido infiltrado, se encuentra dentro, en el seno interno del elemento estructural, causando en este caso oxidación, en el acero de refuerzo, el que con su posterior expansión volumétrica, seguramente provocará más fracturas en el concreto.

Actualmente, existen gran variedad de productos que se utilizan en el Método de inyección, como son: desde lechadas de todo tipo de cementos con algún aditivo, que por lo general son extremadamente rígidas y por lo tanto propensas a nuevos agrietamientos, pasando, por compuestos químicos Tóxicos contaminantes e inflamables, hasta llegar, al uso de Resinas de

---

---

Uretano, siendo éste el material más reciente y con más alta eficiencia, usado en el sellado del concreto, por lo que considero a éste producto como el idóneo, para ser utilizado, en el caso, de que el MÉTODO que se decida para el Tratamiento de alguna INFILTRACIÓN SEA EL MÉTODO DE INYECCIÓN.

Los Uretanos, básicamente, son resinas fabricadas con materias primas derivadas del petróleo, que se han venido utilizando desde hace varios años, en países como Francia, España e Italia, En el Continente Europeo, Estados Unidos y Canadá en Norteamérica, Venezuela en América del Sur y Japón en el lejano Oriente, básicamente, en proyectos prominentes como el Eurotúnel, Grandes Presas Hidráulicas, Túneles del Sistema de Transporte Colectivo, Plantas Nucleares de energía eléctrica, Plantas de Tratamiento de agua, así como en Sistemas de drenajes pluviales y de aguas negras.

Entre las principales características de los Uretanos, mencionaremos, que forman barreras sellantes e impermeables, flexibles o rígidas, muy efectivas a las infiltraciones de agua en el concreto y otros materiales estructurales, y de gran resistencia a altas presiones hidrostáticas, gracias a su propiedad de expandirse después de ser inyectados, hasta ocupar prácticamente el 100% de los espacios vacíos de su confinamiento, incluso en espacios capilares, quedando de ésta forma las grietas totalmente saturadas de resina y por lo tanto, haciendo prácticamente imposible, que el agua vuelva a introducirse en el elemento estructural y seguir afectando tanto al acero de refuerzo, como al concreto mismo.

Básicamente existen dos grandes grupos de Uretanos:

#### IV . 2 URETANOS HIDRÓFILICOS.

Son resinas inyectables, que aceptan gran cantidad de agua dentro de sus estructuras moleculares, en rangos, que van desde 1 volumen de agua por 1 volumen de resina, es decir proporción 1:1, hasta 10 volúmenes de agua por 1 volumen de resina (proporción 10:1).

Una vez curados éstos Uretanos, producen barreras impermeables al agua, ya sea en forma de espuma o en forma de gel, pero siempre con una textura flexible.

Su aplicación se recomienda, cuando el medio circundante al lugar de la inyección, está permanentemente húmedo, ya que este tipo de Uretano debe conservar el agua con que reacciona

---

---

En caso, de que el medio circundante llegara a secarse, seguida de una contracción de volumen, y quedando por lo tanto, en riesgo de perder su sello y consiguientemente su impermeabilidad.

Las ventajas que ofrecen éstos Uretanos, son: la efectividad como membranas impermeables, la facilidad con que se aplican, y su gran rendimiento, al incrementarse el volumen de estos, proporcionalmente al agua con la que reaccionan.

#### IV .3 URETANOS HIDRÓFOBICOS.

Son también resinas inyectables, pero que requieren de una cantidad mínima de agua, tan reducida como el 0.5% para reaccionar completamente, sin preocuparse, de un medio con exceso de agua, porque su reacción es estequiométrica, ósea, que únicamente tomarán el volumen de agua exacto necesario, para que la reacción se efectúe. Estos Uretanos ya curados, forman masas compactas, espumas o una combinación de ambas, de texturas rígidas o flexibles, dependiendo, de los espacios a inyectar y de los tiempos de reacción de las resinas.

Los Hidrofóbicos, desde el punto de vista, de condiciones circundantes, son más versátiles que los Uretanos Hidrofilicos, debido, a que se pueden aplicar en ambientes húmedos, secos y cambiantes por temporadas, sin que se alteren sus condiciones físicas, debido a, que estas resinas contienen 100% de sólidos, y por lo tanto no, sufren deshidratación, por lo que no están expuestos a contracciones de volumen, que pueden originar la pérdida de sello e impermeabilidad.

La textura rígida o flexible, también le da oportunidad de otras aplicaciones, además de sellante e impermeabilizante, como es, la de consolidar y estabilizar tierras, con ó sin incremento de la resistencia mecánica del terreno.

Como ejemplo, de algunos de los usos más frecuentes, de estos productos, en la industria de la Construcción , mencionaremos las siguientes aplicaciones:

Sellado de Juntas Frías en concreto nuevo.

Reparación de juntas de construcción.

Reparación de Juntas Frías.

---

---

Sellado de fugas en juntas y grietas.

Sellado de Pasos de Tuberías en muros y losas.

Reparación de Drenajes Municipales.

Y por último la estabilización de tierras, que por cierto, fue la aplicación inicial de las Resinas de Uretano.

Cuando los casos anteriores, no se resuelven adecuadamente, pueden acarrear las siguientes consecuencias:

- 1.- Inundaciones, cuando el flujo de agua es abundante.
- 2.- Deterioro estructural, por degradación del concreto, expuesto a humedad constante en su seno interno.
- 3.- Fracturación de losas y muros de concreto, debido a la expansión volumétrica, originada, por la oxidación de las varillas corrugadas y refuerzos de acero expuestos a la humedad.
- 4.- Deterioro de acabados y recubrimientos arquitectónicos.
- 5.- Erosión y arrastre de tierra circundante, con riesgo de hundimiento o reacomodamiento de las estructuras.

Otra de las características, de las resinas de Uretano es la sencillez de su aplicación, ya que son inyectables por medio de bombas manuales, neumáticas o eléctricas, y que debido a su gran reactividad con el agua, tan pronto como el material se pone en contacto con ésta, reaccionará, para formar las barreras impermeables que comentábamos anteriormente, parando de inmediato las infiltraciones de agua.

#### IV . 4     ACELERADOR.

El acelerador es un producto que se puede agregar a las resinas antes de hacer la inyección . o esta contenido en sus formulaciones, con propiedades de catalizador que permite incrementar la velocidad de reacción entre resina y agua, permitiendo manejar y controlar parcialmente el tiempo de inicio y fin de las reacciones.

---

---

Se modificara el tiempo de curado para aumentar la distancia a la que se desplaza la resina y obtener mejor penetración, dentro del concreto o terreno a estabilizar, antes de que reaccione (reduciendo la cantidad de acelerador).

Para reducir la distancia a la que se desplaza la resina, en caso que se requiera una reacción rápida de la resina y formar un tapón sólido, donde la infiltración tiene un flujo abundante de agua (Aumentando la cantidad de acelerador ).

Cuando la temperatura del sustrato al que se va a inyectar es muy baja o muy alta. El tiempo de curado esta relacionado directamente con la temperatura.

En el Tratamiento de infiltraciones, específicamente en los túneles del Sistema de Transporte Colectivo, el lado de la estructura, donde la presión hidrostática se origina, se llama, Lado Positivo, que es precisamente, el lado relleno con tierra, donde evidentemente, si se pudiera desde ahí trabajar, las posibilidades de éxito serian mucho mayores, por tenerse como soporte, la estructura original, sin embargo, casi todos los problemas de fugas, son accesibles desde el Lado Negativo, por lo que los materiales aplicados superficialmente, para reparar fugas de agua por éste lado, tienen un gran potencial de falla, dependiendo principalmente, de la efectividad de su adherencia y sus características de tensión y elongación.

El procedimiento de inyección de Uretano, se ha desarrollado para poder trabajar, precisamente por el Lado Negativo, colocándose, las barreras impermeables, dentro de todo el espesor de las losas o muros de concreto, hasta llegar al otro lado, es decir, al Lado Positivo, y cumpliendo ampliamente, con las especificaciones exigidas, como en el caso, de las grietas en concreto, juntas frías ò de construcción, que están en constante movimiento, debido a las fuerzas térmicas de la estructura y a los cambios de humedad en el terreno, haciéndose mas anchas o más angostas, dependiendo de la época del año.

Las infiltraciones originadas por éste tipo de fallas, representan un alto porcentaje de incidencia, en toda la red del Sistema, por lo que a continuación haremos una breve descripción, del procedimiento que henos seguido para su tratamiento

Antes de entrar de lleno, en los detalles del procedimiento creo conveniente mencionar, dos aspectos preliminares a la ejecución de los trabajos, ambos de gran importancia:

---

---

El primer aspecto, es el relativo al conocimiento y definición, del origen del agua que provoca la infiltración, con el objeto, de poder atacar y corregir desde un principio, si fuera posible, la fuente emisora de agua.

El segundo aspecto, pero no por ello menos importante, es la conveniencia o mejor dicho la necesidad, de tener un conocimiento lo más amplio posible, del sistema constructivo empleado, en la obra, para lo cual, deberá, de contarse, con los planos arquitectónicos y estructurales necesarios, así como hacer las observaciones de campo pertinentes, con objeto, de conocer espesores de losas, muros y trabes, posición y diseño de juntas de construcción, localización de tuberías de suministro de agua, así como de drenajes y en general, de toda aquella información, que nos permita elaborar un plan de trabajo, que nos lleve finalmente al objetivo deseado.

#### IV . 5 URETANO FLEX

El Uretano Flex es un compuesto hidrofóbico diseñado para reparar filtraciones debidas a aberturas, juntas o grietas en estructuras de concreto y formar un sello flexible. Cuando el Uretano FLEX se pone en contacto con agua, este líquido de color amarillo no inflamable y sin curar, se expande y rápidamente se cura formando una espuma resistente y flexible de celda cerrada que es esencialmente resistente a ambientes corrosivos. La velocidad de curado del Uretano FLEX dependerá de la cantidad de acelerador Uretano FLEXacc usado y las condiciones de temperatura ambiente.

##### PROPIEDADES FÍSICAS

**Forma Física:** Líquida

**Color:** Amarillo Pálido

**Olor:** Ligeramente Dulce

**Punto de Ebullición:** 281 °C a temperatura mayor de 204 °C puede descomponerse.

**Punto de congelación:** No Determinado

**Solubilidad en H<sub>2</sub>O:** No soluble en agua. Reacciona lentamente con agua para liberar CO<sub>2</sub> gas.

---

---

**Otras solubilidades:** Miscible con la mayor parte de solventes orgánicos (Cetonas, benceno, ceras y aceites).

**Medios de extinción:** Para incendios pequeños, use polvo químico seco o dióxido de Carbono (CO<sup>2</sup>). Para incendios mayores use neblina o espuma regular.

**Precauciones:** Al contacto con los ojos, se deberá lavar con agua abundante exponiéndolos al chorro directo de agua por 15 minutos mínimo, manteniendo firmemente los párpados abiertos para asegurar una irrigación completa a los ojos y partes internas de los párpados.

Al contacto con la piel, quitar rápidamente las ropas contaminadas. Lavar con abundante agua y jabón las áreas contaminadas.

En caso de inhalación, llevar a la persona a un lugar ventilado y darle ayuda respiratoria, si es necesario.

En caso de ingerirse, no inducir el vomito. Darle a beber 1 o 2 vasos de leche o agua. Si el vomito es inevitable, ayudar a la víctima a respirar manteniendo su cabeza por debajo de sus rodillas.

**Ropa de protección:** Usar guantes, botas y mandil de protección resistente a químicos, para prevenir el contacto con la piel. Se recomienda materiales como vitón, neopreno y hule nitrilo.

