



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACION  
INSURGENTES SUR, DE LA LINEA 12 DEL METRO, EN LA  
CIUDAD DE MEXICO”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

**EHECATL CABALLERO RODRÍGUEZ**

DIRECTOR DE TESIS: **ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO**



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# DEDICADA:

**Con amor a mis padres,  
por su apoyo incondicional, animo, compañía  
e infinita paciencia.**

**Con mucho orgullo a la UNAM  
por brindarme la gran oportunidad  
de ser y estar.**

**Con cariño y afecto a familiares y amigos  
por las experiencias y vivencias compartidas  
así como por su apoyo y grandes consejos.**

**Con respeto y aprecio a profesores y compañeros  
por ser parte de lo que soy y pilar de lo que seré.**

# Agradezco:

A la **Facultad de Ingeniería**

*por darme todo lo necesario para forjar un mejor futuro.*

A mi director de tesis, profesor, asesor y consejero

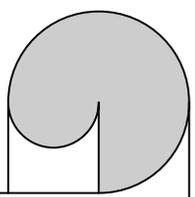
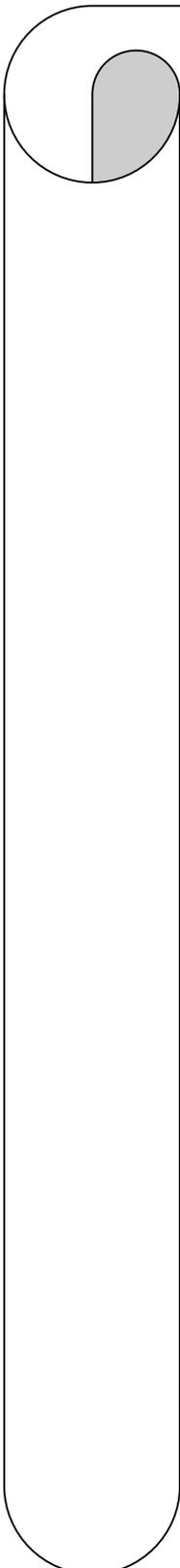
**Ingeniero Carlos Manuel Chavarri Maldonado**

*por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su gran capacidad y enorme experiencia en un marco de confianza, por sus amplios conocimientos, colosal guía, apoyos y consejos fundamentales para la concreción de este trabajo.*

A **Mis Profesores** que con sus vivencias y enseñanzas me dieron todo el conocimiento necesario para desarrollarme como profesionalista y como persona.

A **l PMDF** por mantener una política de puertas abiertas y de apoyo;

A **l Arquitecto José A. León Hernández Villaseñor**, quien me oriento y dio las bases para realizar este trabajo.



*Al **Ingeniero Antonio Escobedo Maciel**, que por su tiempo, dedicación,  
paciencia y conocimientos, fue posible la conclusión de esta Tesis.*

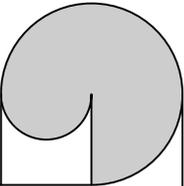
*Al **Ingeniero Efrén Ramírez Martínez**, por proporcionarme datos técnicos  
importantes.*

*A mis **Padres** que siempre me han apoyado y guiado en el difícil camino de la vida,  
gracias a ellos he llegado hasta aquí.*

*A mis **Abuelitas** quienes nunca me negaron nada y siempre me brindaron todo su amor;  
en donde quiera que se encuentren "Gracias".*

*A mi novia **Adriana Franco Rosas** por su apoyo incondicional,  
el cual fue fundamental para que pudiera realizar este logro.*

*A mis **Amigos** que son mi identidad, mi forma de ser,  
mi manera de ver y sentir el mundo pero sobre todo  
son el regalo mas valioso que he recibido sin dar a cambio nada más que mi gratitud.*



*Son muchas la personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo,*

*animo y compañía en las diferentes etapas de mi vida.*

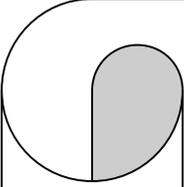
*Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón.*

*Sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi,*

*por todo lo que me han brindado ya que al final*

*soy la suma de todos aquellos que directa o indirectamente*

*han tocado mi vida de tantas maneras.*





# INDICE

**OBJETIVO.....002**

**I. INTRODUCCIÓN.....003**

1.1. ANTECEDENTES.....004

1.2. MÉXICO, D.F.....006

1.3. SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....009

**II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE LA LÍNEA 12.....014**

2.1. PARÁMETROS OPERATIVOS DE DISEÑO DE LA LÍNEA.....015

2.2. LÍNEA “DORADA”.....017

2.2.1. Talleres Tláhuac.....019

2.2.2. Estaciones.....022





2.2.2.1. Distribución de las estaciones.....022

    2.2.2.1.1. Estaciones de Paso.....023

    2.2.2.1.2. Estaciones de Correspondencia.....027

    2.2.2.1.3. Estaciones Terminales.....028

2.2.2.2. Cruces importantes.....030

2.2.2.3. Rubro de las instalaciones municipales.....031

2.2.3. Señalamiento.....032

2.2.4. Proyecto operativo.....033

**III. PROYECTO DE ESTACION INSURGENTES SUR.....035**

3.1. PARÁMETRO DE ANÁLISIS.....036

3.2. ESTACION INSURGENTES SUR.....037





3.3. CONSTITUCIÓN DEL TERRENO ESTRATIGRÁFICO.....039

**IV. CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACION INSURGENTES SUR DE LA LINEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD D MEXICO.....043**

4.1. TRAZO.....044

4.2. CONSTRUCCIÓN DE PILAS.....046

4.2.1. Diseño de pilas.....046

4.2.1.1. Capacidad de carga.....046

4.2.1.2. Análisis de estabilidad de falla general.....046

4.2.1.3. Longitud requerida de empotre.....047

4.2.1.4. Separación de pilas.....047

4.2.2. Cuadro de Revisiones.....051

4.2.3. Proceso constructivo de las pilas.....056





4.2.4. Inclinómetro en pila.....	<b>058</b>
4.2.4.1. Procedimiento de instalación de Inclinómetro.....	<b>059</b>
4.2.4.2. Consideraciones en la instalación del Inclinómetro.....	<b>060</b>
4.2.4.3. Frecuencia de lecturas en los Inclinómetros.....	<b>062</b>
4.3. PREVISIÓN PARA EL PASO DEL ESCUDO.....	<b>063</b>
4.3.1. Análisis de Estabilidad para el Tratamiento Geotécnico de Entrada y Salida de la Estación Insurgentes Sur, perteneciente a la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México.....	<b>063</b>
4.3.1.1. Estratigrafía del sitio.....	<b>064</b>
4.3.1.2. Análisis de estabilidad del terreno vecino a la ventana.....	<b>065</b>
4.3.2. Tratamiento Geotécnico de Entrada y Salida de la Estación Insurgentes Sur, perteneciente a la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México para el paso del escudo EPB.....	<b>071</b>
4.3.2.1. Procedimiento de sustitución de suelo por mezcla de suelo-cemento.....	<b>074</b>





4.4.	PROCESO DE EXCAVACIÓN Y CONCRETO LANZADO.....	075
4.5.	INSTRUMENTACIÓN, EN LA ESTACIÓN INSURGENTES SUR, DE LA LÍNEA 12 DEL METRO, DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....	079
4.5.1.	Control de movimientos en la superficie.....	079
4.5.1.1.	Líneas de colimación.....	079
4.5.1.2.	Referencias superficiales transversales al eje de trazo.....	082
4.5.2.	Palomas y plomos.....	084
4.6.	LOSAS.....	086
4.6.1.	Losa Tapa.....	088
4.6.1.1.	Memoria de cálculo de trabes “TV”.....	089
4.6.1.1.1.	Generalidades.....	089
4.6.1.1.1.1.	Descripción General.....	089





4.6.1.1.1.2. Criterios de análisis y diseño.....	089
4.6.1.1.2. Especificaciones.....	091
4.6.1.1.2.1. Materiales.....	091
4.6.1.1.2.2. Parámetros de diseño.....	091
4.6.1.1.2.3. Códigos y normas de diseño.....	092
4.6.1.1.2.4. Programas y ayudas.....	092
4.6.1.1.3. Cargas de diseño.....	093
4.6.1.1.3.1. Acciones permanentes.....	093
4.6.1.1.3.1.1. Zona de Mezzanine.....	093
4.6.1.1.3.1.2. Zona losa superior.....	093
4.6.1.1.4. Análisis y diseño trabes “TV”.....	096





4.6.2. Losa de Mezzanine.....	<b>098</b>
4.6.2.1. Firmes de Compresión Colados en Área de Mezzanine.....	<b>099</b>
4.6.2.1.1. Diseño de Alero.....	<b>099</b>
4.6.3. Losa de Fondo.....	<b>106</b>
4.6.4. Losa de Anden.....	<b>107</b>
4.7. MUROS.....	<b>108</b>
4.7.1. Muro Berlín.....	<b>108</b>
4.7.1.1. Diseño de Muro Berlín.....	<b>109</b>
4.7.1.2. Mecanismos de falla.....	<b>110</b>
4.7.1.3. Cálculo de las propiedades del prisma de suelo resistente.....	<b>111</b>
4.7.1.4. Calculo del factor de seguridad.....	<b>111</b>





4.7.1.5. Configuración de Muros Berlín.....113

4.7.2. Muros pantalla.....116

V. CONCLUSIONES.....122

*BIBLIOGRAFIA*.....125





OBJETIVO.



### **OBJETIVO.**

Describir el proceso de construcción de la estructura de la estación Insurgentes Sur de la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo METRO de la Ciudad de México a través de la recopilación y análisis de la información proporcionada por el PMDF (Proyecto Metro del Distrito Federal) para documentar tales procesos constructivos y de instrumentación debido al gran reto que ha representado la realización de este proyecto de grandes magnitudes.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN.



## I. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. ANTECEDENTES.

El hombre para su supervivencia tiene la capacidad de crear los elementos que cubran sus necesidades vitales, físicas y/o intelectuales, la necesidad y su satisfacción es el origen del desarrollo y creación de mecanismos para resolver la existencia de elementos que sirven para dar solución a los requerimientos del medio social en que se manifiesta mismos que siempre están condicionados materialmente y se desarrollan dependiendo de exigencias socialmente objetivas.

La relación del hombre con el entorno consiste, tanto en la adaptación como en el deseo de cambio. El participar en las comunidades y el tener acceso a las redes conforman dos modos de pertenecer a la ciudad.

La ciudad se concibe generalmente como un sistema de objetos y espacios distribuidos de forma que intenten solucionar una necesidad colectiva y que ejerzan determinadas funciones en una población específica.

La ciudad es un conjunto de territorios constituidos formalmente que comprenden una agrupación de personas y un espacio adoptado para alojarlas, este conjunto debe ser permanente y heterogéneo conformando por comunidades con identidades más o menos identificadas con su territorio.

La estructura en la ciudad se articula no sólo con la ordenación de las viviendas, sino también con la distribución del equipamiento, la jerarquía de los espacios y el uso de los elementos.



Cualquiera que sea la actividad preponderante de ésta siempre se subordina a las facilidades de desplazamiento de sus habitantes y de los recursos y mercancías que requieren para su subsistencia; la población se mueve entre sus casas y el trabajo, comercios escuelas o lugares de recreación. Las mercancías se mueven del lugar donde son producidas a los lugares de consumo, en este sentido las redes son un medio de intercambiar actividades.

Una de las funciones primordiales de la infraestructura es vincular entre sí a los asentamientos humanos y resolver las necesidades internas entre los mismos; dentro de ésta, la ubicación de cada elemento que la conforma no es casual ya que para su creación siempre se parte de un proceso de análisis y programación dando por resultado un sistema que establece relaciones funcionales entre todos los elementos que lo componen y los servicios que brindan a la población de tal modo que se logre un equilibrio social entre la demanda y la oferta.

El transporte por su naturaleza tiene una función geográfica dirigida a facilitar la relación del hombre con su territorio, una función económica ya que desplaza objetos hacia núcleos de producción o consumo así como mano de obra a sus centros de trabajo, una función política y estratégica al integrar distintos espacios físicos facilitando y fomentando las relaciones entre los diferentes ámbitos geográficos, una función de índole social y recreativa al actuar en el incremento de la libertad y movilidad de las personas infiriendo en el uso del tiempo de ocio, de la cultura, y del desarrollo de relaciones interpersonales, etc.

El hombre es un ser que cotidiana y habitualmente se transporta y transporta, las actividades y las comunicaciones presentan una relación mutua, las comunicaciones de personas y objetos se generan para conectar actividades. Las vías que vinculan al hombre con su medio son las calles, estas se conforman como los elementos estructuradores de la ciudad.

## 1.2. MÉXICO, D.F.

La **Ciudad de México** o **Distrito Federal** es la capital y sede de los poderes federales de los Estados Unidos Mexicanos, constituye una de sus 32 entidades federativas y forma con la Zona Metropolitana del Valle de México la aglomeración urbana más poblada de América y una de las más pobladas del mundo.



*Fig.1 – Ubicación del Distrito Federal.*

La Ciudad de México se ubica en el altiplano central, en la región conocida como la cuenca del valle de México, todas las sierras que lo conforman son de origen volcánico siendo este uno de los aspectos físicos que caracterizan a la misma cuenca.

Se fundó sobre el sitio que ocupó México- Tenochtitlán, sus edificaciones en un inicio fueron desplantadas en zona lacustre, en una isla de casi 11 km cuadrados de extensión rodeada por lagunas de poca profundidad.



Su superficie ocupa poco más de 1 400 km cuadrados, la décima parte de la cuenca de México. En 2010 vivían ahí más de 8 millones de habitantes, por lo que la capital es la segunda entidad federativa mexicana con mayor población, después del estado de México.

El territorio del actual Distrito Federal (DF) ha sido históricamente una de las zonas más pobladas de México. Hacia principios de la época independiente, la mancha urbana de la Ciudad de México se hallaba restringida más o menos a lo que hoy es la delegación Cuauhtémoc. A principios del siglo XX, cuando Porfirio Díaz gobernaba México, las élites del DF comenzaron una migración hacia el sur y el poniente. Pronto, pueblos como Mixcoac o San Ángel fueron convertidos en sitios de recreo o descanso por los miembros de las clases altas de la ciudad. La tendencia de las clases acomodadas a trasladar su residencia al poniente de la ciudad se reforzó a lo largo de todo el siglo XX.

En los terrenos que fueron ganados al lago a causa de la desecación de la cuenca, fueron habilitados nuevos fraccionamientos habitacionales llamados *colonias* con el propósito de dar cabida en ellas a los miembros de las clases medias y bajas. La primera de ellas es la que en la actualidad se conoce como Colonia Doctores, fundada hace un siglo con el nombre de Colonia de los Arquitectos. A ella siguieron otras como Obrera y Morelos (destinadas a la clase popular), y Roma y Juárez (ocupadas por la burguesía porfiriana).

En la década de 1950, el área urbana del DF comenzó a desbordarse del territorio de las delegaciones centrales hacia los terrenos desocupados de las delegaciones periféricas. En el transcurso de las décadas siguientes, la población de la Ciudad de México se multiplicó por dos en intervalos de veinte años más o menos. El crecimiento se explica por la alta concentración de la actividad económica industrial en el valle de México. Esta concentración estimuló la inmigración proveniente de los estados de la república, especialmente de estados pobres como Puebla, Hidalgo, Oaxaca y Michoacán.