**Almacenaje:** Evitar daño físico a los contenedores. Almacenar en tambores de plástico o acero, en área fresca seca y bien ventilada, protegido de la luz solar e incompatibles, separado de productos comestibles.

### **Uretano FLEX en cubeta de 5 galones (20 lts)** **URETANO FLEXacc**

El Uretano Flexacc: se usa para modificar el tiempo de reacción de la resina.

**Forma Física:** Líquida

**Color:** Transparente

**Olor:** Característico de Amina (Compuestos nitrogenados orgánicos de carácter básico, que pueden considerarse como derivados del amoníaco).

**Punto de ebullición:** 60 °C.

---

**Punto de congelación:** -20 ° C.

**Solubilidad en H<sub>2</sub>O:** No soluble en agua.

**Otras solubilidades:** Miscible con la mayor parte de solventes orgánicos (Cetonas, benzeno, ceras y aceites).

**Estabilidad:** Es estable a temperatura ambiente en contenedores cerrados bajo condiciones normales de manejo y almacenaje.

**Uretano FLEXacc botella de 0.25 galón (1.5 lts).**

#### IV. 6 SELECCIÓN DE LA RESINA APROPIADA

La primera pregunta que debe responderse es si el área circundante a la infiltración se mantiene continuamente húmeda o alternativamente húmeda y seca (por temporadas o debido a ciclos de procesos industriales). La respuesta es importante para poder determinar el uso de un hidrofílico o hidrofóbico.

En los casos de humedad continua surge una segunda pregunta que es si la infiltración produce un flujo de agua continuo o únicamente goteo. Cuando el flujo de agua es continuo, se necesita aplicar fibra vegetal e instalar válvulas de control que manejarán el flujo de agua. Para retener el agua inicialmente se sugiere un Uretano hidrofílico porque su tiempo inicial de reacción podrá ser lo suficientemente rápido para que el agua no arrastre la resina. Esta condición se puede mejorar agregando acelerador al Uretano. En estos casos no se recomienda Uretanos hidrofóbicos porque tienden a dispersarse en la corriente de agua con el riesgo de ser arrastrado fuera de la grieta antes de reaccionar.

Las resinas hidrofílicas tienen la habilidad de mezclarse homogéneamente con agua en proporciones resina/agua desde 1/1 hasta 1/10. Por supuesto que a mayor proporción de agua el gel o espuma será más débil. Por esta razón, en los casos de altas proporciones de agua es necesario inyectar cantidades adicionales de Uretano, para incrementar la fortaleza del sello.

Se estima que aproximadamente el 90% de todas las grietas y sellos tienen movimiento, debido principalmente a variaciones de temperatura (expansión y contracción). En tales casos se debe usar Uretanos flexibles. Si se usara Uretanos rígidos, el sello creado se fracturaría por la expansión y contracción de concreto y la infiltración de agua se restablecería.

---

En los casos que la reparación se requiere en forma inmediata, se puede inyectar un Uretano hidrofóbico agregándole acelerador, si el flujo de agua lo permite. Cuando el flujo es tal que al Uretano hidrofóbico no le da tiempo de reaccionar, se recomienda inyectar inicialmente un Uretano hidrofílico, por su rapidez de reacción, para taponar la salida de agua. Cuando esto se logre entonces se hará una segunda inyección con un hidrofóbico para que perdure inalterado, aún con los ciclos secos y húmedo.

#### IV. 7 SELLADO DE FUGAS EN JUNTAS Y GRIETAS CON URETANO

Aquí mencionaremos el procedimiento que se deberá llevar a cabo para realizar adecuadamente el sellado de fugas en juntas y grietas con Uretano, así como el equipo y los productos mínimos requeridos, para llevar a cabo la inyección de resinas:

#### EQUIPO

##### TALADRO ROTOMARTILLO Y BROCAS

El rotomartillo recomendado es el "Hilti" en el modelo capaz de hacer perforaciones de 5/8" diam. En concreto con profundidad de hasta 30"

Datos técnicos del Rotomartillo.

Peso	14 lbs
Alimentación Eléctrica	900 Watt, 115 Volts una fase
Percusión	2630 impactos/min.
Velocidad de perforado en concreto de 5000 psi con broca de 1" diam.:	hasta 6"/min.

## Datos Técnicos de las Brocas

Diámetro en Pulgadas	Longitud útil en pulgadas
5/8	7
5/8	16
5/8	30

## PACKERS (BOQUILLAS DE INYECCIÓN) DE ALTA PRESIÓN.

El tamaño de Packer mas común es de 5/8"x 3".

Hay extensiones de 2", 4" y 6" de longitud.

El diámetro interior es de 7/32".

Fabricado de acero para soportar altas presiones hasta 4000 psi.

Disponible en otros tamaños.

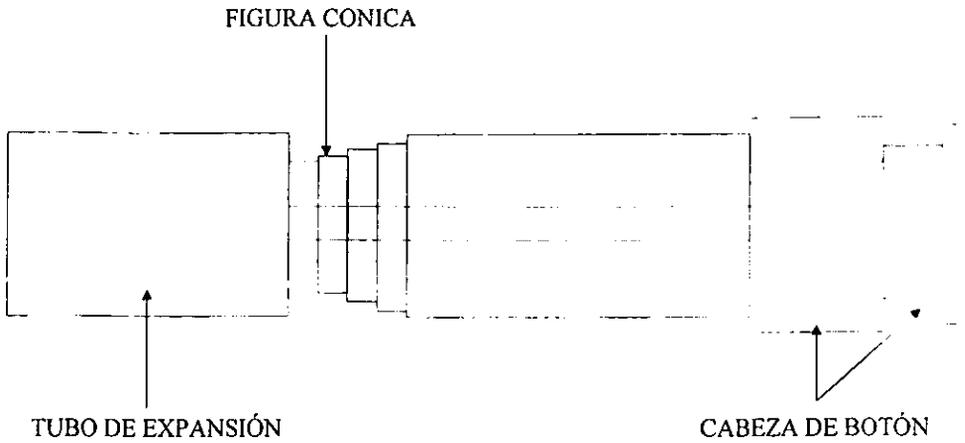
## PACKERS (BOQUILLAS DE INYECCIÓN) DE BAJA PRESIÓN

Solución económica para inyecciones a presiones baja y mediana.

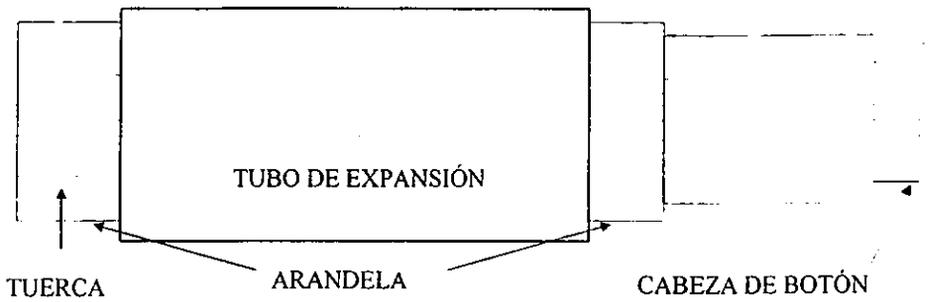
No hay extensión disponibles.

Hechos de plástico y soportan presión hasta 1500 psi. (Fig. 19)

BOQUILLAS DE INYECCIÓN ( BAJA PRESIÓN )  
PACKERS DE PLÁSTICO



PACKERS DE ALTA PRESIÓN (ACERO)



CONECTOR TIPO CABEZA DE BOTÓN

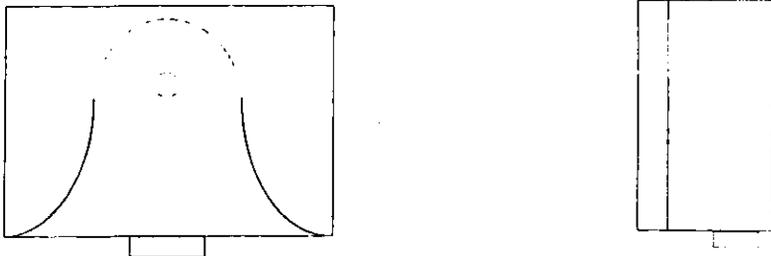


FIG 19

## BOMBA MANUAL DE INYECCIÓN

Uso: para inyectar grietas con agua, donde el bajo flujo no es una objeción.

Esta bomba manual es de pistón simple hecha de acero al carbón o acero inoxidable (partes húmedas).

La bomba es suministrada con manómetro, manguera de succión y recipiente de alimentación por gravedad, 15 pies de manguera de alta presión con conectores y base.

### DATOS TÉCNICOS

Peso	50 lbs.
Salida	½ plg.
Presión Máxima	1000 psi.

## BOMBA ELÉCTRICA DE INYECCIÓN PARA UN COMPONENTE

Uso: para inyectar grietas con Uretanos de un componente, donde se desea mayor presión de trabajo.

Esta bomba eléctrica es de pistón o diafragma suministrada con 25 pies de manguera de inyección para alta presión manómetro, conector y montada en un bastidor con dos ruedas.

### DATOS TÉCNICOS

Peso	70 lbs.
Presión Máxima	2750 psi
Motor Eléctrico	0.75 HP, 1725 r.p.m., 115 V, una fase
Capacidad	0.45 - 0.75 gpm.

## ANDAMIOS DE SEGURIDAD

Se componen básicamente de módulos, estos módulos se conforman de dos secciones de andamios y dos barras diagonales que sustentan a los andamios.

---

Se requieren de varios módulos según sean las alturas donde se va a realizar el trabajo, estos andamios tienen una altura de 2.00 m de altitud.

#### VARIOS.

Cubetas de plástico y tramos de tela de algodón, para la limpieza del equipo y la herramienta. Guantes de hule, Lentes protectores y Equipo de seguridad en general..

#### PRODUCTOS RECOMENDADOS PARA ESTOS CASOS

Resina de Uretano tipo Flex.

Acelerante Flex Acc.

Líquido limpiador.

Fibra vegetal ó sellantes superficiales, para calafatear temporalmente en caso de mayores fugas.

Recomendamos enfáticamente que como medida de seguridad, para evitar desperdicios de materiales, el personal que maneje éstos productos, evite el contacto de estos con agua o productos que la contenga, así como con Álcalis, Aminas, Alcoholes o Glicoles, ya que los pueden hacer reaccionar violentamente.

#### IV . 8 PASOS PARA APLICAR URETANO FLEX

Específicamente para el procedimiento de Sellado de Fugas, en grietas y juntas del tipo que hemos comentado, recomendamos los siguientes pasos.

##### PASO 1- LIMPIAR LA SUPERFICIE DE LA GRIETA.

Se efectuara limpieza de la superficie en el área de la grieta, con objeto, de eliminar su posible contaminación y la existencia de falsas adherencias, así como ser localizada con precisión, realizándose ésta, con cepillo de alambre y enjuague de agua, o con cincel y maceta en caso de ser necesario. Si fuera una grieta con alto flujo de agua, será conveniente obturar temporalmente con un material sellante para poder, posteriormente, seguir con el procedimiento.

---

---

## PASO 2 - PERFORACIÓN DE LOS BARRENOS DE INYECCIÓN.

Existen diferentes diámetros, profundidades y ángulos de los barrenos de inyección, siendo los más usuales de 1/2" Y 5/8" de diámetro dependiendo, del tamaño del inyector que se vaya a emplear. El ángulo de barrenado, se recomienda hacerlo a 45 grados y con una profundidad mínima de la mitad del espesor del concreto, pudiendo ser tan profundo, como el espesor del concreto, menos 5 cm., que se dejen de protección fig. 20.

Por otro lado, el espaciamiento de los barrenos, depende del ancho de la grieta, pero normalmente varía de 15 a 40 cm., debiéndose taladrar alternadamente, a un lado y otro de la grieta, si las condiciones de la obra así lo permiten fig. 20.

## PASO 3 INSTALACIÓN DE LAS BOQUILLAS DE INYECCIÓN O PAKERS (INYECTORES).

Existen principalmente dos tipos de inyectores, el fabricado de acero y diseñado para soportar altas presiones, de hasta 4000 psi, y los de plástico, solución más económica, para inyecciones a baja y mediana presión, pues soportan presiones, de 2000 a 2500 psi.

El tamaño del inyector más común, es de 5/8 de diámetro por 3" de longitud, consiguiéndose, para el caso de los de acero, extensiones de 5, 10 y 15 cm de longitud.

Estos inyectores, se insertaran, en los barrenos previamente realizados, de tal forma, que únicamente sobresalga el conector con cabeza de botón, se apretará girando la tuerca en el sentido de las manecillas del reloj, aprisionando tanto como sea posible. Los inyectores, son suministrados con una válvula de retención.

## PASO 4 - INYECCIÓN DE AGUA EN LA GRIETA

Es recomendable, inyectar agua, previamente a la inyección de resina y preferiblemente con algún colorante, con la idea de:

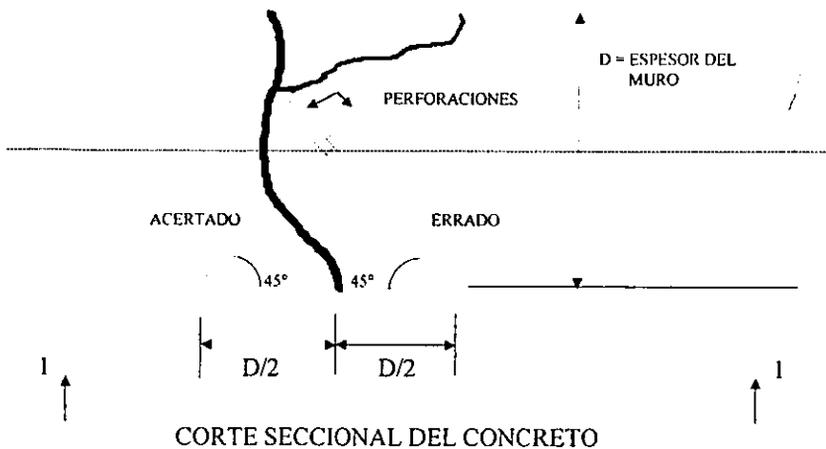
Primero: Eliminar basura o polvo.

Segundo: Saturar la grieta con agua, para que la reacción química del Uretano se realice.

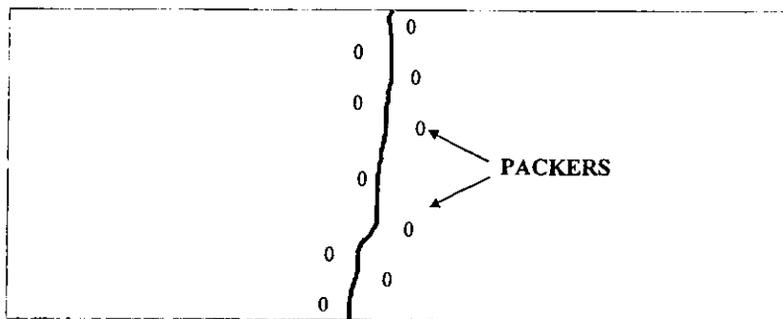
Tercero: Poder observar el comportamiento de la grieta con más precisión.

---

### ARREGLO PARA BARRENAR



### ESPACIAMIENTO DE LOS PAKERS



VISTA 1 - 1

FIG . 20

---

También nos indicara, si los inyectores fueron instalados y habrá oportunidad de arreglarlos, en caso de existir alguna deficiencia incluso de taladrar otra perforación a una distancia mínima de 5 cm., por encima o por debajo de la perforación inicial.

#### PASO 5 - SELLADO SUPERFICIAL DE LA GRIETA

Después de la inyección de agua, se podrá apreciar, en coacciones la necesidad de sellar la grieta superficialmente, para evitar que la resina se fugue sin reaccionar. Se podrá usar algún cemento hidráulico de fraguado rápido o calafatear con fibra impregnada de Uretano y de ésta manera, lograr temporalmente un sellado superficial de la grieta.

#### PASO 6 - INYECCIÓN DE URETANO FLEX.

Se recomienda limpiar la bomba con el limpiador especial antes de empezar la inyección. Posteriormente, se mezclará la cantidad de Aceleraste Flex predeterminado, con la resina de Uretano Flex, recomendando, que la reacción no se efectuara, hasta que la resina con acelerador se ponga en contacto con el agua.

El Acelerador, es un producto, que se puede agregar a las resinas ó está contenido en sus formulaciones, con propiedades de catalizador, que permite, incrementar la velocidad de la reacción entre resina y agua, permitiendo también manejar y controlar parcialmente, el tiempo de inicio y fin de las reacciones.

En el caso de una grieta vertical, se iniciara la inyección, en la boquilla colocada al nivel mas bajo. En el caso de una grieta horizontal, se empezará la inyección en la primera boquilla donde se inyecta agua, notándose, durante el proceso de inyección, que el agua es desplazada de la grieta por el Uretano Flex. Se deberá seguir inyectando, hasta que la resina aparezca en el inyector siguiente, (si se calafateó), ó empieza a fluir hacia el exterior en forma visible.

A continuación, se desconectara la manguera, para ser conectada en el siguiente inyector y de esta manera continuar la inyección.

Es aconsejable, que después de haber inyectado varias boquillas, se regrese a la primera y se inyecten todas por segunda vez, existiendo la posibilidad, de que algunos puntos acepten más resina, que rellenara las cavidades aún vacías.

---

---

La presión de inyección podrá variar desde 150 psi hasta 2500 psi, dependiendo de la abertura y espesor de la grieta en general, de las condiciones del concreto.

#### PASO 7 - LIMPIEZA DE EQUIPO Y HERRAMIENTA.

Una vez terminada la inyección, deberán de lavarse todas las partes que estuvieron en contacto con la resina, especialmente, las bombas inyectoras. Esto debe hacerse, dentro de los 15 minutos siguientes después de haberse concluido el proceso, haciendo circular, en el caso de las bombas, durante 3 minutos el liquido limpiador especial y desechando el afluente, posteriormente, haciéndolo reciclar y desechándolo alternadamente cuantas veces sea necesario, hasta que el liquido salga totalmente limpio.

Finalmente para enjuagar las bombas, reciclar entre 10 y 15 minutos con liquido nuevo, teniendo este producto, la característica de no ser tóxico, ni inflamable.

#### PASO 8 - ACABADO.

Después de inyectar, las boquillas de inyección , se podrán sacar totalmente del barreno teniendo la precaución, de confirmar, que la resina este totalmente curada antes de quitarlos, resanando los barrenos de inyección y otras cavidades superficiales con cemento hidráulica.

#### NOTA.

De ésta manera, hemos expuesto sucitamente, el Método de Inyección en el Tratamiento de Filtraciones y específicamente el de Inyección de Uretanos, considerándose un método eficaz para el Tratamiento de Filtraciones en el Sistema de Transporte Colectivo "METRO"

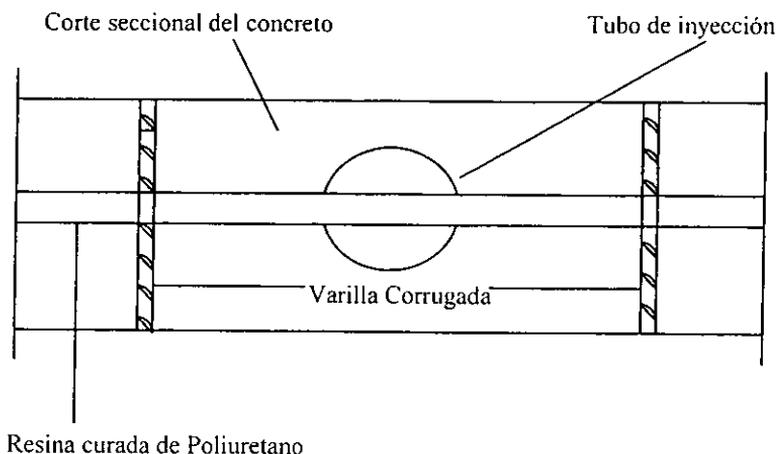
### IV . 9      SELLADO DE JUNTAS FRÍAS EN CONCRETO NUEVO

En la construcción del metro las fugas en juntas frías son problemas comunes. Estas juntas pueden ser verticales, horizontales, sobre cabeza y también circulares o con tuberías. Con el uso de tubos permeables de inyección durante la construcción estos problemas pueden prevenirse fácilmente.

Los tubos de inyección son secciones de 7.62 m. colocados en su lugar antes de colar la segunda parte de la junta. Después del colado y cuando el concreto esta totalmente curado, la

---

inyección de nuestro Uretano Flex se efectúa por los tubos permeables para formar un sello flexible permeable.



## PROCEDIMIENTO

El siguiente procedimiento puede aplicarse en juntas horizontal / vertical también en pared / pared, piso / pared, techo / pared.

1. Limpiar la superficie del concreto.
2. Anclar el tubo permeable Flex de inyección en el concreto de la junta, por medio de las anclas suministradas ( la longitud máxima de tubo no debe exceder de 7.62 m ).
3. La distancia máxima entre dos anclas no debe exceder 30.5 cm.
4. El tubo de inyección se instala pegado a la superficie de la junta.
5. Flexionar el extremo de cada sección de tubo en la unión que se traslapará al menos 5.00 cm para sacarlos fuera de la junta.
6. Las inserciones de tubos en estructuras de concreto también pueden sellarse instalando tubos permeables de inyección alrededor del tubo insertado al concreto.

7. Para probar el sello de la junta, inyectar agua por el tubo de inyección y subir la presión para ver donde están las fugas. Después de esta prueba se puede inyectar nuestro Uretano FLEX por el tubo permeable a una presión máxima de 45 psi.

8. El Uretano curado forma un sello efectivo y permanente en las juntas de concreto.

#### IV . 10 TRATAMIENTO Y SELLADO DE FUGAS

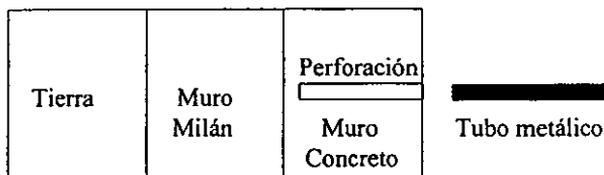
Aquí básicamente se pretende tapar y eliminar las fugas, lloraderos y humedades que se presentan comúnmente en los muros de concreto de los túneles subterráneos del metro.

Solución:

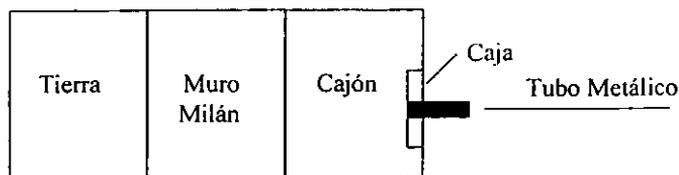
Utilizaremos producto AQUASEAL, para el sellado de fugas y lloraderos, así como para eliminar definitivamente las humedades presentes.