Hacia la década de 1980, el DF era la entidad más poblada de la República Mexicana. Tras el sismo de 1985, buena parte de la población de las delegaciones más afectadas se fue a residir a las delegaciones del sur del DF. En 1990, la mancha urbana de la ciudad ocupaba una superficie mayor que en el censo anterior, con una población más reducida. A partir de entonces, el DF como entidad federativa únicamente ha dejado de ser la entidad más poblada de México.



**Fig.2 – Imagen de la Ciudad de México.**

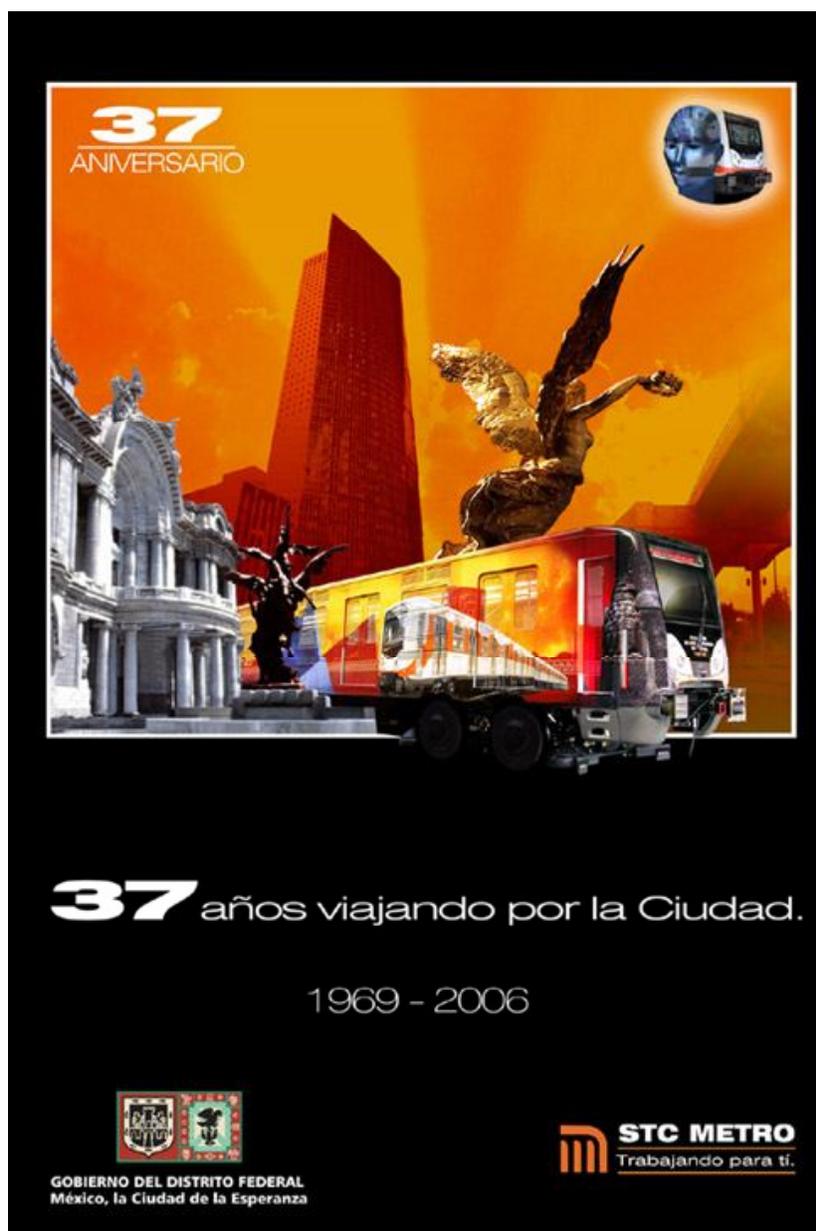
### 1.3. SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

El Metro de la Ciudad de México es un sistema de transporte público tipo tren pesado que sirve a extensas áreas del Distrito Federal y parte del Estado de México. Su operación y explotación está a cargo del organismo público descentralizado: Sistema de Transporte Colectivo (STC) mientras su construcción queda a cargo del organismo de la *Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal* llamado Proyecto Metro del Distrito Federal (PMDF). Se conoce coloquialmente como Metro por la contracción de tren metropolitano.



**Fig.3 - Imagen del Metro de la Ciudad de México.**

En 2006 ocupó el tercer lugar a nivel mundial en captación de usuarios al transportar a un promedio de 3,9 millones de pasajeros al día (en ocasiones superado por los metros de: Nueva York, Moscú y Tokio). También en ese año logró el quinto lugar a nivel mundial por la extensión de su red.



*Fig.4 - Poster 37 Aniversario STC METRO.*

El Metro de la Ciudad de México cuenta hasta ahora con 11 líneas. Cada línea tiene asignado un número y un color distintivo (números del 1 al 9 y las letras A, B). El parque vehicular está formado por trenes de rodadura neumática a excepción de la línea A que emplea trenes de rodadura férrea. La extensión total de la red es de 201,388 kilómetros y posee un total de 175 estaciones de las cuales: 112 son de paso, 41 de transbordo y 22 terminales (11 de las terminales son de transbordo). El metro está construido de forma subterránea, superficial y viaducto elevado: 106 estaciones son subterráneas, 53 superficiales y 16 en viaducto elevado. 164 estaciones se encuentran en la Ciudad de México y 11 en el Estado de México.

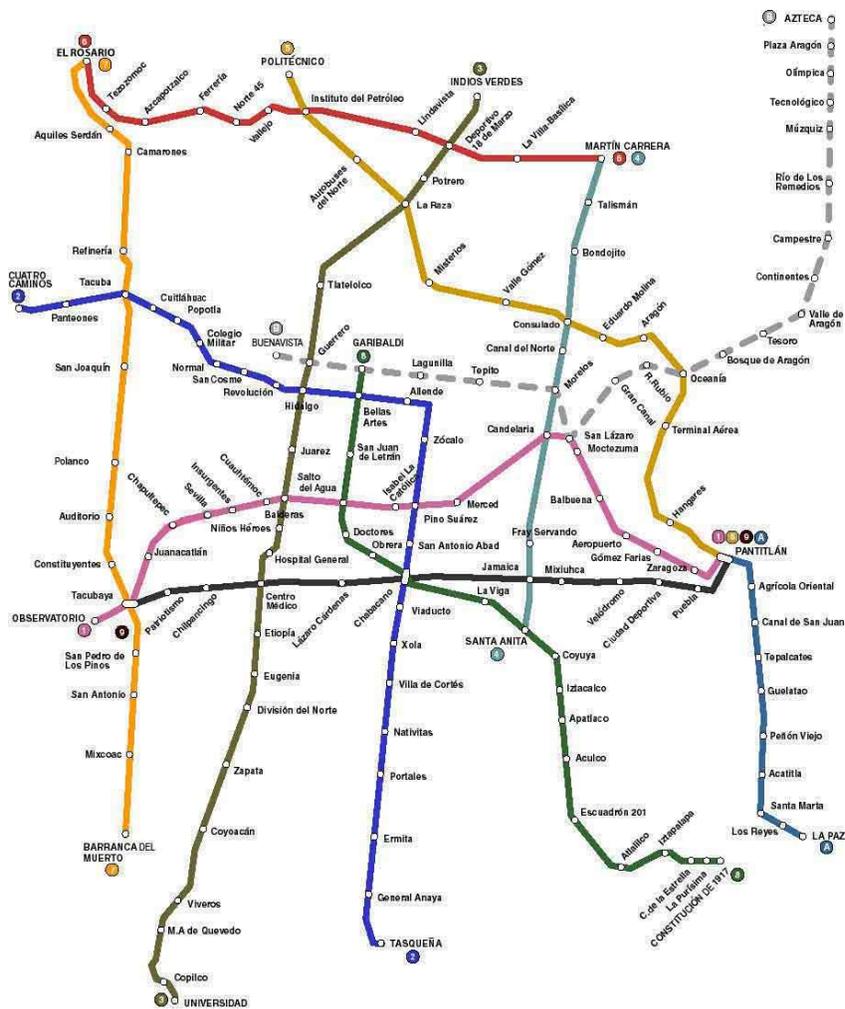


Fig.5 - Mapa de las 11 líneas actuales del STC METRO de la Ciudad de México.



Las grandes ciudades se caracterizan por conflictos viales debidos a la elevada demanda de transporte e intensa actividad económica. El Distrito Federal inició el siglo XX con aproximadamente 540 mil habitantes y 800 vehículos para satisfacer su demanda de transporte. Para 1953 la población se había incrementado a 3,5 millones y en 1960 la cifra superaba los 4,5 millones. Para 1964 había una fuerte tendencia hacia los 5 millones de habitantes en contraste con las 7 200 unidades de transporte público que circulaban por la capital (casi un 40% de los viajes totales se hacían en el centro de la ciudad).

La función de un sistema de transporte urbano como el Sistema de Transporte Colectivo Metro consiste en desplazar personas y bienes de un lugar a otro quedando esta acción definida tanto por la localización de los puntos intermedios y terminales (estaciones) como por los canales de movimiento (vialidades), permitiendo dar un mejor uso al tiempo activo en el desarrollo de otras actividades en el día y que a nivel macro el sistema permita el transporte de grandes masas de usuarios con un grado de confort aceptable optimizando el costo del servicio.

Existen antecedentes poco documentados sobre las propuestas de trenes metropolitanos en la Ciudad de México: estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México, en 1958, presentaron el proyecto de un *monorraíl* para la Ciudad de México como tema de tesis; en 1960 Vicente S. Pedrero y Ramón C. Aguado presentaron al Departamento del Distrito Federal estudios de factibilidad para la construcción de un *monorraíl*; y en 1965 José María Fernández desarrolló un proyecto para la construcción de un sistema de transporte elevado y subterráneo.

El ingeniero Bernardo Quintana Arrijoja (1919-1984), fundador de la empresa mexicana Ingenieros Civiles y Asociados, SA de CV, hoy Empresas ICA, SAB de CV, elaboró estudios que permitieron la creación de un anteproyecto, y posteriormente un proyecto, para la construcción de un sistema de transporte masivo en la Ciudad de México. La propuesta del proyecto se presentó en 1958 a Ernesto P. Uruchurtu, Regente de la Ciudad de México de 1952 a 1966, quien la rechazó al considerarla económicamente costosa. Además, el 28 de julio de 1957, un sismo de 7 grados en la escala *Richter* dañó diversos edificios del centro de la ciudad, hecho que provocó la desconfianza entre las autoridades para construir proyectos de grandes dimensiones como el presentado por Quintana.



Quintana presentó nuevamente su proyecto de transporte en el sexenio de Gustavo Díaz Ordaz, Presidente de México de 1964 a 1970. De nueva cuenta el obstáculo resultó el costo elevado de la obra. Gustavo Díaz Ordaz decidió aprovechar el acercamiento del presidente francés Charles de Gaulle hacia Latinoamérica. Alex Berger, empresario francés, entonces esposo de la actriz María Félix, amigo de Quintana, fungió como mediador entre los gobiernos francés y mexicano para la obtención del crédito. Como resultado de la negociación el gobierno mexicano cubrió el costo de la obra civil, estudios de geotecnia, diseño de estaciones, entre otros, y el gobierno francés la obra electromecánica. La obra tuvo un costo total de MXP\$ 2 530 millones, de los cuales, MXP\$ 1 630 millones provinieron del crédito francés y MXP\$ 900 millones por parte del Departamento del Distrito Federal.

El 29 de abril de 1967 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto presidencial que crea el Sistema de Transporte Colectivo, organismo público descentralizado, para construir, operar y explotar un tren rápido subterráneo como parte del transporte público del Distrito Federal.

En el cruce de Av. Chapultepec con la calle Bucareli, el 19 de junio de 1967, se realizó la ceremonia de inicio de obra para construir la línea 1 del Sistema de Transporte Colectivo.

El 4 de septiembre de 1969 Gustavo Díaz Ordaz y Alfonso Corona del Rosal, Regente del Distrito Federal de 1966 a 1970, inauguraron formalmente el servicio entre las estaciones Chapultepec y Zaragoza. Un tren construido por la compañía francesa *Alstom*, modelo *MP-68*, decorado con franjas tricolores y el escudo nacional mexicano a sus costados, realizó el recorrido inaugural entre las estaciones Insurgentes y Zaragoza.



# CAPÍTULO II

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE LA LÍNEA 12.



## II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE LA LÍNEA 12.

### 2.1. PARÁMETROS OPERATIVOS DE DISEÑO DE LA LÍNEA.

Para la elaboración del proyecto de la construcción de una nueva línea metodológicamente se consideran diversos parámetros; un parámetro de solución del transporte se da en función de la confianza que el sistema de transporte proporcione en función de la certeza de su funcionamiento, la segunda es que dicho sistema de transporte colectivo esté disponible en un término de tiempo regular y continuo, tercero su precio deberá de establecerse bajo la comparación del costo del mismo con los de otros bienes y servicios sustitutos y/o complementarios y del nivel de ingresos de la población, definiendo las condiciones para ofrecer mejores opciones, ser confortable, conveniente y socialmente aceptable a la demanda derivada de los usuarios del servicio y las condiciones de la zona urbana donde se ubica la infraestructura construida., otros factores por citar son la velocidad, la seguridad y la calidad de servicio del medio de transporte, que son determinantes de la demanda, ahorro de tiempo, la coordinación e integración de los transportes del área en estudio y de la zona urbana en general, distribución intermodal económicamente rentable, social y territorialmente razonable.

Desde el punto de vista operativo, el propósito básico de los análisis es el conformar “una red equilibrada” donde la oferta del servicio corresponda con la hora de máxima demanda estimada, evitando situaciones de saturación y sobre fatiga del material rodante y la sub utilización de la capacidad instalada, y el asegurar su utilización para asegurar su factibilidad económica por asegurar el número de viajes / persona requerido para determinar la factibilidad técnica de la implantación de una línea se estudia la propuesta de trazo propuesto en relación a las características físicas y las del entorno urbano correspondiente.



Un modelo matemático determina el recorrido que harían los usuarios del transporte entre dos sectores debido a su mayor ventaja con respecto a otras rutas posibles, a estas se asigna los volúmenes que ocurren entre parejas de sectores, este modelo a su vez define el tiempo empleado para transportarse y la captación total de la línea.

El trazo de una línea del metro corresponde a un anteproyecto geométrico. Que toma en cuenta las condiciones reales del medio físico, lo que permite conocer las afectaciones, restricciones, curvas verticales y horizontales y conexiones con otras líneas.

La posición de las estaciones se fija en función de los requerimientos operativos de los convoyes, de las interferencias, de las intersecciones de las otras líneas considerando las condiciones de tipo urbano y del transporte por superficie.

Los sistemas arquitectónicos se articulan como parte del proceso de diseño mediante el cual se va materializando el sistema de proyecto y organizando el sistema constructivo y utilitario, para analizar cada sistema metodológicamente se requiere subdividir los sistemas en sus elementos componentes, los cuales tendrán determinadas significaciones que incidirán en la significación total del sistema cualitativamente y cuantitativamente.

La suma de evaluaciones, indicaciones, prescripciones que preceden a la planeación de la obra e identifican previamente las varias fases operativas constituye el programa de obra, función orientar, limitar, y dirigir todo el proceso de planeación.