Procedimiento:

- 1.- Se selecciona la fuga para aplicar el tratamiento de sellado con Aquaseal
- 2.- Se determina el punto exacto del origen de la fuga
- 3.- Se procede a perforar a todo lo ancho del muro, cuidando dejar una ligera inclinación como se nos muestra:



- 4.- Con un cincel se abrirá un boquete en el muro, alrededor de la perforación, dándole forma de caja, dejando aproximadamente de 2 a 3 cm de profundidad.



5.- Se introducirá dentro del barreno un tubo metálico de un diámetro ligeramente menor al de la perforación y de una longitud también menor, cuidando que uno de los extremos del tubo quedará al ras del muro y que el otro extremo no llegará a hacer el contacto con el muro Milán; La finalidad de introducir el tubo es la de canalizar la mayor cantidad de agua a través de él, y así aliviar un poco la presión del agua mientras se sella alrededor del tubo.

6.- En seguida se prepara el Aquaseal dejando una consistencia plástica en el material, para sellar alrededor del tubo, y por último inyectar a través de él un mortero más fluido para que ocupe el cuerpo del tubo y al final colocar un tapón para terminar el sellado más crítico.

7.- Por último se procede a sellar las fugas menores desgastando la superficie del muro con el cincel, dándole siempre la forma de caja y colocando el Aquaseal en su consistencia plástica, para finalizar con un acabado parejo, liso y uniforme hecho con una llana metálica o de madera.

El sellador que se utiliza en la obra para controlar las filtraciones en el cajón es:  
**MORTERO TAPAFUGAS DE ENDURECIMIENTO INSTANTÁNEO**  
**(AQUASEAL Y SELLASIL R.)**

Descripción:

Aquaseal es un mortero en polvo, de color gris el cual no contiene partículas de hierro y basta con mezclarlo con la parte B para producir un relleno de fraguado y endurecimiento instantáneo, sin contracciones. Se presentan las partes (A= Aquaseal. B= Agua ) por separado.

Usos:

Aquaseal se utiliza como relleno y sellador instantáneo para sellar fugas de agua, lloraderos, escurrimientos, en: túneles, sótanos, cisternas, cimentaciones, muros Milán en contacto con agua o con el nivel freático, juntas de muros prefabricados, filtraciones, etc.

Propiedades:

Aquaseal presenta las siguientes propiedades:

-Al mezclar las partes A y B produce un fraguado y endurecimiento rápido, en unos cuantos minutos (de 5 a 10 min.)

- Alta resistencia al agua, aún contrapresión.
- Empaca y estabiliza, no sufre cambio de volumen una vez fraguado.
- No contiene partículas de hierro.
- No es tóxico, salvo ingestión.
- Impermeabiliza.
- Sella perfectamente.
- No se agrieta ni se autodestruye.
- No se oxida (por no ser metálico).

## COLOCACIÓN

### 1. FILTRACIONES:

A) Limpie perfectamente la superficie por sellar dejándola libre de lama y partículas sueltas.

B) Elabore, con un cincel, una "caja" en forma de cuña invertida alrededor o a lo largo de la filtración de, 5 cm de ancho por 3 cm de profundidad y proceda a colocar una manguera de plástico para canalizar la filtración.

C) Use guantes de hule y goggles para proteger manos y ojos.

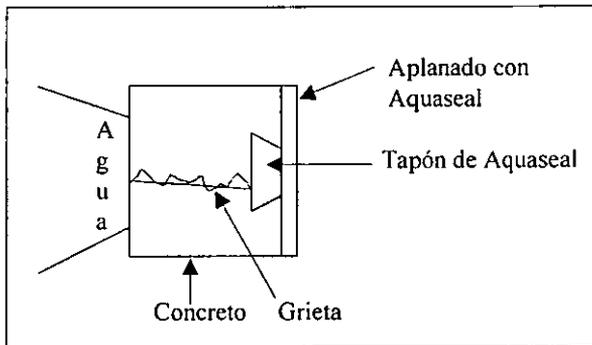
D) En una charola metálica vierta 1 kg. de Aquaseal, haciendo un cráter en el centro y adicione de 200 a 300 ml. de parte B y mezcle vigorosamente hasta formar una masilla homogénea y proceda a rellenar la "caja" alrededor de la manguera con la masilla formada y púlase.

---

E) Una vez hecho lo anterior, proceda a cortar el sobrante de la manguera y cuando la masilla de Aquaseal (A Y B), empiece a calentar, forme un tapón con las manos, presiónelo fuertemente contra el chorro de agua y manténgalo presionado por un lapso de 5 min.

F) Por último, coloque un aplanado sobre la superficie tratada, aún húmeda, con la masilla de aquaseal, ahora rebajando la parte B con agua limpia en una relación de 1 a 1 en volumen.

Este aplanado final deberá curarse rociándole agua cada 2 a 3 hrs, durante 48 hrs.



## 2. INYECCIONES:

Si se va a inyectar el mortero para anclar, es necesario hacer la inyección lo más rápido posible ya que la velocidad de endurecimiento es en unos cuantos minutos.

Para obtener la máxima resistencia, se deberá usar la cantidad mas baja de solución sellásil / agua

Aquaseal tiene un peso volumétrico de aproximadamente 2.28 kg./l.

Aquaseal se presenta en unidades de 70 kg.

Parte A: Saco de 50 kg.

---

Parte B: Cubeta de 20 kg.

Precauciones:

Proteja los ojos con goggles y la piel con guantes de hule.

En caso de salpicaduras, lave con abundante agua y acuda al médico.

SELLASIL "R"

## ENDURECEDOR INSTANTÁNEO PARA CEMENTO

Sellasil R es un producto químico líquido de color rojo el cual al mezclarse con el cemento produce un fraguado y endurecimiento casi instantáneo (5 a 10 min.).

USOS:

Sellasil R se utiliza principalmente para tapar fugas de agua lloraderos o escurrimientos donde se desean mantener secas las superficies con éste tipo de problemas.

Principalmente en túneles, sótanos, cimentaciones bajo el nivel freático, etc.

## PROPIEDADES

Sellasil R tiene como propiedades reaccionar en forma instantánea al mezclarse con el cemento, endureciéndolo en unos cuantos minutos. El tiempo de endurecimiento varía de acuerdo al estado y a la marca del cemento así como a la temperatura ambiente: a menor temperatura, mayor tiempo de reacción y viceversa.

IMPERMEABILIZA Y SELLA .

Modo de Empleo

---

1.- Colóquese guantes de hule para proteger las manos del contacto directo con el cemento y el SELLASIL R.

2.- Limpie la superficie por sellar dejándola libre de lama y partículas sueltas.

3.- Canalice el agua por medio de una manguera y empiece a sellar alrededor de esta.

4.- Agregue Sellasil R al cemento Portland tipo I y mézclelo inmediatamente hasta formar una masilla plástica con las manos, cuando la masilla de cemento sellasil R. Empiece a calentarse colóquese sobre la superficie por sellar y presione fuertemente hasta que esta empiece a endurecer.

#### DOSIFICACIÓN:

200 a 300 c c de Sallasil R por cada kg. de cemento, para obtener una masilla plástica.

#### PRESENTACIÓN:

Sellasil R se presenta en cubetas de 19 litros y tambores de 200 lts netos al envasar.

#### NOTA:

El cemento por usar deberá ser cemento fresco, no hidratado ya que esto afectaría la velocidad de endurecimiento.

En caso de retardo, cambiar el cemento por cemento fresco.

---

---

#### IV . 11 MORTERO TAPAFUGAS DE ENDURECIMIENTO INSTANTÁNEO (AQUAPLUG Y SELLOTEX).

##### DESCRIPCIÓN

Mortero hidráulico de fraguado instantáneo para obturar fugas de agua ó filtraciones tanto en muros, paredes, pisos y superficies de concreto en general.

Es un mortero expansivo fácil de utilizar ya que humedeciéndolo con agua limpia, inicia su endurecimiento de inmediato, lo cual permite taponear todo tipo de filtraciones aún contra fuerte presión de agua. Su fraguado puede alterarse ligeramente dependiendo del agua utilizada en la mezcla. El AQUAPLUG presenta un fraguado promedio de 3 a 5 minutos, aún bajo el agua. Durante dicho fraguado presenta un ligero calentamiento indicador de endurecimiento sin que éste sea excesivo ó peligroso.

No es tóxico ni ataca la piel por lo que no se necesita protección especial para su aplicación. Solamente cuando el operario vaya a trabajar varias horas seguidas con el material se recomienda utilizar guantes para evitar irritaciones ocasionadas por el cemento.

El AQUAPLUG no se contrae, ya que se expande mientras fragua; además como no es metálico no presenta oxidación ó desprendimiento inclusive en inmersión continua.

Una vez fraguado el AQUAPLUG se integra a la estructura donde se colocó ofreciendo una resistencia mecánica igual ó mayor al resto de la estructura. Su dureza mejora aún al permanecer en contacto continuo con agua.

El AQUAPLUG rellena y sella todo tipo de grietas y filtraciones en muros, pisos y estructuras de cemento y concreto, dando una protección y duración igual a la de la estructura en que se aplique. Es la opción ideal para detener filtraciones de agua en muros de concreto, tabique, túneles, pozos, chaflanes, cubos de ascensores, minas represas, cisternas, desagües, albercas y estanques.

##### VENTAJAS

---

---

Detiene el agua de inmediato

No se contrae, expande mientras fragua

Fragua de 3 a 5 minutos dependiendo de la temperatura del agua

No es tóxico, ya que no contiene aditivos ni catalizadores

Fragua bajo el agua y resiste fuertes presiones hidrostáticas negativas

#### PRESENTACIÓN:

Envases conteniendo polvo listo para humedecerse con agua y aplicarse.

CUBETA de 25 kg.

TARRO de 5 kg.

#### USOS:

Obturación de fugas de agua, taponamiento instantáneo de filtraciones, sellamiento de grietas, fisuras y rajaduras en cemento y concreto. Para efectuar sellado perimetral en sótanos, albercas, tanques de almacenamiento, silos y cisternas. Muy adecuado para anclajes industriales de pernos, clavijas, varillas, tubos y material de fierro en estructuras de concreto

#### APLICACIÓN:

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.- La grieta ó fisura donde se va a aplicar el material deberá ampliarse por lo menos a 2 cm; de ancho y profundidad, de preferencia en forma diagonal para que la abertura sea mayor que la grieta en si. Limpie con cepillo de alambre polvo, sobrantes y suciedades.

---

## RECOMENDACIÓN PARA AMPLIAR UNA FISURA



MAL



BIEN



EXCELENTE

**PREPARACIÓN DEL MATERIAL.-** Coloque la cantidad de material que utilizará de preferencia en una pequeña vasija cóncava (la mitad de una pelota de hule hueca es ideal). Humedezca con agua limpia el material, sin agitarlo ni mezclarlo excesivamente para evitar un fraguado en falso. Sólo prepare la cantidad de material que pueda aplicar en 3 min.

**FORMA DE APLICACIÓN.-** Al material humedecido se le dará forma de cono para introducirlo en la grieta esperando que se caliente levemente; en ese momento con la mano coloque el AQUAPLUG de arriba hacia abajo en la hendidura, y mantenga la presión constante durante un minuto aproximadamente. También se podrá humedecer el material y colocarlo en una paleta de madera ó en la superficie para manejar el producto. Con una cuchara de albañil y espátula recoger el material y colocarlo en grieta ó fisura y emparejarlo.

**ACABADO.-** Una vez fraguado el material, raspe el restante de AQUAPLUG con espátula eliminando mermas y dejando una superficie pareja. Recuerde que dicho raspado se efectuará tan pronto fragüe el material, y no después, ya que el material endurece muy rápido y dificulta su emparejado.

## SELLOTEX

Recubrimiento cementoso impermeable para proteger muros, paredes, y pisos contra el paso del agua, surgimiento de humedades y afloración de salitre.

---

SELLOTEX penetra en los poros de mortero, concreto y mampostería impermeabilizando la superficie tratada. Su capacidad de sellado y adherencia es tan alta que resiste satisfactoriamente las presiones positivas de agua ejercidas por el nivel freático, formando parte monolítica de la estructura tratada después de aplicado. Por estas características, se recomienda su uso en cisternas, albercas, cimentaciones, túneles, alcantarillado, sótanos, etc.

#### VENTAJAS:

Debido a su durabilidad resulta mucho más económico que cualquier otro sistema.

Decora e impermeabiliza a la vez integrándose a la estructura, resistente a la lluvia ácida.

Soporta presiones hidrostáticas positivas y negativas.

Respira mientras fragua (28 días) evitando almacenamiento de vapores, abolsamientos ó desprendimiento.

No es tóxico, no contamina, ni motiva el surgimiento de microorganismos, resultando así ideal su utilización en depósitos de agua potable.

Combate la afloración de salitre.

Cualquier pintura aplicada 48 horas después sobre una base de SELLOTEX dura el doble que sin ella.

#### PRESENTACIÓN:

Bolsas conteniendo 25 kg. De polvo listo para mezclarse con 8 lts de agua y aplicarse con cepillo o brocha de cerda.

#### USOS:

Para impermeabilizar y decorar tanto en interiores como exteriores, en presencia de presiones negativas de agua, superficies porosas de concreto, mortero y mampostería.

Las tonalidades ofrecidas en decorativos incluyen gris, blanco, azul, crema, miel marfil, rojo, salmón, durazno, rosa, y verde.

---

## APLICACIÓN:

**PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.**- La superficie deberá rasquetearse enérgicamente con cepillo de alambre, abriendo el poro para mejorar la integración del SELLOTEX, y eliminando así astillas, arenas, pintura ó suciedad existente. Se podrá limpiar utilizando una solución de ácido muriático al 10% y humedeciendo la superficie antes de realizar la aplicación del impermeabilizante.

**PREPARACIÓN DEL MATERIAL.**- El SELLOTEX deberá mezclarse perfectamente con agua limpia, durante 3 a 5 minutos, en relación de 3 kg. de material por litro de agua (8 lts. de agua por bolsa de SELLOTEX), en cualquier recipiente limpio (verter el material en un recipiente conteniendo el agua determinada y mezclar). La mezcla deberá efectuarse de preferencia con equipo mecánico; en el caso de elaboración manual, deberá vigilarse la completa hidratación del producto evitando la aparición de grumos ó aire atrapado. En ambos casos recomendamos dejar reposar la mezcla 1 minuto para liberar el aire atrapado. Nunca prepare material que no pueda utilizarse en la siguiente media hora ya que puede researse la mezcla y perder algunas propiedades; así mismo, en condiciones extremas, recomendamos reagitar la mezcla cada 10 a 15 minutos (sin agregar más agua) para incrementar el tiempo de utilización del material.

**FORMA DE APLICACIÓN.**- El SELLOTEX se aplica con brocha ancha de fibra de ixtle ó cerda y/o cepillo de ixtle de mango largo para mejorar su rendimiento. En casos especiales podrá aplicarse el acabado con SELLOTEX por aspersión, utilizando una tirolera neumática y un compresor a 20-30 psi. En la primera mano se recomienda obtener un rendimiento apróx. De 1.2 kg./m<sup>2</sup> y en la segunda mano de 0.8 a 1.0 kg./m<sup>2</sup>. dejando pasar 24 horas de una mano a otra. Si durante la aplicación del SELLOTEX se observa que el material se "Tironea", vuelva a humedecer la superficie y continúe con la aplicación. Acabados de yeso se deberán aplicar 5 días después de terminado el sistema, no así aplanados de mortero que podrán aplicarse 12 a 24 horas después.

**ACABADO.**- Al terminar la aplicación de cada capa, y habiendo fraguado el material al tacto (cambio de color), convienen rociar con agua el producto tantas veces como sea necesario, especialmente en climas calurosos y secos. Si desea una superficie más tersa utilice una esponja húmeda para eliminar irregularidades en el acabado, o bien, alisar con llana. El material es tan versátil que puede adoptar formas convencionales dadas con brocha, cepillo, rodillo, e inclusive tipo tirol planchado.

---

#### IV . 12 JUNTAS CONSTRUCTIVAS

Debido a la gran cantidad de **filtraciones** presentadas en las uniones de los muros estructurales en el cajón, tramo o estación por ordenes de la DGCSTC, se empezó a implementar una junta de unión de Cloruro de Polivinilo (PVC) esto con el fin de poderlas disminuir y controlar.

Esta banda de PVC presenta las siguientes características:

-22.86 cm de ancho

-Uso rudo

-Estriada con bulbo central

-Se colocará antes del colado en losas de fondo, de techo y en muros estructurales del cajón del metro.

-La prueba de temperatura de fragilidad se realizará a 236 K (-37° C) dentro de la cuál no debe observarse ninguna señal de falla como agrietamiento ó astillamiento.

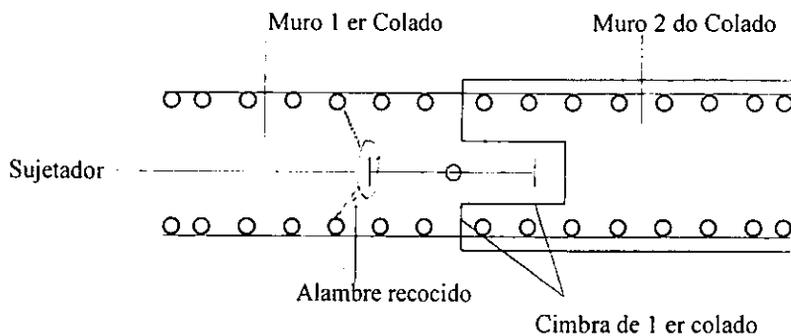
Para su colocación se usara cimbra metálica fabricada con las características que se muestran y se pondrá en la buña que existe en la cimbra con la finalidad de poderla manejar sin que se presenten dobleces.

Una vez colocada la cimbra de P V C en la frontera del elemento que se pretende colar, la parte de la banda que queda libre en la cimbra está lista para colocar en el siguiente muro estructural, rigidizándola por el método de el alambre de acero recocido y separador de plástico fig. 21.

La unión entre bandas deberá ser termosoldado, debiendo quedar sin bolsas de aire, ni huecos, ni rupturas, para así obtener una unión impermeable.

1 er ETAPA: Fijar la banda de P V C de acuerdo al procedimiento de colocación correspondiente. Cimbrar y colar la primera parte del elemento.

---



2 da ETAPA: Retirar cimbra, fijar el extremo libre de la banda de P V C de acuerdo al procedimiento correspondiente. Colar 2 da parte del muro.

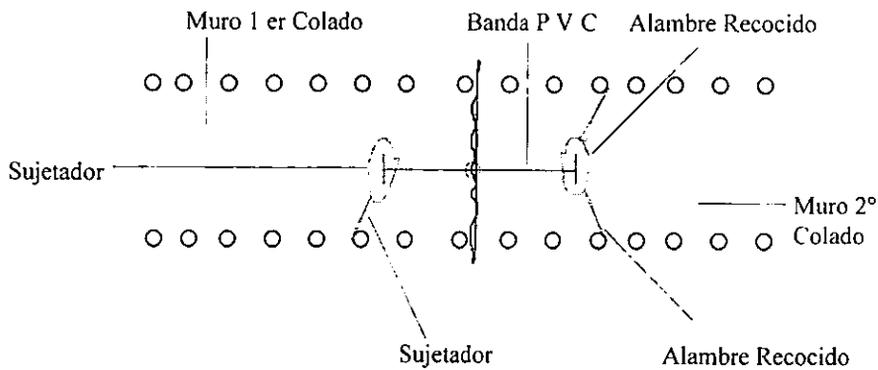


FIG. 21

---

#### IV. 13 OTROS PRODUCTOS UTILIZADOS

##### MORTERO AM 9

El AM 9 es un gel de pequeña resistencia (siempre inferior a  $1 \text{ kg./cm}^2$  aún en su máxima concentración) pero muy elástico. Puede soportar de manera perfectamente reversible deformaciones de más del 40 %.

De la hidratación del grupo nitrilo del ácido cianhídrico, se obtiene la acrilamida o AM 9. Como consecuencia de su origen, el empleo del AM 9 en obra **quedo prohibido en el STC por los años 60 y 70s**. Es necesario adoptar alguna precaución y proporcionar a los obreros, guantes, gafas y trajes especiales.

El AM 9 se emplea diluyéndolo en agua. La concentración a emplear puede variar del 3 al 10 %. Para provocar la polimerización es necesario un catalizador graduado.

A consecuencia de esta fuerte dilución, el mortero alcanza una viscosidad de 3 a 4 centipoises: es decir, un poco más que el agua. Es una gran ventaja, porque puede afirmarse que el mortero AM 9 puede penetrar por todos los lugares donde el agua circule.

Otra ventaja es que esta viscosidad permanece constante hasta el momento del fraguado, mientras que con el gel de sílice aumenta desde la confección de la mezcla. La presión de inyección permanece constante y el peligro de romper el terreno queda bastante reducido.

El tiempo de fraguado es perfectamente regulable, desde unos minutos hasta varias horas. Se fija sobre la dosificación o sobre la naturaleza de los catalizadores. Para esta regulación hay que tener en cuenta la temperatura del mortero, del pH del mismo ambiente y de la contaminación por los metales o el oxígeno.

El sólido obtenido después del fraguado del mortero, es perfectamente elástico, incluso para grandes deformaciones, contrariamente a los geles de sílice. Su módulo de elasticidad varía de  $0.1$  a  $0.4 \text{ kg./cm}^2$  según la dosificación del catalizador. La resistencia a la rotura de una arena inyectada depende de la granulometría de ésta. Si es grande será de unos  $7 \text{ kg./cm}^2$  con una solución de 10% de AM 9. Esta resistencia varía en el mismo sentido que la dosificación en AM 9.

---

---

Se observará, que aún con una dosificación del 10%, que corresponde a un mortero de precio muy elevado, la resistencia es claramente inferior a la que dan los geles rígidos de silicato de sodio. La técnica de empleo de estos morteros no es la misma.

Aprovechando la elasticidad del producto podría mezclarse con un polvo fino, bentonita, arcilla o arena muy fina, por ejemplo, con objeto de realizar cuerpos elásticos, a la vez económicos y resistentes. Estos cuerpos pueden servir para la confección de juntas o para inyección de fisuras producidas en obras de arte.

El producto AM 9 es muy conocido, proporcionando morteros impermeabilizantes para medios muy poco permeables, pero estos casos son excepcionales, porque tales medios no tienen necesidad de ser inyectados.

#### SINKO-FLEX waterstop (RETEX)

Es un sellador plástico preformado, especialmente formulado a base de asfaltos modificados y aditivos químicos, para proporcionar un enlace impermeable y duradero en juntas frías entre concreto fresco y curado.

Esta diseñado como una práctica alternativa para sustituir las bandas convencionales de PVC utilizadas comúnmente en juntas frías, en cimentaciones, tanques de agua, plantas potabilizadoras, cisternas, canales de concreto, en túneles del metro, y todo tipo de concreto sujetos a presiones hidrostáticas positivas y negativas.

Para llevar a cabo su función de sellado solamente requiere de su instalación adecuada en la junta fría originada entre concreto curado y concreto fresco. Además, por su facilidad de manejo y rapidez de instalación, reduce los altos costos de instalación hasta un 30%.