## 2.2. LÍNEA “DORADA”.

El Proyecto Metro del distrito Federal (PMDF) a solicitud de Gobierno del Distrito Federal (GDF), planteo la construcción de la Línea 12 para conmemorar el Bicentenario de la Independencia de México, llevando por nombre “Dorada” y así darle solución al problema de transporte de la zona oriente. El trazo se ubica en las delegaciones de Tláhuac, Iztapalapa, Coyoacán y Benito Juárez. Con una Longitud de 24,826 metros. Sobre la base de “a precio alzado” y tiempo determinado, misma que está integrada por, 20 estaciones, 20 tramos, 3 pasarelas de correspondencia, 2 naves de depósito, 1 taller. La construcción de la línea se realizara en dos etapas: la primera partiendo de Tláhuac a Atlalilco, iniciando el día 3 de Julio del 2008 y concluye el día 30 de abril del 2011. Para la segunda etapa se considera de Atlalilco a Mixcoac y termina el día 30 de abril del 2012.



**Fig.6 - Mapa del Proyecto de la Línea 12 del STC METRO de la Ciudad de México.**



La construcción de la Línea 12 del STC METRO, dentro del Sistema Colectivo de Transporte forma parte del Programa de “inversión pública” más grande del país de los últimos 10 años por contar con la cantidad de 17mil quinientos ochenta y tres millones de pesos.

Para el inicio de esta obra se habían adquirido ya el 75% de los terrenos necesarios y el resto se fueron obteniendo de acuerdo a las negociaciones con ejidatarios y/o comerciantes según sea el caso, sin que esto ocupara algún impedimento para su realización. Los comercios se puede decir que son el 35%, otros 30% de casas- habitación y el resto baldíos. Se puede comentar que existió una plena disposición.

En base a los estudios llevados a cabo por Empresas especializadas contratadas por el Gobierno de la Ciudad se reducirá el tiempo de traslado de las personas de Tláhuac al Centro Histórico, de dos horas a 45 minutos; reduciéndose también el costo de transportación de \$13.00 a \$ 4.00 y además de poder movilizar diariamente la cantidad aproximada de 400 mil usuarios en días laborables.

EL proyecto se encuentra dividido por:

- 1) Talleres de Tláhuac.
- 2) Estaciones.
- 3) Señalamientos.
- 4) Proyecto Operativo.



### 2.2.1. Talleres Tláhuac.

El área de los talleres de mantenimiento son una área industrial cuya función primordial es la de dar mantenimiento a los trenes. Considerando que esta Línea tendrá un material rodante de rodada metálica, se contará con un taller de mantenimiento especializado que dé servicio a todas las Líneas que se ubiquen al sur y oriente de la Ciudad de México en éste caso, se localiza en la cabecera oriente de la estación Tláhuac, delante de la cola de maniobras de dicha estación.

Los talleres están integrados por:

- Nave de depósito para 20 trenes. Una nave de depósito es el área donde se estacionan los trenes cuando están fuera de servicio y cuentan con los siguientes elementos: Andadores para los conductores, con las dimensiones adecuadas para que tengan seguridad, pasos de emergencia para vehículos de bomberos o ambulancias, ligados a las vialidades circundantes y locales de aseo para la limpieza profunda de los trenes que tienen espacio suficiente para dos tarjas cada uno y un local para guardar productos de limpieza y contará además con cajas de arena como tope de vías una en cada vía.
- Nave de pequeña revisión. Es la Nave donde se le da mantenimiento a los trenes en forma periódica contará con Fosas de Revisión para los trenes, andadores con un ancho de 2.5 metros para que circule el personal y el equipo en forma segura, contará con una vía de lavado, Fosa de Sopleteado, Locales Técnicos, Oficinas Administrativas y Almacenes de Refacciones.
- Nave de gran revisión. Es el área donde se presenta mantenimiento general y total a los trenes y se integra por distintos tipos de zonas: Zona de Cajas, de Bogíes, Oficinas Administrativas y Locales Técnicos, además de una grúa viajera.



- Vía de lavado de trenes. Es la Zona donde se hace el lavado exterior de los Trenes.
- Torno rodero y taller de vías. Es el Taller en el que se revisa y rectifican las ruedas metálicas del Tren y en el de vías se revisa y da mantenimiento a las vías, contiene un área de maniobras para el desempeño de los trabajos con toda seguridad, un área para almacenamiento de ruedas y para guardar herramientas y refacciones, así mismo se cuenta con área suficiente para alojar el equipo y maquinaria para el mantenimiento de vías.
- Puesto de maniobras. Es la Zona donde se controla el acceso de los trenes a la Zona de Peines y a los Talleres, debe tener una cobertura visual total, cuenta con un local técnico, un tablero de Control óptico, una cabina de control, baños y área para vestidores.
- Taller eléctrico y plataforma de pruebas. Es el área donde se revisan, prueban y reparan todos los equipos eléctricos de la línea y del Taller. Está dividida en tres áreas de revisión una subestación de rectificación de la capacidad adecuada a los trabajos que va a desarrollar un laboratorio de pruebas y un área de almacén de herramientas y refacciones.
- Almacén general. El almacén general tiene como función guardar el equipo de Trabajo y las refacciones necesarias para el todo el Taller de Mantenimiento.
- Almacén de productos inflamables. Es el lugar donde se guardan, aceite, combustibles y material peligroso susceptible de incendiarse.



- Casetas de acceso y vigilancia. Se contará con una Caseta de vigilancia para el acceso principal y el número de casetas necesarias para los elementos que integran el conjunto. El área de Observación se encontrará sobre elevada con respecto al nivel predominante de los talleres contarán con una visual de 360°, deberá considerarse la instalación de monitores para el sistema de video vigilancia y contarán con servicio de baños, vestidores y lockers.
- Estacionamientos y vialidades internas. El conjunto está integrado por una vialidad que resuelve los accesos a todos los edificios integrantes de los talleres. El pavimento cuyo diseño, contempla para recibir vehículos de gran peso, los estacionamientos con la capacidad para cada zona.
- Zonas con jardín. Alojara zonas verdes con especies vegetales adecuadas al carácter del taller con objeto de coadyuvar a la ecología y medio ambiente, de preferencia se tendrán mantos y arbustos de resistencia al calor, asoleamiento y que requieran poca agua y cuidados.
- Planta de tratamiento de aguas negras. Es el sitio donde se lleva el proceso de tratamiento de aguas que a su vez incorpora procesos físicos químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua efluente del uso humano.



## 2.2.2. Estaciones.

Las estaciones son el lugar en donde los usuarios están en pleno contacto con toda la infraestructura que se desarrolla para dar un servicio de primera calidad en sistemas de transporte masivo para dar un servicio eficiente, económico, seguro y rápido. Que beneficiará en forma directa a los habitantes de cuatro delegaciones, que son Tláhuac, Iztapalapa, Coyoacán y Benito Juárez y en forma indirecta una mayor cobertura a través de las estaciones de correspondencia que pasan por otras Delegaciones. Pronosticándose una captación de 450,000 viajes/persona/día. Y para ello se cuenta con 20 estaciones distribuidas en una longitud de 24,826 metros.

### 2.2.2.1. Distribución de las estaciones.

- Estación terminal de correspondencia (Mixcoac).
- Estación terminal: 1 (Tláhuac).
- Estaciones de correspondencia: 4 (Mixcoac: L: 7 el Rosario- Barranca del Muerto, Zapata: L: 3 Indios Verdes- Universidad, Ermita: L: 2 Taxqueña- Cuatro Caminos, Atlalilco: L: 8 Garibaldi- Constitución de 1917).
- Estaciones de Paso: 15 (Insurgentes Sur, 20 de Noviembre, Parque de los Venados, Eje Central, Mexicalzingo, San Andrés Tomatlán, Pueblo Culhuacán, Santa María Tomatlán, Calle 11, Periférico Oriente, San Lorenzo, Olivos, Nopalera, Zapotitlán y Tlaltenco).



### 2.2.2.1.1. Estaciones de Paso.

Las estaciones de paso son las que se encuentran en puntos intermedios de la línea sin conectar con otras Líneas. El principal criterio para el dimensionamiento de los espacios públicos es el derivado de evacuar simultáneamente 1 tren al 100% de su capacidad en una vía y un tren al 50% de su capacidad en la otra vía. La vía al 100% puede ser cualquiera de las dos.

Las estaciones de paso se conforman por los siguientes elementos:

- Accesos para el público en general. Mínimo 4 puntos por estación, dos a cada vestíbulo. Incluir escaleras eléctricas siempre y cuando se deseen salvar desniveles de más de 6.50 metros. Además contar con el acceso para discapacitados. Es en estos puntos donde se cierra la estación al dejar de dar servicio.
- Vestíbulo exterior. Uno por cada andén. Sus dimensiones dependerán de la captación que indique el polígono de cargas para la hora de máxima demanda considerando retener durante 10 minutos a los usuarios con una densidad de 6 usuarios por m<sup>2</sup>.
- Línea de torniquetes. El número de torniquetes de entrada y de salida está definido por el minuto crítico correspondiente a cada movimiento considerando para la entrada 25 personas/torniquete/minuto y para la salida 35 personas/torniquete/minuto. En cada línea de torniquetes habrá una puerta de cortesía. Cada línea de torniquetes tendrá un ancho mínimo de 7 metros. Para fines de evacuación los torniquetes de entrada son reversibles y operan con la eficacia de los de salida.



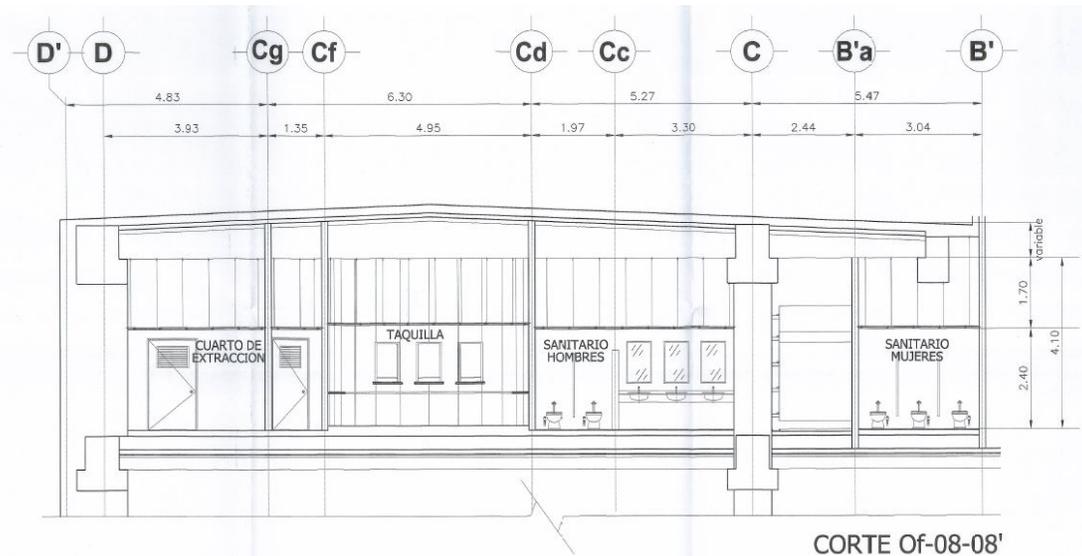
- Vestíbulo interior. Contendrán 2 vestíbulos interiores uno por cada andén con espacio suficiente para desalojar un tren a 6/4 considerando 6 personas por m<sup>2</sup> para efectos de un desalojo de la estación en 3 minutos.
- Circulaciones verticales. Mínimo 4 escaleras (eléctricas si la longitud vertical excede de 4 metros) por estación, las escaleras están dimensionadas con ancho necesario para desalojar la estación en 3 minutos considerando los dos trenes a 6 / 4. Los pisos serán antiderrapantes y contar con pasamanos.
- Dos andenes. Uno para cada vía de la longitud que mande el material rodante y de 4 metros de ancho como mínimo.



En cuanto a servicios se tienen:

- Taquillas. Habrá una en cada vestíbulo exterior. Cada taquilla tendrá espacio suficiente para dos taquilleras. Diseñadas a prueba de asaltos, contarán con una ventanilla para cada una de ellas, de 60 cm de ancho, con cristal antibalas, charola para monedas de acero inoxidable, dispositivos de alarma conectados al jefe de estación.
- Sanitarios de empleados. Uno para hombres y otro para mujeres con acceso directo desde un vestíbulo agrupado con sus locales complementarios.
- Locales de aseo. Se tendrán 3 locales como mínimo por estación dos en los andenes preferentemente en las cabeceras y uno en el núcleo de servicios sanitarios. Estando equipados con una tarja y lockers para el personal de mantenimiento.
- Local de jefe de estación. Estratégicamente ubicado en el vestíbulo principal con vista a la línea de torniquetes. Aloja el equipo de mando y control de los equipos básicos de operación de la estación.
- Local de primeros auxilios. Contiguo al local de jefe de estación.
- Local para centro de monitoreo para video vigilancia. Contara con 3 monitores.

- Sanitarios para el público. Son para brindar el servicio en forma gratuita a los usuarios del sistema, en cada una de las estaciones, en el vestíbulo interior, del lado del acceso principal, contendrán tanto sanitarios para mujeres como para hombres.



**Fig.7 – Oficinas y servicios corte arquitectónico.**

Estas especificaciones de proyecto aplican para todas las estaciones de paso de la Línea 12 del Metro, que son: Insurgentes Sur, 20 de Noviembre, Parque de los Venados, Eje Central, Mexicalzingo, San Andrés Tomatlán, Pueblo Culhuacán, Santa María Tomatlán, Calle 11, Periférico Oriente, San Lorenzo, Olivos, Nopalera, Zapotitlán y Tlaltenco).



### 2.2.2.1.2. Estaciones de Correspondencia.

Las estaciones de correspondencia son las que se encuentran en el cruce de dos o más Líneas del Metro y permiten a los usuarios cambiar de Línea en dos o más direcciones sin pago de cuota adicional.

Las correspondencias se encuentran con las siguientes líneas:

- Correspondencia línea 7 –Línea 12 Estación Mixcoac.
- Correspondencia línea 3 –Línea 12 Estación Zapata.
- Correspondencia línea 2 –Línea 12 Estación Ermita.
- Correspondencia línea 8 –Línea 12 Estación Atlalilco.

Las necesidades descritas para las estaciones de paso se aplican para las de correspondencia y además se contará con una pasarela de correspondencia que interconecta ambas estaciones. Los flujos deberán confinarse por sentido y el ancho será mínimo de 6 metros. Contará con tres andenes y dos vías de 6.00 m de ancho cada andén. En el caso de la estación Insurgentes se elaborará un esquema de correspondencia con una estación de la Línea que a futuro correrá por la Av. Insurgentes y se dejarán las preparaciones para poder construir dicha correspondencia sin entorpecer la operación de la Línea 12.



### 2.2.2.1.3. Estaciones Terminales.

Las estaciones terminales son las ubicadas en los dos extremos de la Línea. Su programa de necesidades incluye los elementos de las estaciones de paso considerando las siguientes precisiones y elementos adicionales.

- Los andenes son dos para dar servicio a tres vías. El ancho mínimo de cada andén será de 6 a 8 metros.
- Área de retención, destinada a dosificar el pasaje en horas críticas. La línea confinada tendrá 60 cm de ancho efectivo y estará rodeada por pasillos para el personal que regula y vigila esta maniobra.
- Preparaciones para la conexión a los centros de transferencia modal. Lo relacionado con los paraderos de autobuses, microbuses y combis.
- Taquillas. Contará con 4 a 6 taquillas, con las mismas especificaciones que se indican en las estaciones de paso.