El sellado impermeable de la junta fría se realiza mediante la fusión del sellador con el concreto fresco durante el proceso de calor de hidratación y curado. Su plasticidad y moldeabilidad garantizan el sellado permanente de la junta fría a pesar de cambios de temperatura, inmersión constante, e inclusive ante la presencia de fisuras en la junta.

Resiste satisfactoriamente el ataque de ácidos, álcalis y gases de ácido sulfhídrico durante la vida de la estructura de concreto.

---

---

#### IV.14 PRESUPUESTO DE TRABAJOS EJECUTADOS ( ESTIMACIÓN)

La naturaleza del subsuelo plantea dificultades, como es el caso de las paredes, que tienden a ser inestables porque la presión del agua que se presenta por el lado positivo, aunado al peso de las construcciones aledañas ocasionan grietas en los muros provocándose así filtraciones.

Estas son controlables por medio de procedimientos y técnicas que mencionamos en capítulos anteriores y al dársele solución se generan gastos de trabajos ejecutados, estos gastos se traducen en estimaciones que a mas tardar se presentarán por el contratista al S.T.C. por periodos de 15 días acompañados de la documentación que acredite la procedencia de su pago.

Las estimaciones por trabajos ejecutados deberán pagarse por parte del S.T.C. bajo su responsabilidad , dentro de un plazo no mayor a treinta días naturales, contados a partir de la fecha en que las hubiere recibido (autorizado) el residente de supervisión de la obra que se trate.

Las diferencias técnicas o numéricas pendientes de pago se resolverán, y en su caso, incorporarán en la siguiente estimación, hasta concretar su pago completo.

Para tener una mejor visión de esto observemos la siguiente estimación producto de trabajos realizados en un periodo comprendido del 16 de Agosto al 31 de Agosto de 1998; veremos que esta conformada por las siguientes partes:

- 1.- Facturas.
  - 2.- Recibo.
  - 3.- Estimación.
  - 4.- Estado de cuenta del contrato.
  - 5.- Precios ( P.U.).
  - 6.- Generadores de Obra Ejecutada.
-

ESTA TESIS NO DEBE  
OPR DE LA BIBLIOTECA



bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

tel. 516-2704  
516-7546  
fax. 516-7908

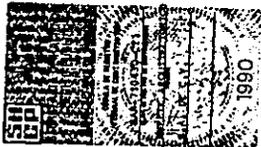
arquitectos 21 - 2o. piso, col. escandón. deleg. miguel hidalgo c.p. 11800 méxico, d.f.

CLIENTE		FACTURA	
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO		Nº	415
DELICIAS N°. 67		COL. CENTRO	C.P.: 06070
LUGAR DE EXPEDICION		FECHA	R.F.C. DEL CLIENTE
MEXICO D.F.		09-Oct-98	STC-670419-QY1
PEDIDO			

CONTRATO N°.	DOMIL GLD 053/98
OBRA	TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES EN ESTACIONES E INTERESTACIONES DE LINEA 6.
PERIODO DE EJECUCIÓN	DEL 16 DE AGOSTO AL 31 DE AGOSTO DE 1998.
ESTIMACION	90 % DE LA ESTIMACIÓN UNICA.
IMPORTE DE LA ESTIMACIÓN	\$ 39,109.91
I.V.A.	\$ 5,866.49
TOTAL	\$ 44,976.40
MEÑOS DEDUCCIONES	\$ 1,368.85
NETO A RECIBIR	\$ 43,607.55

(\*\* CUARENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS SIETE PESOS 55/100 M.N. \*\*)

Arq. MANUEL MEDINA JARA.  
bufete arquitectónico, s. a. de c. v.



REG. FED. DE CONT. BAR-710410-CT1  
 CED. EMPADRONAMIENTO 663998  
 C. N. I. C. 6959  
 REG. S.P.P. 76866  
 REG. D.G.O. UNAM 817/624  
 REG. S.T.C. METRO 034  
 I.M.S.S. B 18-13374-10  
 INFONAVIT 09 101649-1

IMPRESOS SOCIALES Y COMERCIALES VD  
 YOLANDA MERCEDES GONZALEZ FALCON  
 R.F.C. GOFY-400815-V3  
 AV. JOSE MARTI No. 61-B COL. ESCANDON  
 TEL. 515-90-44  
 AUT. SECAN D.O.F. 30 DE OCTUBRE DE 1992

LA REPRODUCCION NO AUTORIZADA DE ESTE COMPROBANTE CONSTITUYE UN DELITO EN LOS TERMINOS DE LAS DISPOSICIONES FISCALES



# bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

Pagada 3/Nov/98

tel. 516-2704  
516-7546  
fax 516-7908

arquitectos 21 - 2o. piso, col. escandón. deleg. miguel hidalgo c.p. 11800 méxico, d.f.

CLIENTE		FACTURA	
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO		Nº 415	
DELICIAS N.º 67 COL. CENTRO		C.P.: 06070	
LUGAR DE EXPEDICIÓN		FECHA	
MEXICO D.F.		09-Oct-98	
		R.F.C. DEL CLIENTE	
		STC-670419-QY1	

CONTRATO N.º.	DOMIL GLD 053/98
OBRA	TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES EN ESTACIONES E INTERESTACIONES DE LINEA 6.
PERIODO DE EJECUCIÓN	DEL 16 DE AGOSTO AL 31 DE AGOSTO DE 1998.
ESTIMACION	90 % DE LA ESTIMACIÓN UNICA.
IMPORTE DE LA ESTIMACIÓN	\$ 39,109.91
I.V.A.	\$ 5,868.49
TOTAL	\$ 44,978.40
MENOS DEDUCCIONES	\$ 1,368.85
NETO A RECIBIR	\$ 43,607.55

(\*\* CUARENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS SIETE PESOS 55/100 M.N. \*\*)

*[Handwritten Signature]*  
13/10/98

*[Handwritten Signature]*  
Arq. MANUEL MEDINA JARA  
bufete arquitectónico, s. a. de c. v.



REG. FED. DE CONT. BAR-710430-CTI  
 CED. EMPADRONAMIENTO 663998  
 C. N. 1 C. 6859  
 REG. SPP 76866  
 REG. D.G.O. UNAM 811/624  
 REG. S.T.C. METRO 034  
 I.M.S.S. B 18-13374-10  
 INFONAVIT 09 104649-1

IMPRESOS SOCIALES Y COMERCIALES 100  
 YOLANDA MERCEDES GOMORA FALCON  
 R.F.C. COPY-600825-103  
 AV. JOSE MARTI No. 61-B COL. ESCANDON  
 TEL. 515-90-84  
 AUT. SEGUN D.O.F. 30 DE OCTUBRE DE 1992

LA REPRODUCCION NO AUTORIZADA DE ESTE COMPROBANTE CONSTITUYE UN DELITO EN LOS TERMINOS DE LAS DISPOSICIONES FISCALES

# bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

telef.: 516-2704

516-7546

fax: 516-7908

arquitectos 21 - 2o. piso col. escabón deleg. miguel hidalgo c.p. 11800 méxico, d.f.

## RECIBO

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO "METRO"  
PRESENTE:

### REGISTROS

R.F.C.: BAR-710400-CT1

I.M.S.S.: B18 13374 10

INFONAVIT: 19 104649

FECHA: 09-Oct-98

**BUENO POR: \$ 43,607.55**

**RECIBI:** DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO "METRO" LA CANTIDAD DE:  
\$ 43,607.55 (\*\* CUARENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS SIETE PESOS 55/100 M.N. \*\*)  
RELATIVO AL 90% DE LA ESTIMACION UNICA DEL CONTRATO No. DOMIL-GLD-953798, POR CONCEPTO DE TRABAJOS  
DE TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES EN ESTACIONES E INTERESTACIONES DE LINEA 6., CON UN PERIODO DE  
EJECUCION DEL 16 DE AGOSTO AL 31 DE AGOSTO DE 1998.

IMPORTE DE LA ESTIMACION	\$ 39,109.91
I.V.A. 15%	\$ 5,666.49
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 44,976.40</b>

(\*\* CUARENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y SEIS PESOS 40/100 M.N. \*\*)

DEDUCCIONES	
2.0 % SERVICIO DE AUDITORIA	\$ 782.20
1.5 % SUPERVISION S.T.C.	\$ 580.65
<b>SUMA DE DEDUCCIONES</b>	<b>\$ 1,368.85</b>
<b>NETO A RECIBIR</b>	<b>\$ 43,607.55</b>

(\*\* CUARENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS SIETE PESOS 55/100 M.N. \*\*)

  
ARQ. MANUEL MEDINA JARA  
bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

ING. FELIPE TAPIA LUGO  
ENCARGADO DE LA GERENCIA DE LINEAS 2,5 Y 6.

ING. NAHUM LEAL BARROSO.  
SUBGERENTE DE LINEAS 6 Y 6.

ARQ. LINO ARELLANO CEBALLOS.  
JEFE DEL DEPTO. DE MANTTO. DE INST.  
Y ADMON. DE RECURSOS DE L-6 Y 6.

ING. DANIEL CASTREJON ALEMAN.  
SUPERVISOR DEL S.T.C.

REC. FED. DE COPIE. MAR 27/04 00 CT1  
(10) (IMPRESION/ASIMETRIC) 00/1998  
C N E C 00/98  
20004  
REC. D. C. U. UNAM 01/06/24  
REC. S. T. C. METRO 014  
C N S S B 18 13374 10  
P. 09/09/98



# bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

arquitectos 21 - 2o piso cr. escandón deleg. miguel ástizgo c.p. 11520 méxico, d.f.

tera 516-2704

516-7543

fax 516-7000

## " ESTIMACION "

México, D.F., a 9 de Octubre de 1998.

### REGISTROS

R.F.C.: BAR-710430-CY1

L.M.S.S.: B18-13374-10

INFONAVIT: 18-104640

ESTIMACION UNICA QUE SE PRESENTA AL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO " METRO " DEL CONTRATO No. DOMIL-GLD-053798, POR CONCEPTO DE TRABAJOS DE TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES EN ESTACIONES E INTERESTACIONES DE LINEA 8, CON UN PERIODO DE EJECUCION DEL 18 DE AGOSTO AL 31 DE AGOSTO DE 1998.

Nº	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
1	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA BASILICA-DEP. 18 DE MARZO, CAD. 12+343 V-1, Fle. # 12, consistiendo en efectuar limpieza y preparación del área, para proceder al barnado y colocación colocación de niples y de esta manera Inyectar Uretano Flex de Pícosa.	FIL	3.00	1,507.49	4,522.47
2	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA BASILICA-DEP. 18 DE MARZO, CAD. 12+117 V-2, Fle. # 13, consistiendo en efectuar limpieza y preparación del área, para proceder al barnado y colocación colocación de niples y de esta manera Inyectar Uretano Flex de Pícosa.	FIL	2.00	1,432.06	2,864.12
3	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA BASILICA-DEP. 18 DE MARZO, CAD. 12+006 V-2, Fle. # 14, consistiendo en efectuar limpieza y preparación del área, para proceder al barnado y colocación colocación de niples y de esta manera Inyectar Uretano Flex de Pícosa.	FIL	1.00	1,090.77	1,090.77
4	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA BASILICA - DEP. 18 DE MARZO, CAD. 12+029 V-2, Fle. # 15, consistiendo en realizar limpieza y preparación de área para realizar el barnado y colocación de niples y de esta manera Inyectar Uretano Flex de Pícosa.	FIL	1.00	2,911.63	2,911.63
5	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Estación FERRERIA, ANDEN 1, ZONA " B ", Fle. # 18, consistiendo en realizar limpieza y preparación del área, para la colocación de niples y de esta manera Inyectar Uretano Flex de Pícosa.	FIL	1.00	1,371.81	1,371.81
6	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA BASILICA-DEP. 18 DE MARZO, CAD 12+319 V-1, Fle. # 24, consistiendo en efectuar limpieza y preparación del área, para proceder al barnado y colocación colocación de niples y de esta manera Inyectar Uretano Flex	FIL	1.00	4,334.40	4,334.40
				SUMA POR HOJA : \$	17,095.20
				ACUMULADO : \$	17,095.20



# bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

Carreteras 21 y 29, piso 04, escandón deleg. Miguel Alemán, C.P. 11800 México, D.F.