Instalaciones para el funcionamiento de las estaciones, para el adecuado funcionamiento de las estaciones involucradas en la línea 12, es necesario equiparlas con los siguientes aditamentos.

- Locales para subestaciones. Uno para cada vía, son para alojar las subestaciones de alumbrado y fuerza. Deben estar aproximadamente al centro de la estación y cercanos al andén.



- Local técnico para los equipos de automatización de los trenes. La posición deseable es centrada con los andenes, del lado de la vía dos (Dirección Mixcoac- Tláhuac).
- Cisternas. Una abastece el consumo de agua de la estación. Dimensionada para una autosuficiencia de tres días. Otra se destinará a la protección contra incendio.
- Cárcamos de bombeo. Su función es recolectar y bombear al drenaje municipal las aguas de desecho (negras, jabonosas, pluviales y de filtraciones) tanto de la estación como de los tramos contiguos cuando estos están en un nivel superior al de la estación. El agua de filtraciones captada en los tramos deberá interceptarse en un cárcamo de cabecera antes de entrar a la estación.
- Galerías de ventilación. En todas las estaciones de la Línea la ventilación de los espacios públicos será por medios naturales, no mecánicos, su ubicación es adyacente al andén para lograr una ventilación cruzada y su ubicación en el exterior es en banquetas y/o zonas de jardín y sobre-elevada en 30 o 40 centímetros del piso con objeto de evitar la introducción del agua a la estación en casos de lluvias extremas.



### 2.2.2.2. Cruces importantes.

La línea 12 cuenta con diversos cruces importantes como:

- Estación Insurgentes Sur con línea 12.
- Estación Eje Central línea 12 con Av. Eje Central.
- Estación Atlalilco línea 12 con Av. Ermita Iztapalapa.
- Estación Periférico Oriente con vialidad del Periférico Oriente.



### 2.2.2.3. Rubro de las instalaciones municipales.

Para la construcción de las estaciones y tramos es necesario considerar el Rubro de las instalaciones municipales tales como:

- Líneas de agua potable primarias.
- Líneas de agua potable secundarias.
- Acueducto de 72" de diámetro (De Tláhuac a San Andrés Tomatlán).
- Colectores.
- Canales.
- Atarjeas.



### 2.2.3. Señalamiento.

El objetivo en las estaciones es llevar al pasajero al Metro o hacia su destino con rapidez, seguridad y evitando cruces de circulaciones. El señalamiento deberá integrar un continuo de información que garantice la orientación del usuario en cualquier punto del recorrido. Las señales serán claras y precisas. Se utilizará la tipología de las letras del Metro y del diseño de los símbolos de cada estación para lograr una imagen integrada a las Líneas existentes.



#### 2.2.4. Proyecto operativo.

La realización del Proyecto Operativo determinará las principales características de operación de la Línea, por medio de las cuales se logra cumplir con los objetivos de servicio al usuario que son seguridad, regularidad, Confort y rapidez. EL Proyecto Operativo es el estudio base de la Línea que servirá de referencia para todos los estudios posteriores que se realizarán para los sistemas electromecánicos así como para el proyecto ejecutivo civil.

En la tabla 1. Se muestra las características operativas de la línea 12 a las que estarán sujetas los trenes de acuerdo a los análisis de operación.

<b>Análisis Operativo de Diseño.</b>	
Velocidad máxima de diseño.	85 Km/h
Velocidad Comercial.	35 Km/h
Capacidad de Transporte.	67,200 V/H/S
No de Trenes en operación.	28 trenes
No de Fosas de Revisión.	5 fosas
<b>Análisis Operativo de la línea etapa 1: 30/04 / 2011.</b>	
Intervalo.	233 seg
Velocidad Comercial.	35 Km/h
Capacidad de Transporte.	25,957 V/H/S
No de Trenes en operación.	23 trenes.
Trenes de reserva.	2 trenes.
No de trenes en mantenimiento.	3 trenes.
No Total de Trenes.	28 trenes.
No de Fosas de Revisión.	3 fosas.
No de Fosas de Visita.	2 fosas.
<b>Análisis Operativo de la línea etapa 2: 30/04 / 2012.</b>	
Intervalo.	142 seg
Velocidad Comercial.	35 Km/h
Capacidad de Transporte.	45,582 V/H/S
No de Trenes en operación.	28 trenes.
No de Fosas de Revisión.	5 fosas.
No de Fosas de Visita.	3 fosas.

**Tabla 1 - Características operativas de la línea, de acuerdo a los análisis operativos.**



En la tabla 2. Se muestra las características operativas de la línea 12 a las que estarán sujetas los trenes de acuerdo a los tiempos tanto de paradas como de recorridos.

<b>Tiempo de Parada en Estaciones</b>		
Estación de Paso.		20 seg
Estación de correspondencia.		25 seg
Terminal:		
	Anden de llegada.	25 seg
	Anden de Salida.	30 seg
<b>Tiempo de Recorrido</b>		
	Tiempo de recorrido.	
	Tiempo Vía 1.	2 500 seg
	Tiempo Vía 2.	2 500 seg
	Total.	5 000 seg
	Tiempo de Maniobra.	
	Terminal Tláhuac.	180 seg
	Terminal Mixcoac.	180 seg
	Total.	360 seg
Duración de la Vuelta.	Total de Totales.	5360 seg

**Tabla 2 - Tiempos de paradas y recorridos de la línea 12.**

La finalidad que se persigue con la ejecución de este proyecto, es proporcionar un servicio de transporte colectivo de pasajeros de alta eficiencia, capacidad y satisfactorio, además de atender la demanda oriente-poniente para alcanzar y lograr un balance superior entre las líneas existentes del Metro, principalmente al realizar la conectividad del Metro en el sur, potenciando el desempeño en la red y continuar conformando al Metro como elemento estructurador del sistema de transporte del Distrito Federal, en congruencia con el Programa de Desarrollo del Distrito Federal 2007-2012 y tomando en cuenta los lineamientos del Programa Integral del Transportes y Vialidades.



# CAPÍTULO III

## PROYECTO DE LA ESTACIÓN INSURGENTES SUR.



### III. PROYECTO DE ESTACION INSURGENTES SUR.

#### 3.1. PARÁMETRO DE ANÁLISIS.

Una estación del metro tiene como intención la búsqueda orientada a comunicar y facilitar al usuario sus funciones, lo cual lleva al estudio intensivo de la forma como sistema expresivo, dando una respuesta particular a cada estación en su arquitectura, dependiendo del sitio y del medio donde se ubica dada su condición de elemento concentrador de una gran cantidad de usuarios.

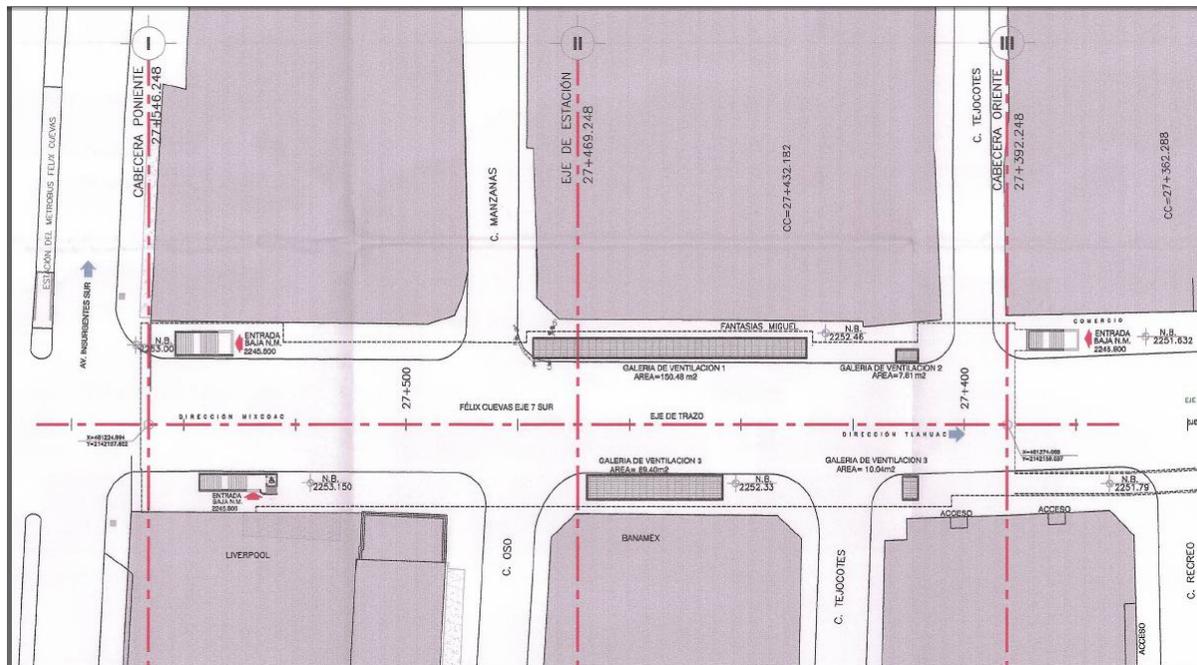
El movimiento correcto de usuarios es esencial para el buen funcionamiento de cualquier estación. Para resolver las circulaciones entre andenes, de los vestíbulos hacia los accesos o a las salidas, de una estación a su correspondencia, etc., se deberá diseñar pasarelas de intercomunicación en combinación de circulaciones verticales excluyendo rampas, se contará con escaleras convencionales y eléctricas esto se resolverá en la mayoría de los casos para atacar la diferencia de niveles que existe entre los diversos espacios. Dependiendo del diseño propio de la estación, se verá la posibilidad de iluminar con el sistema más apropiado y conveniente para dar el nivel lumínico requerido.

Para la intercomunicación entre las estaciones de correspondencia, se utilizarán pasarelas con distancias máximas de recorrido de 100 a 150 m de longitud y bandas transportadoras si se rebasarán los 150 m, resolviendo así en forma eficaz los problemas de retención y dosificación de usuarios entre las dos estaciones.

En las pasarelas de correspondencias, se deberán disponer galerías de ventilaciones estratégicamente localizadas y dimensionadas en forma tal, que permitan máxima comodidad y comunicación con el exterior.

### 3.2. ESTACION INSURGENTES SUR.

La estación Insurgentes-Sur, se ubica sobre el Eje 7 Sur Félix Cuevas, entre la Av. Insurgentes y la calle Tejocotes, dicha estación pertenece a la Línea 12 del Metro; le sigue y antecede las estaciones Mixcoac y 20 de Noviembre.



**Fig.8 - Planta de conjunto arquitectónico Estación Insurgentes Sur.**

La estación es subterránea, su forma es prácticamente rectangular, las escaleras de acceso a la estación están ubicadas en el Eje 7 Sur y son, del mismo modo, rectangulares; el cuerpo principal de la estación se desplanta a profundidades variables del orden de 17.80 m en zona de andenes y 20.70 m en zona central de vías, profundidades medidas con respecto a la elevación 2252.33 msnm correspondiente al nivel de banquetta de la calle, tal nivel presenta variaciones producto de la topografía superficial de la zona.



En planta tiene una longitud de 154.00 m y un ancho variable comprendido entre los 28.20 y 31.65 m, este último, correspondiente a la zona de escaleras; está integrada por tres niveles arquitectónicos: el primero corresponde a la estructura de la losa tapa cuyo nivel superior de concreto se encuentra a 1.60 m de profundidad con respecto al nivel de calle, el segundo corresponde al nivel de mezzanine, situado a 7.15 m de profundidad, donde se localiza el vestíbulo de acceso, las taquillas, sanitarios, oficinas, torniquetes, etc.; finalmente el tercer nivel arquitectónico se sitúa a 17.83 m de profundidad y está destinado a alojar la estructura de los andenes y las vías de los trenes.

La sección está conformada por pilas en toda su periferia separadas 2.5 m de eje a eje, están desplantadas hasta el nivel 2226.30 msnm y tienen un diámetro de 1.20 m y su función aparte de dar cimentación a la estructura fue de dar estabilidad a la excavación durante el procedimiento constructivo.

La estructura de la estación quedó desplantada en la zona II de transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad o menos, según la zonificación geotécnica consignada en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones (NTCDCC), la cual está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

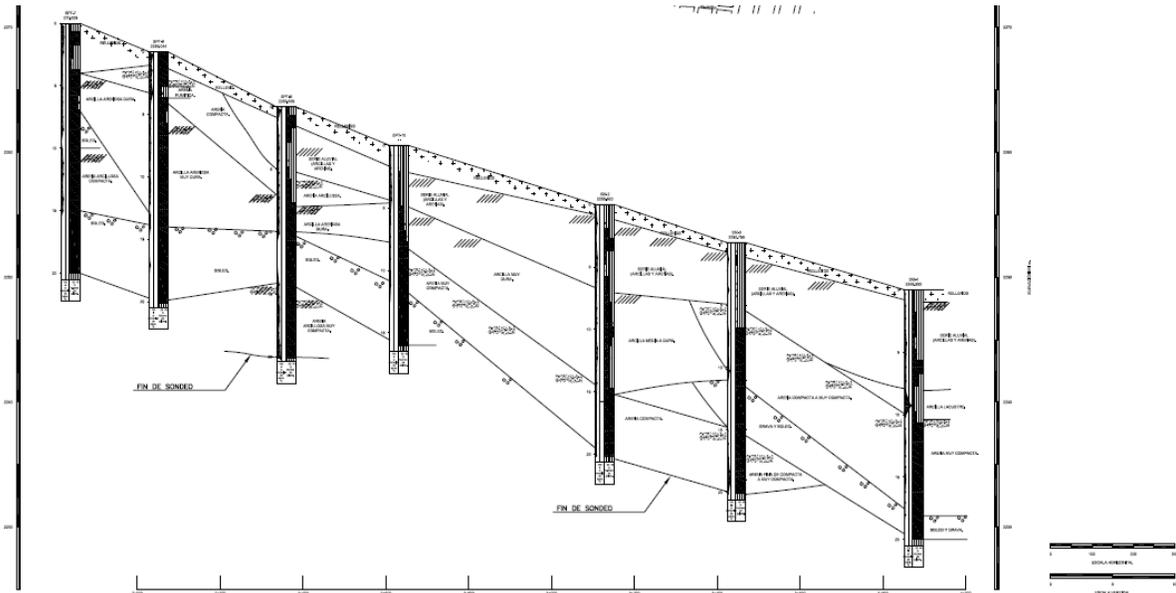


### 3.3. CONSTITUCIÓN DEL TERRENO ESTRATIGRÁFICO.

En la zona en cuestión se ejecutaron el sondeo SM-3, SC-3 y SC-4 correspondiente a la campaña de exploración preliminar así como el sondeo SDH-1, SM-5 y SM-6 de la campaña complementaria. A partir de los sondeos anteriores, se determinó que la secuencia estratigráfica del tramo se encuentra compuesta por:

- Un relleno heterogéneo (Rh) cuyo espesor es del orden de 1.5 m, compuesto por arenas limosas con fragmentos de concreto correspondientes al relleno superficial de la zona.
- Bajo el estrato anterior se encontró un depósito de arcilla arenosa de consistencia media a firme de baja plasticidad café oscuro con fragmentos de grava, cuyo espesor oscila entre 6.0 y 8.0 m y corresponde al depósito más juvenil de la zona formado por detritos aluviales (Dt) provenientes de los lomeríos del poniente.
- La secuencia estratigráfica anterior descansa directamente sobre diversas unidades que conforman la formación Tarango, entre las cuales se encuentra la segunda toba volcánica (Tb<sub>2</sub>) compuesta por arena limosa, en partes arcillosa, en estado muy compacto, café amarillo, su espesor varía entre 2.0 y 3.2 m.
- Subyaciendo al depósito anterior se detectó un segundo lahar de origen volcánico (Lh<sub>2</sub>) conformado por arenas limosas con fragmentos de gravas angulosas, en estado muy compacto, gris oscuro, su espesor varía entre 9.5 y 15.5 m.
- Bajo el depósito anterior se encontró la primer toba de origen volcánico (Tb<sub>1</sub>), compuesta por arena limosa, en partes arcillosa, en estado muy compacto, café amarillo, su espesor varía de 1.95 a 7.25 m dentro del tramo en cuestión.
- A partir del depósito anterior se localizó el primer lahar de origen volcánico (Lh<sub>1</sub>), conformado por arenas limosas con fragmentos de gravas angulosas en estado muy compacto gris oscuro, su espesor oscila entre 14.0 y 2.0 m.

- Finalmente se encontró el miembro arenoso de la formación Tarango, compuesto por arena pumítica en estado muy compacto, café oscuro.



**Fig.9 - Estudio de Exploración Geotécnica para nuevas líneas (Sección Longitudinal).**



La Fig.11 muestra el estado de esfuerzo y propiedades.

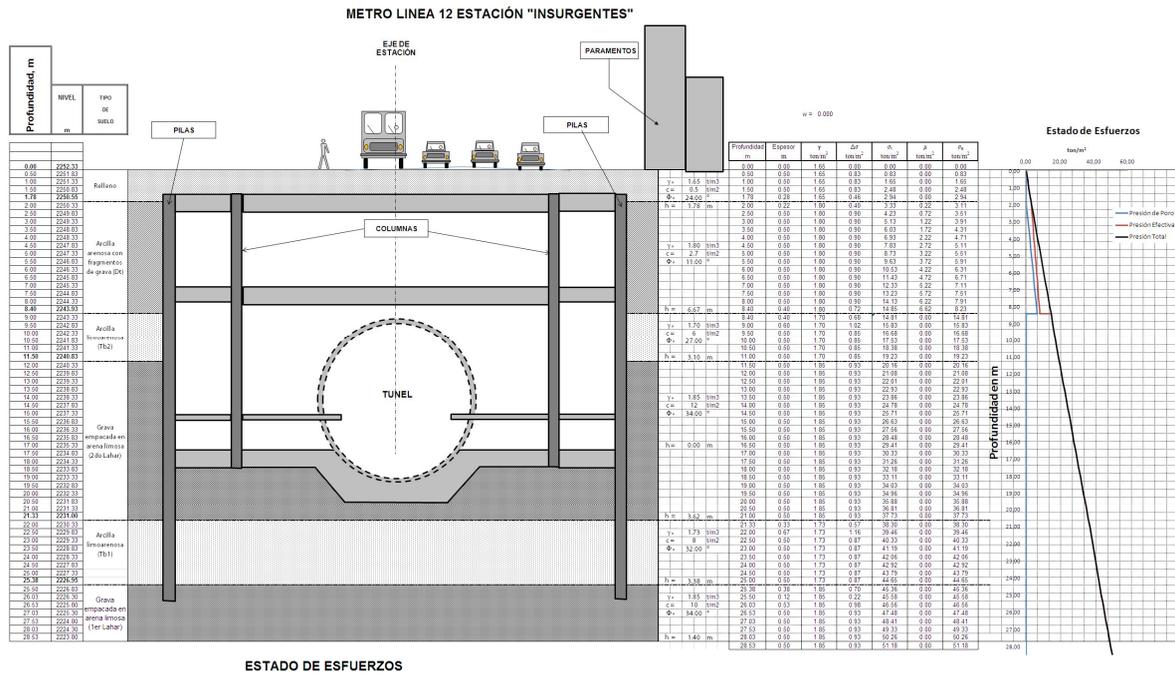


Fig. 11 - Estado de Esfuerzo y Propiedades.

En cuanto a las condiciones hidráulicas del sitio, no existe nivel de aguas freáticas hasta al menos 30.0 m de profundidad, sin embargo, puede existir recarga hidráulica en el depósito superficial durante temporada de lluvia, así como mantos colgados de agua.



# CAPÍTULO IV

## CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN INSURGENTES SUR DE LA LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



#### IV. CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DE LA ESTACION INSURGENTES SUR DE LA LINEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD D MEXICO.

##### 4.1. TRAZO.

El trazo definitivo en el proyecto, es el resultado de un análisis y estudio profundo de movilidad y captación de usuarios, además de todos los elementos implicados en la solución a los problemas generales por el diseño de dicha línea, entre otros.

- Obras inducidas. Son las actividades en las cuales se identifican las interferencias que existen sobre el trazo de la línea.
- Asentamientos humanos. Un asentamiento es el lugar donde se establece una persona o una comunidad.
- Tránsito vehicular. Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.
- Condiciones del subsuelo. En la ciudad de México existen una gran variedad de tipos de suelo, por lo tanto las condiciones no son las mismas por ello se toman en consideración los estudios geotécnicos.
- Topografía del terreno. Este tipo de actividad es previa al inicio de un proyecto para contar con un levantamiento plani-altimétrico ó tridimensional previo del terreno y de "hechos existentes" (elementos inmóviles y fijos al suelo) ya sea que la obra se construya en el ámbito rural ó urbano.

- Afectaciones. Son todas aquellas zonas que por el trazo de la línea, tendrán que ser expropiadas o compradas a sus respectivos dueños.
- Vialidades existentes. Son todas aquellas vías de tránsito que con anterioridad se han construido.
- Arqueología. Es la disciplina que estudia las sociedades a través de sus restos materiales, sean estos intencionales o no.

ESTACION INSURGENTES SUR CUADRO DE CONSTRUCCIÓN DE BANQUETA						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
				1	2,142,197.3512	481,293.2813
1	2	S 15°00'34.12" W	1.142	2	2,142,196.2477	481,292.9654
2	4	S 19°08'29.87" E CENTRO DE CURVA DELTA = 55°7'20.05" RADIO = 5.775	5.344 LONG. CURVA = 5.556 SUB.TAN.= 3.014	4 3	2,142,191.1993 2,142,195.4022	481,294.7377 481,298.6980
4	5	S 74°59'25.88" E	2.745	5	2,142,190.4883	481,297.3895
5	1	N 30°54'32.85" W CENTRO DE CURVA DELTA = 81°38'8.94" RADIO = 6.118	7.998 LONG. CURVA = 8.717 SUB.TAN.= 5.284	1 6	2,142,197.3504 2,142,196.2976	481,293.2811 481,299.3077
SUPERFICIE = 3.564 m <sup>2</sup>						

Fig12 - Cuadro de construcción de banquetta.



## **4.2. CONSTRUCCIÓN DE PILAS.**

### **4.2.1. Diseño de pilas.**

#### **4.2.1.1. Capacidad de carga.**

El cálculo de capacidad de carga compensación se realizó siguiendo el criterio marcado en las NTCDCC en el punto 3.4 referente a cimentaciones compensadas.

#### **4.2.1.2. Análisis de estabilidad de falla general.**

El empuje crítico para determinar la profundidad de empotramiento de la pila corresponde a la falla de talud considerando una superficie de falla del tipo cuña. Así mismo, para el diseño estructural de la pila los parámetros de diseño corresponden, entre otros, a los empujes a largo plazo. Estos últimos consideran una posible recarga hidráulica dentro del depósito superficial, de alta permeabilidad, la cual es posible que se presente durante cada temporada de lluvias, incrementando las solicitaciones a que estarán impuestas las pilas.



#### **4.2.1.3. Longitud requerida de empotre.**

La longitud requerida de la pata del Muro Berlín se obtuvo adaptando la solución que sugiere el Manual de Diseño Geotécnico editado por la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), en su Capítulo 2 de Diseño del Metro en Cajón, ficha FDG-05 referente a estabilidad de la excavación, zonas del lago y de transición en su inciso 3.4 de falla por el empotramiento de la pata del muro Milán.

#### **4.2.1.4. Separación de pilas.**

La separación de pilas se obtuvo a partir de la revisión por extrusión del prisma de suelo existente entre las ventanas formadas por las pilas, para el análisis se considero que dicho prisma presentaría una falla por talud el cual se complemento con el efecto tridimensional.

Dimensiones y armado de pilas.

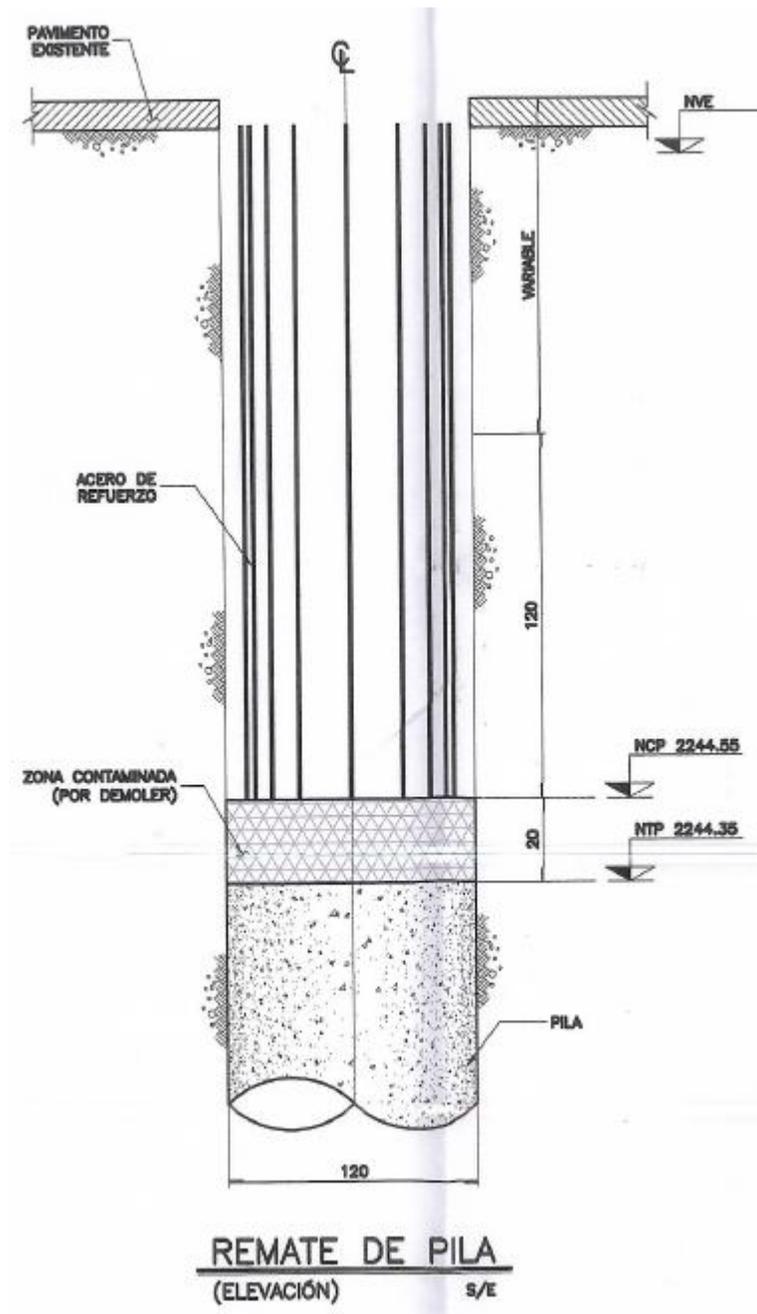


Fig.13 – Remate de pila.

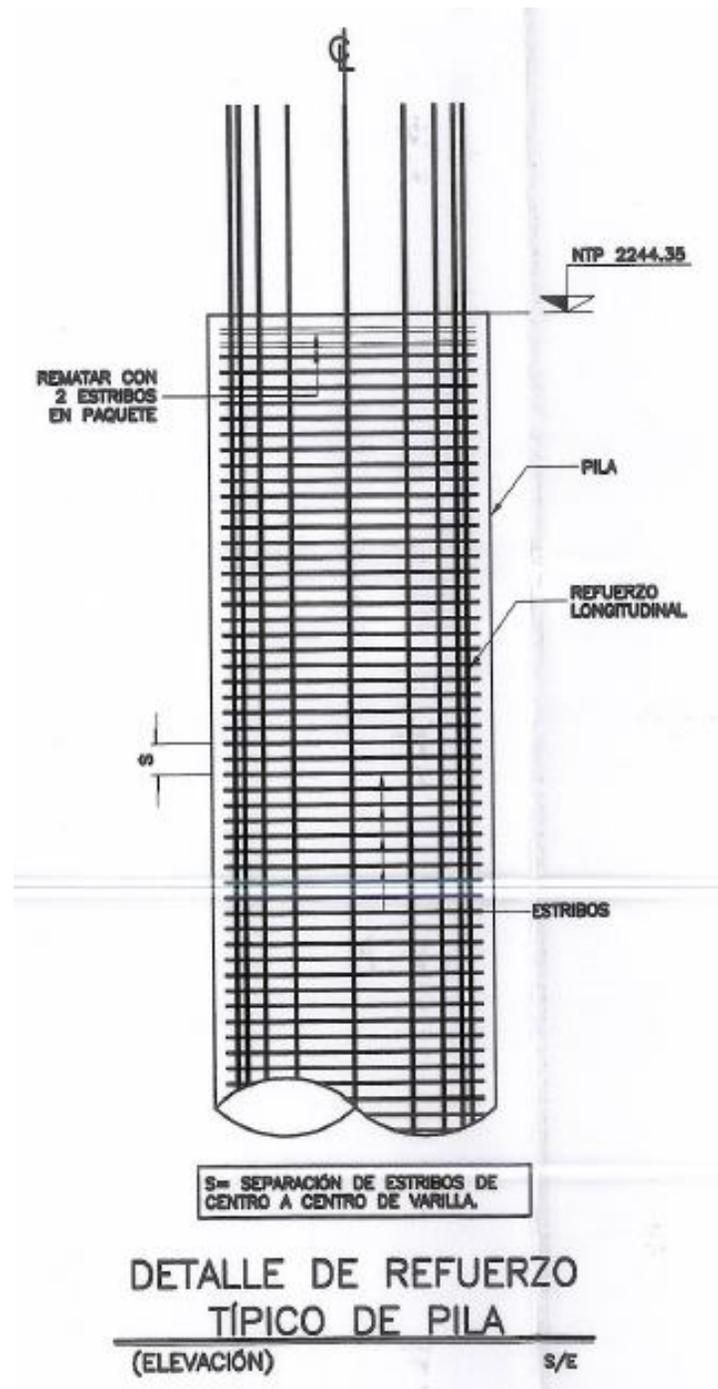
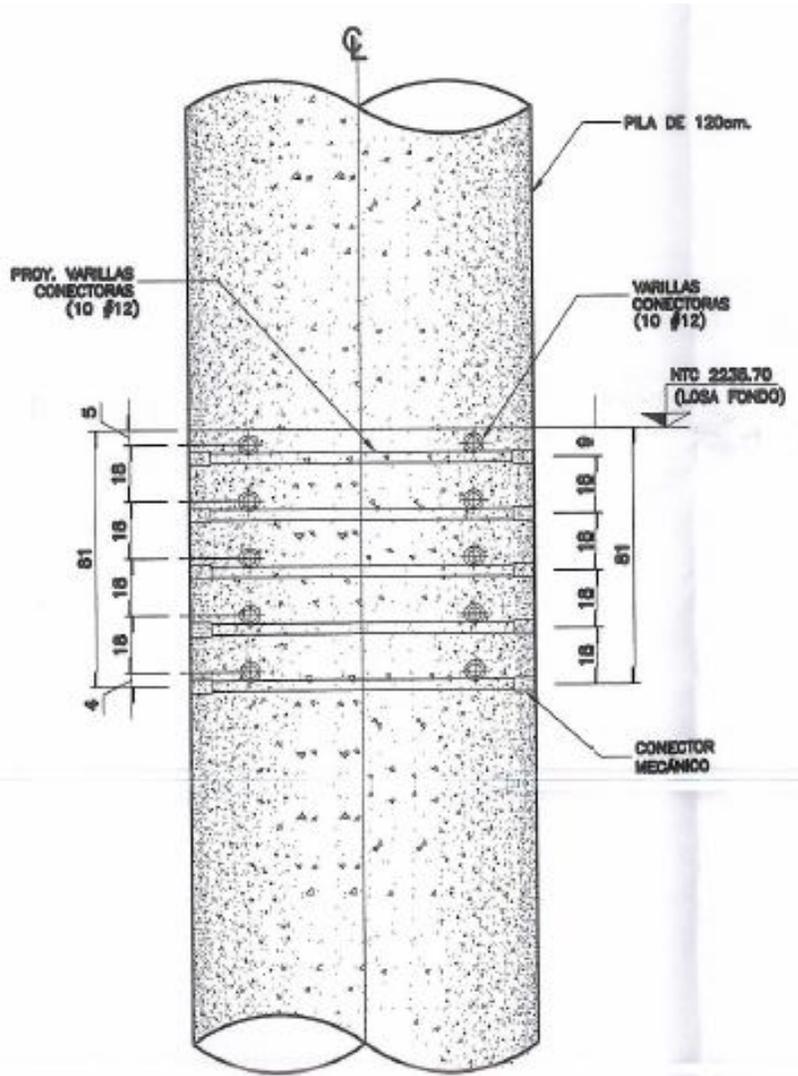