TEL: 515-1704  
515-7345  
FAX: 515-7005

Nº	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
7	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA BASILICA-OEP, 18 DE MARZO, CAD. 12+103 V-1, Fie. # 25, consistiendo en aplicar solotex en muro, de 2.00X2.30, en fronto ya ejecutado, cabe señalar que esto se hizo como un a prueba.	FL	1.00	590.84	590.84
8	Tratado y sellado de filtración, por canalización en Interestación FERRERIA-NORTE 45, CAD. 6+751 V-1, Fie. # 61, consistiendo en la fabricación de charolas, con lamina galvanizada, para canalizar filtración, aplicar vaporita y concluir con limpieza general.	FIL	1.00	1,588.08	1,588.08
9	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Estación FERRERIA, ANDEN 2, ZONA "C", Fie. # 63, consistiendo en realizar la preparación en niples para la Inyección de Uretano Flex de Picoso, y se concluyo con limpieza del área.	FL	1.00	933.63	933.63
10	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Estación FERRERIA, ANDEN 1, ZONA "A", JUNTO A LOCAL 8H, Fie. 64, consistiendo en realizar la preparación del área, para la inyección en niples de Uretano Flex.	FIL	1.00	2,402.81	2,402.81
11	Tratado y sellado de filtración, por canalización en Interestación FERRERIA - NORTE 45, CAD. 7+085 V-2, consistiendo en calafatear, para cubrir canalización con tubo de PVC a 1/2 caña, y concluyendo con la limpieza del área, Fie. # 73.	FIL	1.00	1,401.68	1,401.68
12	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Estación INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO, ANDEN 1, ZONA CENTRAL, Fie. # 77, consistiendo en realizar preparación del área, para la inyección en niples de Uretano Flex de Picoso, y concluyendo con limpieza general.	FL	1.00	1,323.00	1,323.00
13	Tratado y sellado de filtración, por canalización en Interestación FERRERIA - NORTE 45, CAD. 7+089 V-2, consistiendo en calafatear, para cubrir canalización con tubo de PVC a 1/2 caña, y fabricación de charolas con lamina galvanizada para canalizar, y concluir con limpieza, Fie. # 78.	FL	1.00	2,364.61	2,364.61
14	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Estación INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO, ANDEN 2, ZONA CENTRAL, JUNTO A GALERA DE VENTILACION, consistiendo en retirar falsas adherencias, realizar limpieza y preparación para inyectar Uretano Flex de en niples, Fie. # 79.	FL	5.00	1,803.64	9,018.20
15	Tratado y sellado de filtración, por canalización en Interestación FERRERIA - NORTE 45, CAD. 8+545 V-1, consistiendo en retirar recubrimiento en mal estado, laminas, para canalizar con tubo de PVC a 1/2 caña, calafateado y concluir con limpieza, Fie. # 80.	FIL	1.00	2,773.17	2,773.17
SUMA POR HOJA : \$					22,697.62
ACUMULADO : \$					39,992.62



# bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

tele.: 516-2704  
516-7536  
fax: 516-7375

arquitectos 21-26, piso col. escarabón deleg. Miguel Alemán cp. 11600 México d.f.

N°	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	
16	Tratado y sellado de filtración, por canalización en Intersección FERRERIA - NORTE 45, CAD. 6+54S V-1, consistiendo en retirar falsas adherencias y fabricar charoles con lámina galvanizada calibre 24, para canalizar y concluir con limpieza general, Fla. # 81.	FIL.	1.00	2,559.68	2,559.68	
17	Tratado y sellado de filtración, efectuando exclusivamente MANOBRAS, en las Intersecciones LA VILLA BASILICA - DEPORTIVO 18 DE MARZO, FERRERIA - NORTE 45, Y Estación INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO, cons. en acarreos y extracción de cascabe, llevándolo tiradero y se hizo limpieza general, Fla. MANOBRAS.	FIL.	1.00	902.95	902.95	
					IMPORTE:	43,455.45
					LVA:	8,518.32
					TOTAL:	49,973.77

(= CUARENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS SETENTA Y TRES PESOS 77/100 M.M. =)

  
 ARQ. MANUEL MEDINA JARA  
 bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

\_\_\_\_\_  
 ING. FELIPE TAPIA LUGO  
 ENCARGADO DE LA GERENCIA DE LINEAS 2,5 Y 6.

\_\_\_\_\_  
 ING. NAHUM LEAL BARROSO.  
 SUBGERENTE DE LINEAS 6 Y 8.

\_\_\_\_\_  
 ARQ. LINO ARELLANO CEBALLOS.  
 JEFE DEL DEPTO. DE MANTENIMIENTO DE  
 INST. Y ADMINISTRACION DE REC. L-4 Y 6.

\_\_\_\_\_  
 DIRECCION GENERAL DE  
 MANTENIMIENTO DE INST. Y  
 EQUIPOS

# bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

tel: 516-2704

516-7546

fax: 516-7908

arquitectos 21 - 2o. piso col. escandón deleg. miguel hidalgo c.p. 11800 méxico, d.f.

## ESTADO DE CUENTA DEL CONTRATO

CONTRATO No. DOMIL. GLD 083/98

IMPORTE DEL CONTRATO CON I.V.A. \$ 50,000.00

MONTO DE LA ESTIMACION

\$ 44,978.40 AL 60% DE LA ESTIMACIÓN UNICA.

TOTAL ESTIMADO: \$ 44,978.40

SALDO POR ESTIMAR: \$ 5,021.60

CIUDAD DE MEXICO, D.F. A 09 DE OCTUBRE DE 1998.

---

ARQ. MANUEL MEDINA JARA.

bufete arquitectónico, s. a. de c. v.

---

ING. FELIPE TAPIA LUGO

ENCARGADO DE LA GERENCIA DE LINEAS 2,5 Y 6.

---

ING. NAHUM LEAL BARROSO  
SUBGERENTE DE LINEAS 5 Y 6.

---

ARQ. LINO ARELLANO CEBALLOS.  
JEFE DEL DEPTO. DE MANTENIMIENTO DE  
INST. Y ADMINISTRACION DE REC. L-1.

---

ING. DANIEL CASTREJON ALEMAN.  
SUPERVISOR DEL S.T.C.

REC. FED. DE CONT. BAR 219410 CT1  
(E) IMPALBROCAMIENTOS AG. 1976  
C. M. L. C. 6058  
REC. M. M. 7616A  
D.F. ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )  
REC. S. T. C. MEXICO 014  
E. M. S. A. N. 38 11174 10



SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN  
LICITACION Y COSTOS DE OBRA PUBLICA.

LIQPIEZA DE CHAROLAS . TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES Y MANTENIMIENTO ELECTRICO

M A Y O 8 8

CONCEPTO	UNIDAD	P.U.
<b>MATERIALES</b>		
ABRAZADERA DE UNA DE 1 1/2" Ø	PZA	2.77
ABRAZADERA DE UNA DE 1" Ø	PZA	1.33
ABRAZADERA DE UNA DE 2"Ø	PZA	3.36
ABRAZADERA SIN FIN DE 3" Ø	PZA	7.10
ABRAZADERA SIN FIN DE 4" Ø	PZA	8.76
ACELERANTE URETANO FLEX DE PYCOSA	LT	256.87
ACEITE DORADO PEMEX	LT	24.31
ACETILENO	KG	91.22
ACETONA	LT	24.73
ADHECON DE PROCONSA	LT	29.02
ALAMBRE GALVANIZADO	KG	16.71
ALAMBRE RECOCIDO	KG	7.98
ALAMBRO DE 1/2"Ø	KG	7.24
ANCLA Y BALAZO HILTI EW6/20-12	JGO	4.73
ANGULO ESTRUCTURAL	KG	6.40
AQUA PLUG DE RETEX	KG	22.52
ARENA	KG	0.09
BALASTRA DE 21 W	PZA	97.15
BALASTRA DE 38 W	PZA	97.15
BALASTRA DE 75 W	PZA	100.55
BASE PARA FOTOCELDA	PZA	26.19
BASES S.L.	JGO	11.24
BITUFLEX DE PROCONSA	LT	8.48
CABLE DUPLEX No. 12 de CONDUMEX	M	10.80
CABLE SENCILLO No. 12 de CONDUMEX	M	2.87
CAL HIDRATADA	KG	0.59
CEMENTO BLANCO	KG	1.88
CEMENTO GRIS	KG	1.17
CINTA DE AISLAR PLASTICA	ROLLO	9.84
CINTA TEFLON DE 5 M	PZA	4.31
CINTA TESAMOLL 24.4 mm DE TESSA	M	4.24
CODO DE POLIDUCTO DE 1 1/2"Ø	PZA	8.89
CODO DE POLIDUCTO DE 2"Ø	PZA	11.19
CODO DE PVC SANIT. 1 1/2"Ø x 45°	PZA	5.13
CODO DE PVC SANIT. 1 1/2"Ø x 90°	PZA	4.20
CODO DE PVC SANIT. 2"Ø x 45°	PZA	6.39
CODO DE PVC SANIT. 2"Ø x 90°	PZA	4.31
CODO DE PVC SANIT. 4"Ø x 90°	PZA	9.39
CONEXIÓN RÁPIDA	USO/PZA	2.12
COPLÉ DE PVC SANIT. 1 1/2" Ø	PZA	2.64

CLORURO DE CALCIO

Kg

10.00



SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN  
LICITACION Y COSTOS DE OBRA PUBLICA.

LIMPIEZA DE CHAROLAS . TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES Y MANTENIMIENTO ELECTRICO  
M A Y O 9 8

CONCEPTO	UNIDAD	P.U.
COPELE DE PVC SANIT. 2" Ø	PZA	2.72
COPELE RAPIDO	USO/PZA	0.85
ESTOPA	KG	16.27
FESTER BLANC BLANCO de FESTER	LT	50.02
FESTER BLANC TERRACOTA de FESTER	LT	44.98
FESTER BOND de FESTER	LT	35.41
FESTER FLEX de FESTER	M2	2.67
FOCO DE 100 W	PZA	3.29
FOTOCELDA TORK	PZA	80.63
GRAVA	KG	0.09
INYECTOR PLASTICO DE PYCOSA	PZA	21.00
HIDROPRIMER de FESTER	LT	20.06
LADRILLO ROJO RECOCIDO	PZA	0.73
LAMINA DE FIBRA DE VIDRIO	M2	42.86
LAMINA GALVANIZADA C-18	M2	128.88
LAMINA GALVANIZADA C-20	M2	94.64
LAMINA GALVANIZADA C-22	M2	84.21
LAMINA GALVANIZADA C-24	M2	69.36
LAMINA GALVANIZADA C-26	M2	52.29
LIMPIADOR TOOL CLEANSER DE PYCOSA	LT	84.21
MANGUERA C/ALMA DE ACERO DE 3" Ø	M	246.28
MANGUERA C/ALMA DE ACERO DE 4" Ø	M	349.78
MICROSEAL 2F de FESTER	LT	11.98
NIPLE GALVANIZADO DE 10x150 mm Ø	USO/PZA	2.41
OXIGENO	M3	25.57
P.T.R.	KG	8.96
PATCH & PLUG de FETSER	KG	38.02
PEGAMENTO PARA PVC	LT	110.03
PIJA	PZA	0.59
PINTURA ACQUA 100 - BASICOS	LT	42.04
PINTURA ACQUA 100 - GRUPO 2	LT	63.64
PINTURA ACQUA 100 - GRUPO 3	LT	133.56
PINTURA ESMALTE 100	LT	33.61
PINTURA VINILICA VINIMEX	LT	29.91
PLACA DE 1/8" AL CORTE	KG	8.83
POLIDUCTO DE 1 1/2" DE Ø	M	6.87
POLIDUCTO DE 2" DE Ø	M	10.17
POLVO DE MARMOL	KG	0.79
REDUCCION BUSHING GALV. 13x10mm Ø	USO/PZA	0.10
REMACHE POP AM-58	PZA	0.29
RESINA STRATATHANE ST 512	LT	238.38
RESINA URETANO FLEX DE PYCOSA	LT	291.11
SELLACON "RB" de PROCONSA	LT	7.39
SELLOTEX GRIS de RETEX	KG	9.42
SOLDADURA E60-13 DE 1/8" Ø	KG	20.28

STITCH SEAL 5610 3H DE MEXICO CUBETA 19 Lts 285.97  
L.T.



SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN  
LICITACION Y COSTOS DE OBRA PUBLICA.

LIMPIEZA DE CHAROLAS , TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES Y MANTENIMIENTO ELECTRICO

M A Y O 9 8

CONCEPTO	UNIDAD	P.U.
SOLDADURA E70-18 DE 1/8" Ø	KG	21.01
SOLERA DE FIERRO	KG	5.79
THINNER	LT	6.66
TUBO DE PVC SANIT. DE 1½" Ø	M	6.68
TUBO DE PVC SANIT. DE 2" Ø	M	9.20
TUBO DE PVC SANIT. DE 4" Ø ECONOMICO	M	12.18
TUBO DE PVC SANIT. DE 4" Ø REFORZADO	M	33.09
TUBO S.L. DE 21 W	PZA	22.91
TUBO S.L. DE 38 W	PZA	21.00
TUBO S.L. DE 55 W	PZA	26.62
TUBO S.L. DE 75 W	PZA	21.23
VALVULA DE GLOBO DE ½" Ø	USO/PZA	1.61
VAPORFLEX de PROCONSA	LT	11.71
VAPORTITE 550 DE FESTER	LT	21.69
XYPEX CONCENTRADO GRIS de FESTER	KG	65.76
<b>MANO DE OBRA</b>		
AYUDANTE FILTRACIONES	JOR	110.63
AYUDANTE CHAROLAS	JOR	110.63
AYUDANTE MANTTO. ELECT.	JOR	103.28
OF. ALBANIL FILTRACIONES	JOR	166.05
OF. HERRERO CHAROLAS	JOR	183.80
OF. PLOMERO CHAROLAS	JOR	183.80
OF. ELECT. MANTTO.ELECT.	JOR	166.05
TEC. APLICADOR FILTRAC.	JOR	203.35
CABO FILTRACIONES	JOR	189.77
CABO CHAROLAS	JOR	189.77
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>		
ANDAMIO TORRE DE 4 MTS.	RTA/DIA	25.50
BROCA DE 5/8 x 10 " PUNTA DE TUGSTENO	PZA/USO	8.28
BROCA DE 5/8 x 22 " PUNTA DE TUGSTENO	PZA/USO	10.41
BROCA DE 5/8 x 36 " PUNTA DE TUGSTENO	PZA/USO	34.36
CAMIONETA PICK-UP DE 1.5 TON:		
ACTIVA	\$/HR	68.44
INACTIVA	\$/HR	27.78
CAMIONETA ESTAQUITAS DE 3.5 TON:		
ACTIVA	\$/HR	73.15
INACTIVA	\$/HR	30.13



SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO  
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN  
LICITACION Y COSTOS DE OBRA PUBLICA.

LIMPIEZA DE CHAROLAS . TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES Y MANTENIMIENTO ELECTRICO

M A Y O 9 8

CONCEPTO	UNIDAD	P.U.
HERRAMIENTA Y EQUIPO		
DESTAPADOR KOLMAN		
ACTIVA	\$/HR	7.91
INACTIVA	\$/HR	3.16
EQUIPO DE CORTE OXIACETILENO:		
ACTIVA/INACTIVA	\$/HR	2.11
EQUIPO DE INYECCION DE RESINA:		
ACTIVA	\$/HR	8.01
INACTIVA	\$/HR	3.21
HERRAMIENTA DE MANO	%MO	3.00
HIDROBOMBA ELECTRICA 3500 PSI:		
ACTIVA/INACTIVA	\$/HR	3.38
PLANTA DE LUZ 5 KW:		
ACTIVA	\$/HR	6.56
INACTIVA	\$/HR	3.38
PISTOLA DE IMPACTO HILTY		
ACTIVA	\$/HR	4.49
INACTIVA	\$/HR	1.79
ROTOMARTILLO		
ACTIVA	\$/HR	2.45
INACTIVA	\$/HR	0.98
SOLDADORA 400 AMP. LINCOLN		
ACTIVA	\$/HR	35.89
INACTIVA	\$/HR	26.75

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CROQUIS Y LOCALIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACION
1-	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA BASILICA - DEPORTIVO 18 DE MARZO, CAD. 12+343 V-1, Fte. # 12, consistiendo en efectuar limpieza y preparación del área, para proceder a barrenado y colocación de niples y a esta manera inyectar Uretano Flex de Picoso.	FIL	<p>V-1 LA VILLA BASILICA - DEPORTIVO 18 DE MARZO                  CAD. 12+343, Fte. # 12</p> <p>Niples de Inyección                  Perforaciones de 5/8" a 45°                  Limpieza y preparación del Area</p> <p>MURO ESTRUCTURAL                  Grieta                  Area de Influencia                  MURO MILAN</p> <p>80                  10                  60</p>	3.00	

CONTRATISTA  
 BUFETE ARQUITECTONICO, S.A.

SUPERVISOR S.T.C.  
 ING. DANIEL CASTREJON A.









GERENCIA DE LINEAS 2, 5 Y 6  
 SUBGERENCIA DE LINEAS 5 Y 6  
 DEPTO. DE MANTTO. LINEA 6

GENERADORES DE OBRA EJECUTADA.  
 N°. DE CONTRATO: DOMIL GLD 053498  
 OBRA: TRATADO Y SELADO DE FILTRACIONES EN ESTACIONES E INTERESTACIONES EN LINEA 6  
 PERIODO DE EJECUCION: DEL 18 AL 31 DE AGOSTO 98

CIA.: BUFETE ARQUITECTONICO S.A DE C.V.  
 ESTIMACION N°. : 1  
 FECHA: 9-OCT-98 HOJA N°. : 6/17

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CROQUIS Y LOCALIZACION	CANTIDAD	OBSERVACION
6.	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA BASILICA - DEPORTIVO 18 DE MARZO, CAD. 12+319 V-1, Fte. # 24 consistiendo en efectuar limpieza y preparación del área, para proceder al barrenado y colocación de niples y de esta manera inyectar Uretano Flex de Picoso.	FIL	<p>V-1 LA VILLA BASILICA - DEPORTIVO 18 DE MARZO        CAD. 12+319, Fte. # 24</p>	1.00	

  
 CONTRATISTA  
 BUFETE ARQUITECTONICO S.A

SUPERVISOR S.T.C.  
 ING. DANIEL CASTREJON A.

GERENCIA DE LINEAS 2, 5 Y 6  
 SUBGERENCIA DE LINEAS 5 Y 6  
 DEPTO. DE MANTTO. LINEA 6

GENERALIZADORES DE OBRA EJECUTADA.

N°. DE CONTRATO : DOMIL GLD 053/98

OBRA : TRATADO Y SELLADO DE FILTRACIONES EN  
 ESTACIONES E INTERESTACIONES EN LINEA 6

PERIODO DE EJECUCION : DEL 18 AL 31 DE AGOSTO '98

CIA. : BUFETE ARQUITECTONICO. S.A. DE C.V.  
 ESTIMACION N°. : 1

FECHA : 9-OCT-98 HOJA N°. : 7/17

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CROQUIS Y LOCALIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACION
7.	Tratado y sellado de filtración, por inyección de Resinas, en Interestación LA VILLA B. - DEP. 18 DE MARZO, CAD. 12+103 V-1, Fte. # 25, consistiendo en aplicar sellotex en muro, de 2.00X2.30 en frente ya ejecutado, cabe señalar que esto se hizo como una prueba.	Fit.		1.00	

  
 CONTRATISTA  
 BUFETE ARQUITECTONICO, S.A.

SUPERVISOR S.T.C.  
 ING. DANIEL CASTREJON A.





















**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIÓN

El subsuelo fangoso del Valle de la Ciudad de México y las continuas precipitaciones pluviales ocasionan trastornos considerables a la operación del Metro, manifestándose en FILTRACIONES de sus estructuras, que de no atenderse oportunamente son susceptibles de afectar a los equipos electromecánicos y electrónicos del Sistema o disminuir la seguridad y confort del público usuario y de los trabajadores.

Las principales fuentes emisoras de agua, son los mantos freáticos que se encuentran en el terreno mismo, así como fugas existentes en tuberías de agua potable, y de drenaje en mal estado, las que en ocasiones y particularmente éstas últimas, pueden transportar desechos con presencia de hidrocarburos, situación, que puede ser verdaderamente peligrosa.

Con el Tratado y Sellado pretendemos que se logren controlar Filtraciones de 1440 l/min. es lo que en la actualidad se tiene contemplado que se filtra de agua hacia los túneles de Línea 6, esto considerando las infiltraciones del nivel freático, tuberías de agua potable y del drenaje de aguas negras.

Pero más que nada lo que se pretende lograr es que los edificios de los alrededores no presenten hundimientos considerables como son algunas casas y fabricas en Vallejo, la Antigua Basílica de Guadalupe, Avenidas como Ferrería que al hacer uso de esta, se detectan accidentes graves del terreno y mantenimientos de alto costo sin solución a corto plazo.

Tanto en el proceso constructivo como en el mantenimiento de los túneles ya concluidos el control de filtraciones tiene una serie de materiales y técnicas a utilizar en el mercado, los expuestos en estas notas tienen una eficiencia del 90%. El 100% es difícil de alcanzar ya que el suelo de la Ciudad de México padece de una gran inestabilidad.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Los hombres del metro  
Sistema de Transporte Colectivo Metro  
D.D.F. Promoción Comercial y Comunicación Social  
México. 1997.
  
- 2.- Notas sobre el diseño y construcción de cimentaciones en el Distrito Federal  
Raúl J. Marsal  
C.F.E.  
México, 1986.
  
- 3.- El subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el área Urbana del Valle de México.  
Simposio  
10 de Marzo de 1978  
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos
  
- 4.- Experiencias y posibilidades del muro Milán en la Ciudad de México  
Santoyo E, Rubio L y Hanhausen F (1989)  
Simposio: Construcción Especializada en Geotecnia  
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
  
- 5.- Experiencias en el uso de muros tablaestaca prefabricados y lodos fraguantes con ademe en excavaciones profundas.  
Ruelas S, Sánchez A y Rendón J. (1989)  
Simposio: Construcción Especializada en Geotecnia  
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
  
- 6.- Especificación general para eliminar las posibles filtraciones que se puedan presentar en el Metropolitano Línea B a través de los muros tablaestaca.  
Mecánica de Suelos  
COVITUR.
  
- 7.- Reunión Nacional de Mecánica de Suelos  
Casos historia en Mecánica de Suelos  
Zacatecas 92  
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C.