Fig.14 – Detalle de refuerzo típico de pila.



**CONECTORES MECÁNICOS  
EN PILAS DE 120 cm**  
(NIV. LOSA FONDO) ESC: 1:20

*Fig.15 – Conectores mecánicos en pilas.*



#### 4.2.2. Cuadro de Revisiones.

\*a) 11/ENE/10 – Emitido para revisión y aprobación.

\*b) 15/ENE/10 – A solicitud del constructor se hace cambio en el sistema de cubierta de losa colada en sitio por elementos pre-colados por lo que se modifica el nivel tope de pila (NTP).

Derivado de lo anterior y de acuerdo con el diseño también se modifica la designación de algunas pilas según se indica en las plantas.

\*c) 19/ENE/10 – Debido a varios ajustes en el proyecto arquitectónico, se modifica la distribución y niveles de desplante de algunas pilas en los ejes C y D.

\*d) 22/ENE/10 – Debido a modificaciones arquitectónicas en la zona de galerías de ventilación del lado norte, se realizan los siguientes cambios:

- Sobre el eje A se eliminan pilas entre sus ejes 10 y 13 y se agregan entre ejes 20 y 22.
- Sobre eje B se cambia designación de pilas entre ejes 10 y 13 y entre 20 y 22.
- El eje D´ se mueve 14cm de su posición.



\*e) 10/FEB/10 – Se actualizan cortes de acuerdo a modulación de pilas en zona poniente.

- Se modifica coordenada del eje de trazo en la cabecera oriente, de acuerdo a planos arquitectónicos.

- Se modifica la modulación de pilas en eje 29 por cambio en las coordenadas en eje de trazo.

- Se agregan dos pilas en el eje A entre ejes 22 y 23 por cambios en planos de galerías del proyecto arquitectónico.

- Se modifica el NTP de pilas P-10 en eje A y se hace cambio de pilas en eje E, en zona de galerías, para evitar con esto el uso de tablestaca durante el procedimiento de excavación.

- Se eliminan casquillos metálicos de pilas en ejes C y D a nivel de losa de fondo.

- Se agrega corte E-E.

- Se actualiza tabla de coordenadas de pilas por todos los cambios mencionados.

\*f) 24/FEB/10 - Por requerimientos del constructor se modifica el procedimiento de excavación de mixto a cielo abierto, por lo que se eliminan las pilas interiores de los ejes C y D, excepto las que ya están construidas. (según reporte de ICA 23/FEB/2010).

- Por cambios al proyecto arquitectónico derivados de la definición del trazo, se modifica posición y modulación de pilas sobre el eje B comprendidas entre ejes 13 y 23.

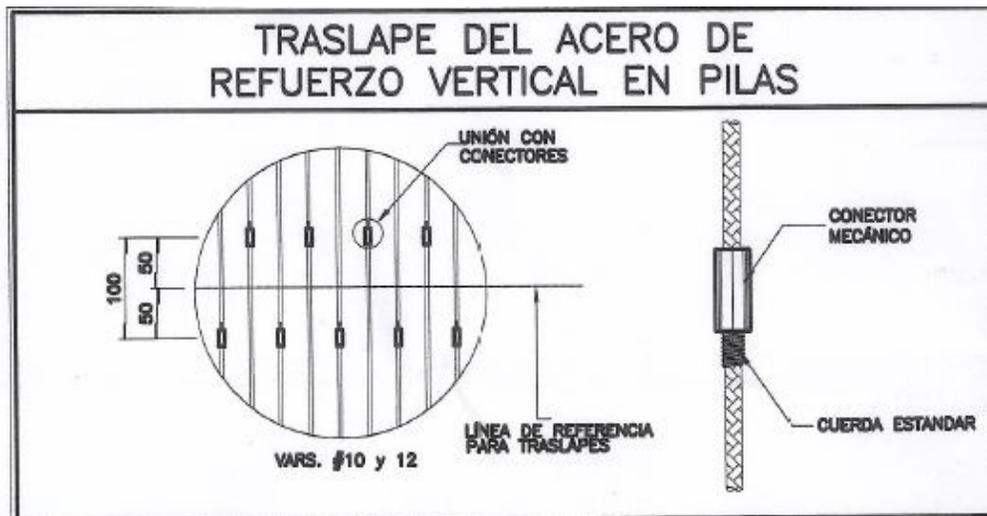


Fig.16 – Traslape del acero de pilas de refuerzo.



Fig.17 – Detalle típico de estribo circular.

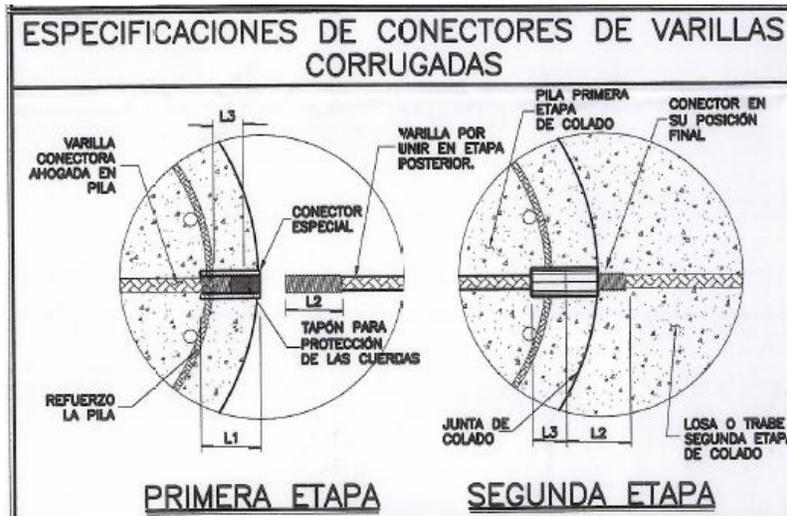


Fig.18 – Especificaciones de conectores de varillas corrugadas.

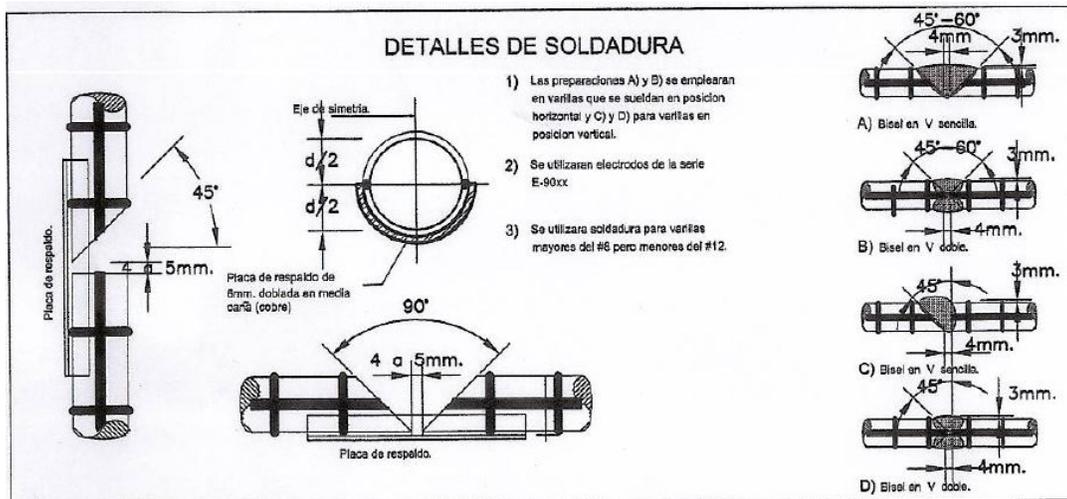
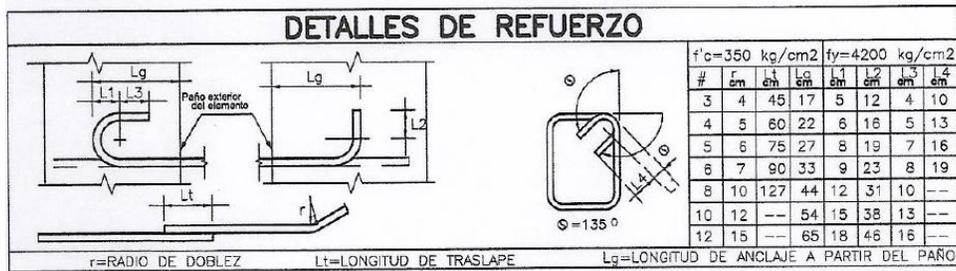
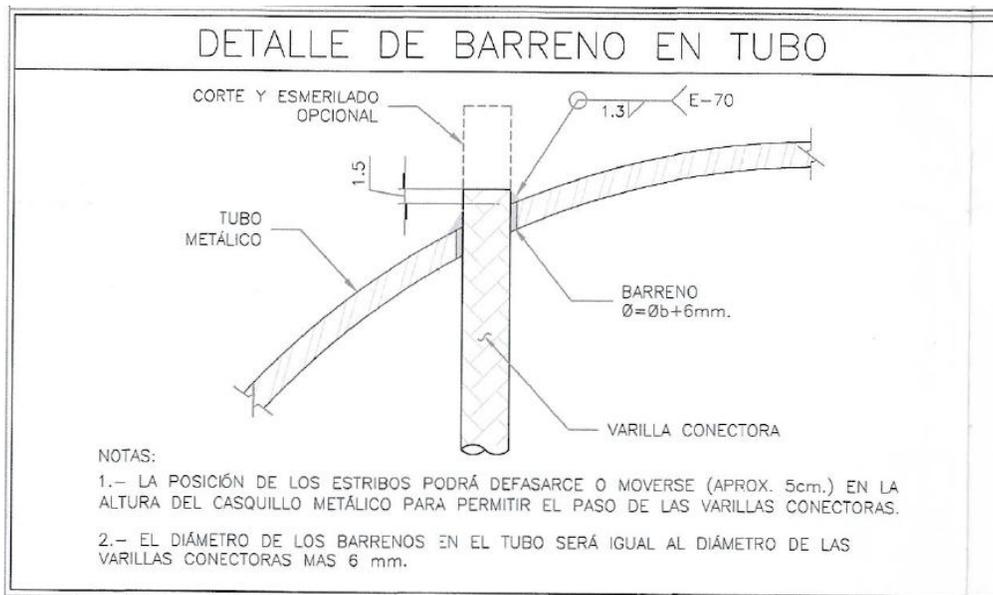


Fig.19 – Detalles de soldadura.



**Fig.20 – Detalles de refuerzo.**



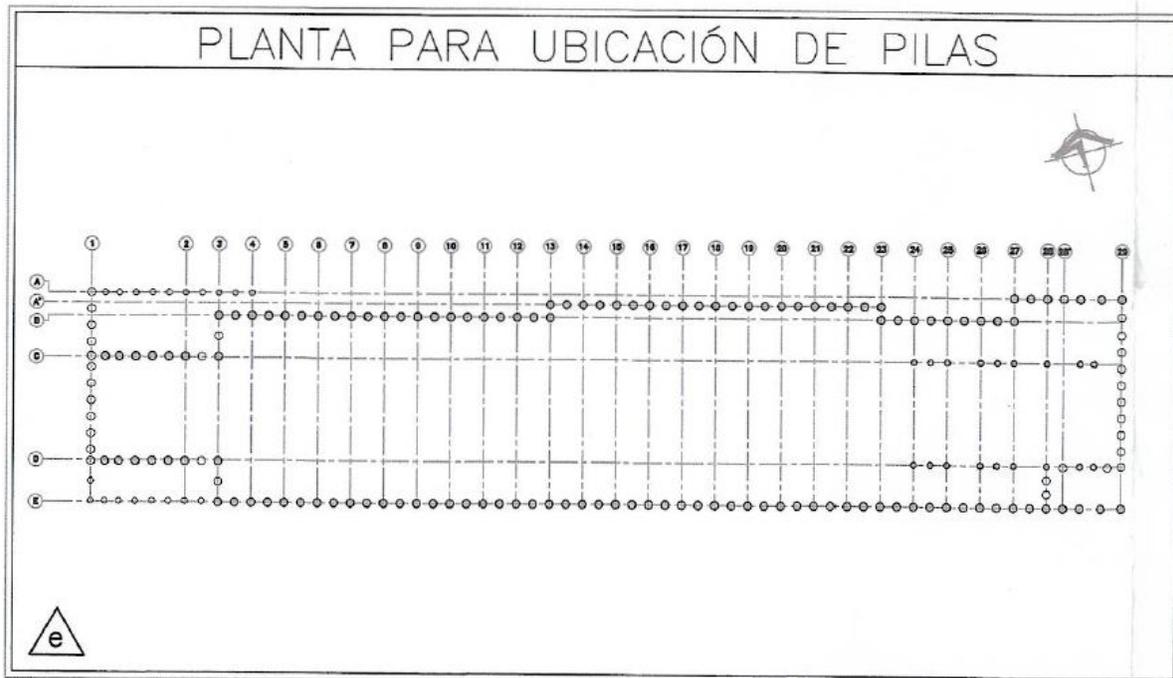
**Fig.21 - Detalle de barreno en tubo.**



#### 4.2.3. Proceso constructivo de las pilas.

El proceso constructivo de las pilas puede ser considerado simple o habitual consistió en:

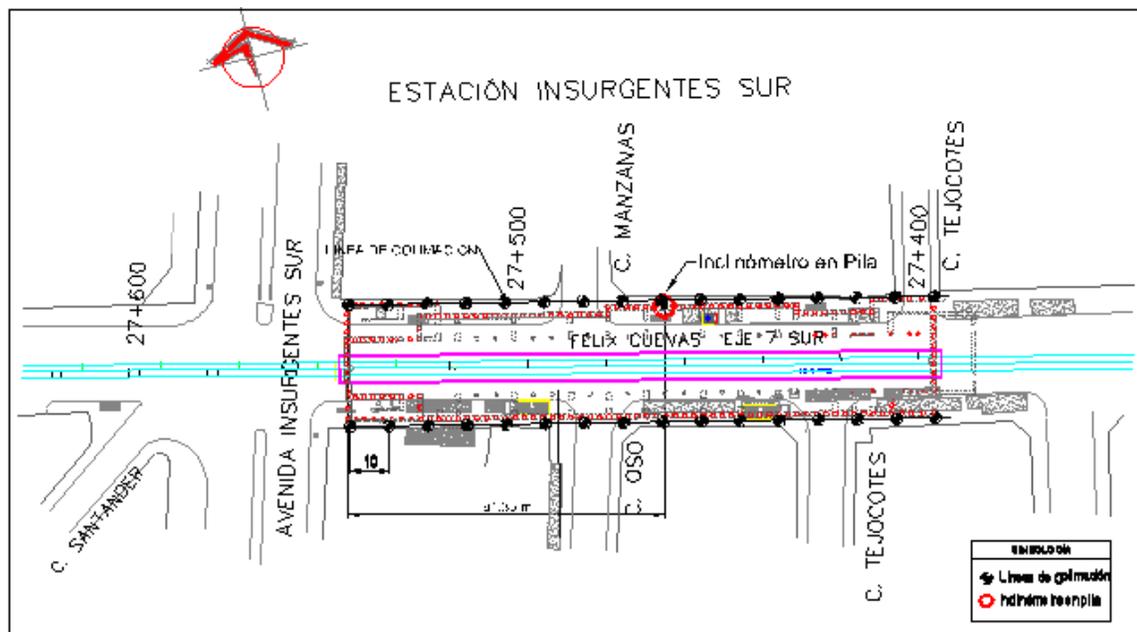
- A. Crear la huella mediante trazo de la plantilla de barrenación para después ubicar las pilas.
  
- B. Perforar mediante bote cortador y/o broca helicoidal igual al diámetro de la pila (1.50 m).hasta la profundidad máxima de excavación.
  
- C. Introducir el armado de acero de refuerzo.
  
- D. Limpieza del fondo de la excavación mediante bomba sumergible.
  
- E. Colar hasta el nivel de tope de colado.
  
- F. Una vez terminado el colado se procederá con la siguiente barrenación, repitiendo el mismo procedimiento.



**Fig.22 – Planta para ubicación de pilas.**

#### 4.2.4. Inclinómetro en pila.

Se instaló un Inclinómetro embebido en una pila localizada aproximadamente a 81.35 metros de la cabecera poniente como muestra la Fig.23.



**FIG.23 - Ubicación de líneas de colimación e Inclinómetro.**

El Inclinómetro está constituido por una tubería de ABS con tramos de 3.00m de longitud y de 70mm de diámetro exterior. La tubería tiene cuatro ranuras verticales diametralmente opuestas, un par de ellas son perpendiculares al eje de la excavación ya que sirven de guía a la sonda de medición.

El Inclinómetro sirve para determinar los movimientos horizontales que se pudieran presentar durante la excavación y construcción del tramo.

#### 4.2.4.1. Procedimiento de instalación de Inclinómetro.

El procedimiento de instalación fue el siguiente:

Previo al colado de la pila se debió acoplar una tubería de PVC de 6" y fijarla al armado de la pila con alambre recocido a cada 2 metros a partir de la base de la pila, tal como se muestra en la Fig.24. Una vez colada la pila se realizó la instalación del Inclinómetro.

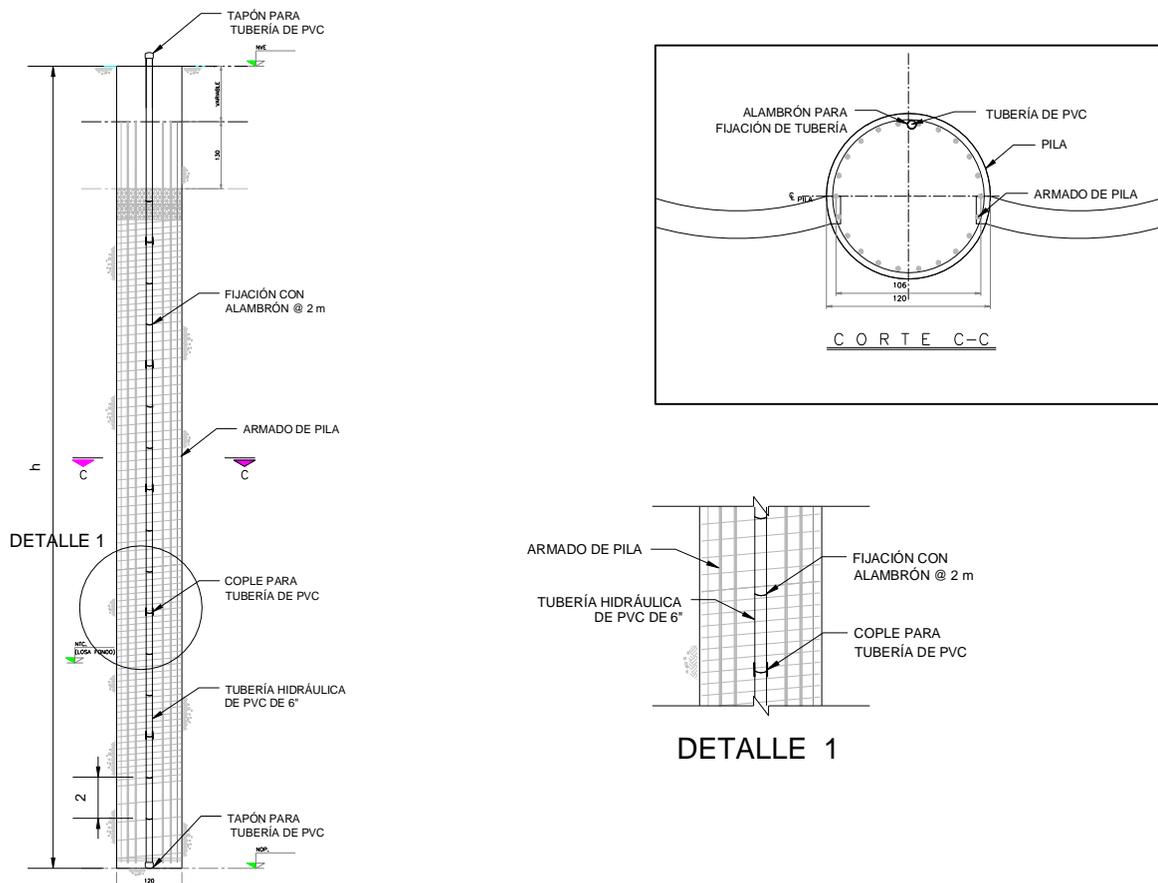


Fig.24 - Fijación de tubería de PVC en armado de pila.



#### 4.2.4.2. Consideraciones en la instalación del Inclinómetro.

Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se dieron facilidades para que se instale la tubería de PVC en el armado de la pila correspondiente, tal como se indica en la Fig.23.
- La localización del Inclinómetro en el armado estuvo a cargo del personal de obra.
- Se garantizo que durante el colado de la pila no hubiera filtraciones de concreto o de lechada de cemento por los coples de la tubería de PVC.
- Se relleno la tubería con agua previo al proceso de colado de la pila.
- La profundidad de desplante de este Inclinómetro es igual a la máxima profundidad de la pila, respectivo.
- A las 24 hrs de colada la pila, se coloco la tubería del Inclinómetro como muestra la Fig.25, utilizando un mortero de alta resistencia de  $300 \text{ kg/cm}^2$ .





#### 4.2.4.3. Frecuencia de lecturas en los Inclínómetros.

La frecuencia de lecturas en los Inclínómetros será la siguiente:

- Primer lectura 15 días previos al inicio de la excavación, la segunda tres días posteriores, si las dos lecturas son similares se toma como inicial, de no ser así se repetirán las lecturas hasta que tengan una diferencia máxima de  $\pm 3\text{mm}$ .
- Se realizaron dos lecturas por semana durante la excavación.
- Después de colar la losa de fondo se deberá realizar una lectura por semana hasta concluir la construcción de la Estación.
- Una vez concluida la construcción de la Estación, se realizará una lectura al mes, durante cuatro meses, después de lo cual si se registra una tendencia de estabilidad se podrá ampliar a tres meses hasta la entrega de la obra al cliente.



### **4.3. PREVISIÓN PARA EL PASO DEL ESCUDO.**

#### **4.3.1. Análisis de Estabilidad para el Tratamiento Geotécnico de Entrada y Salida de la Estación Insurgentes Sur, perteneciente a la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México.**

Se realizó un análisis de estabilidad del terreno vecino a las ventanas que se abrirán en las cabeceras de la estación Insurgentes Sur de la línea 12 del Metro, perteneciente al Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México, para el “lanzamiento” y “recepción” del escudo, que excavará los tramos de túnel, vecinos. Se detectó en este análisis que la resistencia de los suelos del sitio, tienen características de resistencia adecuadas para soportar con seguridad los esfuerzos inducidos en el terreno, durante el proceso de apertura de las ventanas. Sin embargo debido a la existencia de agua freática a manera de mantos colgados por arriba de la clave del túnel que se excavará se realizó la colocación de un tratamiento mediante suelo-cemento capaz de garantizar la estanqueidad en el frente de excavación del escudo EPB.

La apertura de la ventana considerada fue de 10.18 m.

#### 4.3.1.1. Estratigrafía del sitio.

En la tabla 3. Se presenta el modelo geotécnico de la estación Insurgentes Sur determinado por el consorcio Línea 12 y que viene indicada en el plano Perfil Estratigráfico con designación PMDF-09-MS-612295-III-0014-01601-P-00.

EST.	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN	w (%)	c (kPa)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	E (kPa)	v
	De (m)	A (m)						
1	0.00	1.60	Arcilla arenosa con gravas y material de construcción.	20	5	16.5	9,000	0.25
A	1.60	9.60	Arcilla arenosa de baja plasticidad de consistencia dura.	20	27	18.0	15,500	0.25
B	9.60	12.80	Arena limosa en partes arcillosa en estado muy compacto.	20	60	17.0	52,000	0.20
C	12.80	27.50	Arena limosa en estado muy compacto con fragmentos de grava angulosa.	20	120	18.5	150,000	0.10
D	27.50	32.50	Arena limosa en partes arcillosa en estado muy compacto.	20	80	17.3	75,000	0.20
E	32.50	35.00	Arena limosa en estado muy compacto con fragmentos de grava angulosa.	20	100	18.5	120,000	0.10

**Tabla 3 - Modelo geotécnico de los suelos vecinos a la estación.**

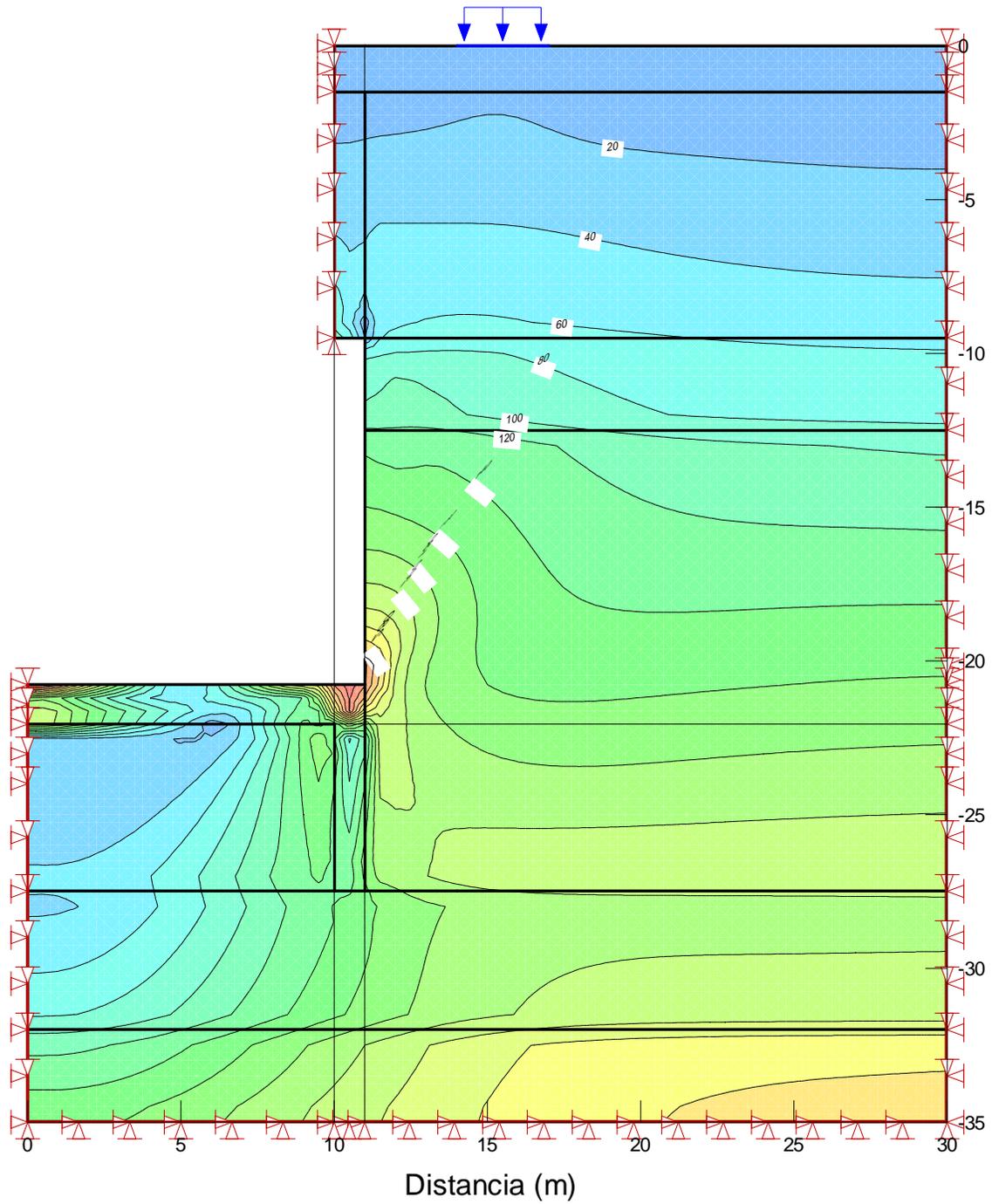


#### 4.3.1.2. Análisis de estabilidad del terreno vecino a la ventana.

##### a) Sin mejoramiento del subsuelo.

Se ejecuto un análisis bidimensional utilizando la técnica del elemento finito, mediante el uso del software computacional llamado Geostudio 2007. La simulación se realizó utilizando un modelo constitutivo elástico-lineal y considerando esfuerzos totales. Las propiedades geotécnicas de los estratos utilizadas para formar el modelo de análisis, se muestra en la tabla 1. Se consideró una sobrecarga en la superficie de 15 kPa en una longitud de 5.0 m, esto con la intención de considerar la presencia de maquinaria.

La Fig.26 del muestra los esfuerzos cortantes máximos que se presentan al momento de la apertura de la ventana en la estación. Los valores de esfuerzo cortante alcanzan los 200 kPa en la mayor parte de la ventana y en la parte inferior de la apertura llegan a 280 kPa. Este último valor se presenta en una zona puntual lo que no genera inestabilidad.



**Fig.26 - Esfuerzos cortantes máximos, sin mejoramiento del subsuelo.**

En la Fig.27 se muestran las deformaciones elásticas horizontales producidas por la apertura de la ventana sin mejoramiento del subsuelo, que ascienden a poco más de 0.35 cm.

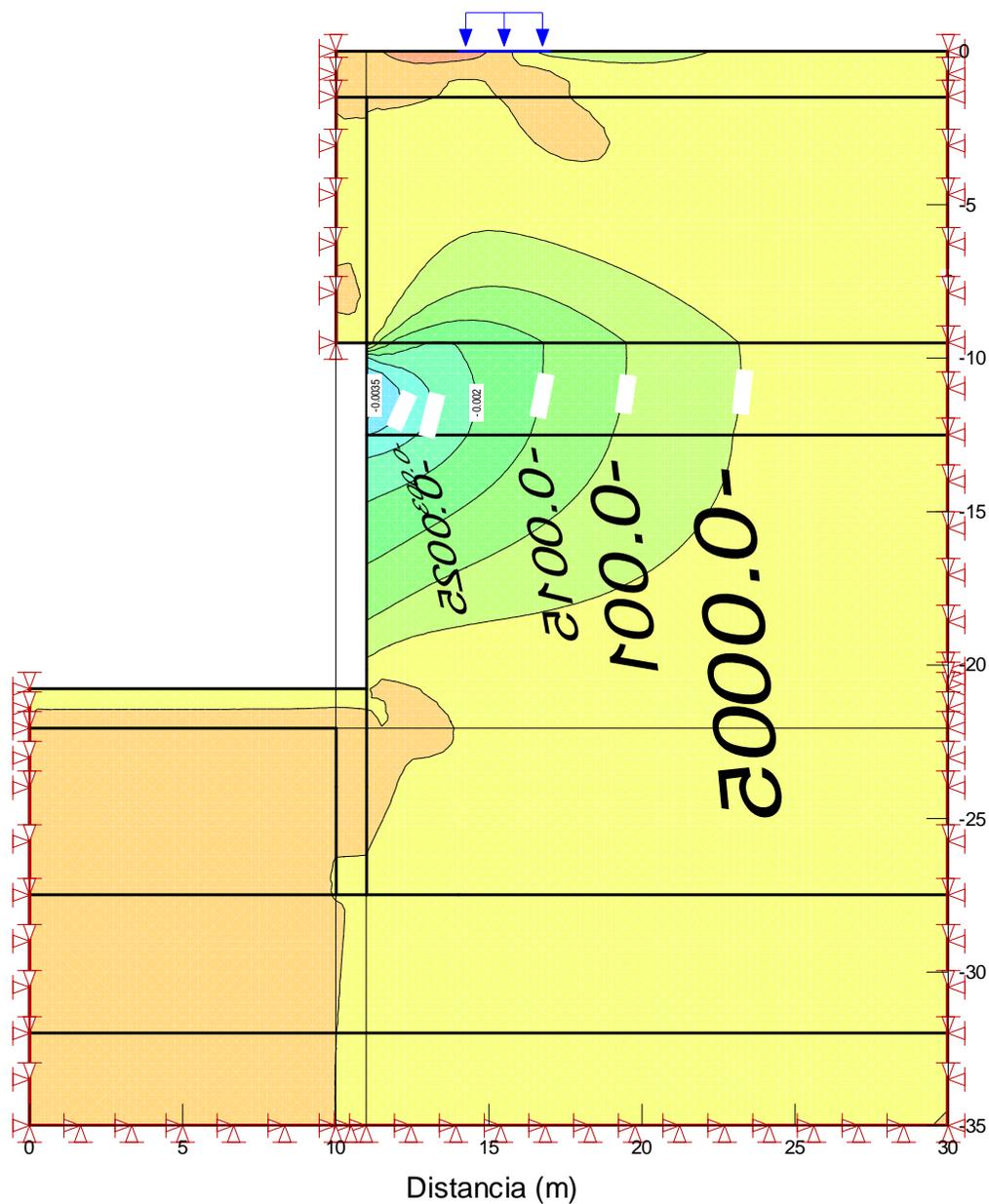


Fig.27 - Desplazamientos horizontales, sin mejoramiento del subsuelo.



Se concluye que la apertura de la ventana sin contar con algún tipo de estabilización no causa inestabilidad en esta. Sin embargo, debido a la presencia de agua freática a manera de mantos colgados los cuales se encontrarán ubicados por arriba de la clave del túnel que se construirá, será necesaria la construcción del mejoramiento por detrás de los muros de las cabeceras. Esto con la finalidad de garantizar la estanqueidad del frente de excavación.

**b) Con mejoramiento del subsuelo.**

El mejoramiento consistirá en la sustitución del suelo circundante a la estación en las cabeceras de la estación donde se tiene planeado que la máquina tunelera inicie o termine su tramo de excavación.

La mezcla de suelo-cemento tendrá las siguientes características:

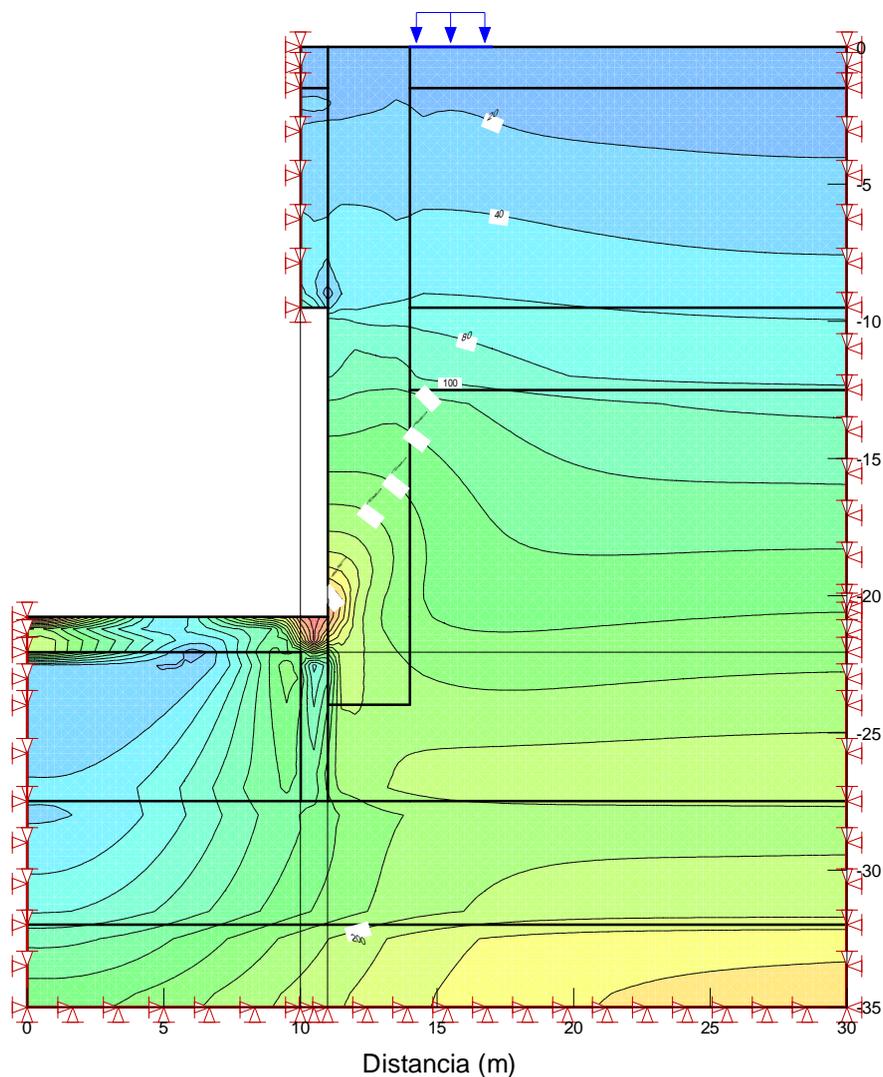
Peso específico.	17 kN/m <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión simple.	2,942 kPa
Cohesión.	1,471 kPa
Módulo de elasticidad.	176.52 MPa

Las dimensiones del prisma de suelo-cemento mejorado que se consideró para el análisis mediante elemento finito son:

Ancho, transversal al eje del túnel.	m
Largo, paralelo al eje del túnel.	m
Profundidad.	m

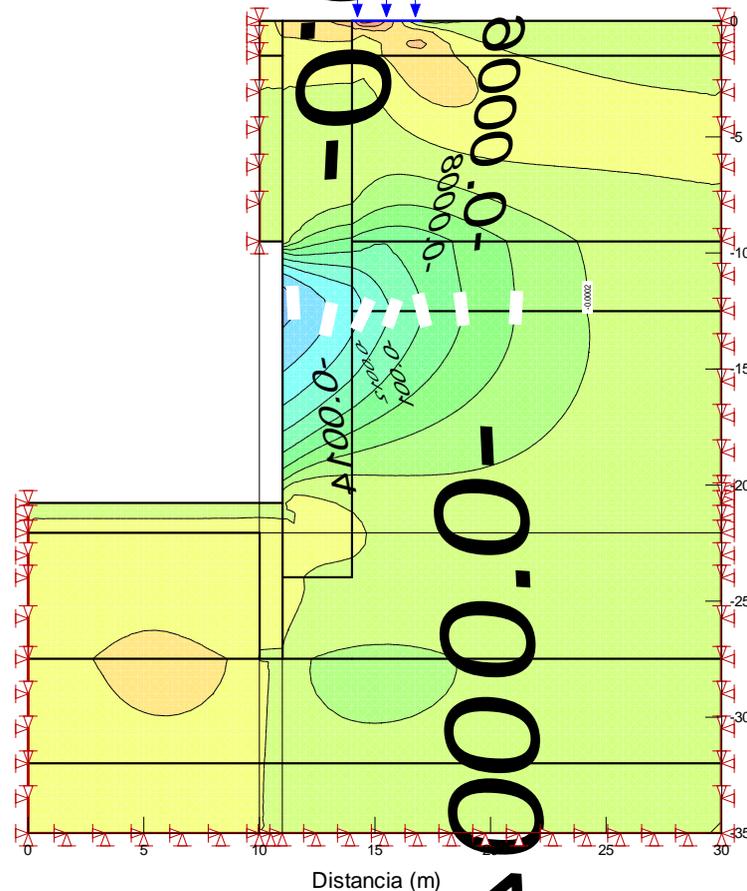
El análisis ejecutado es para una franja de 1.00 m de ancho.

Ejecutando la sustitución del prisma de suelo existente por suelo-cemento (ver Fig.28), los valores de esfuerzo cortante máximo llegan hasta 280 kPa en la parte inferior de la apertura de la ventana.



**Fig.28 - Esfuerzos cortantes máximos, con mejoramiento del subsuelo.**

El esfuerzo cortante máximo representado en la restante zona de la ventana alcanza valores entre 140 y 200 kPa (Kilo Pascales). El desplazamiento elástico horizontal máximo que se presenta en este último caso es de poco más de 0.16 cm (Fig.29).



**Fig.29 - Desplazamientos horizontales, con mejoramiento del subsuelo.**

En resumen el mejoramiento con suelo-cemento en este caso en particular no aumenta las condiciones de estabilidad de manera considerable ante la apertura de la ventana. Como se mencionó la necesidad de su construcción responde a otros fines, los cuales se mencionaron anteriormente.



#### 4.3.2. Tratamiento Geotécnico de Entrada y Salida de la Estación Insurgentes Sur, perteneciente a la línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México para el paso del escudo EPB.

Se realizó la sustitución del suelo natural por una mezcla de suelo-cemento, con una resistencia a la compresión simple de un mínimo de  $20 \text{ kg/cm}^2$ ; pero solo en la cabecera oriente debido a que se esperaba el paso del escudo.

La elaboración de la mezcla con la proporción enunciada en el punto siguiente; se elaboró en planta premezclada por CEMEX.

La dosificación propuesta del suelo-cemento para alcanzar tal resistencia, es la siguiente:

Cemento.	118 kg
Tepetate.	1,050 kg
Agua.	437 lt
Aditivo FSR.	1.77 kg*

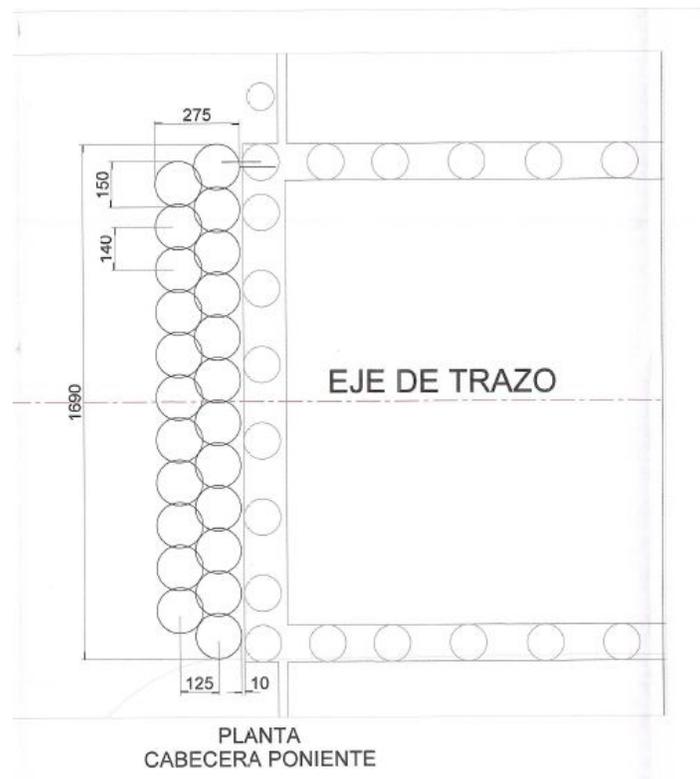
\* (1.5% en peso del cemento).

El suelo limo-arenoso que se empleó para la fabricación de la mezcla, es un tepetate común con límite líquido del 50% como máximo y una variación en su granulometría de finos a  $1 \frac{1}{2}$ ".

Se realizaron pruebas de resistencia a cada olla y se elaboro una tabla que muestra los resultados obtenidos incluyendo los valores de densidad de la mezcla, eso con el fin de tener las características finales de las mezclas colocadas y tomar decisiones en caso de requerirse.

La excavación para el reemplazo se podrá realizo mediante perforaciones de 1.5 m de diámetro, excavando con una maquinaria para pilas de cimentación.

La demolición de las ventanas circulares para el lanzado y recepción del escudo deberán iniciar antes de la entrada del escudo; el material de refuerzo tendrá una resistencia mínima de  $20 \text{ kg/cm}^2$ . Esto aun esta en consideración pero de llegarse a hacer será solo en la cabecera oriente.



**Fig.30 – Proyección de pilas vista en planta.**

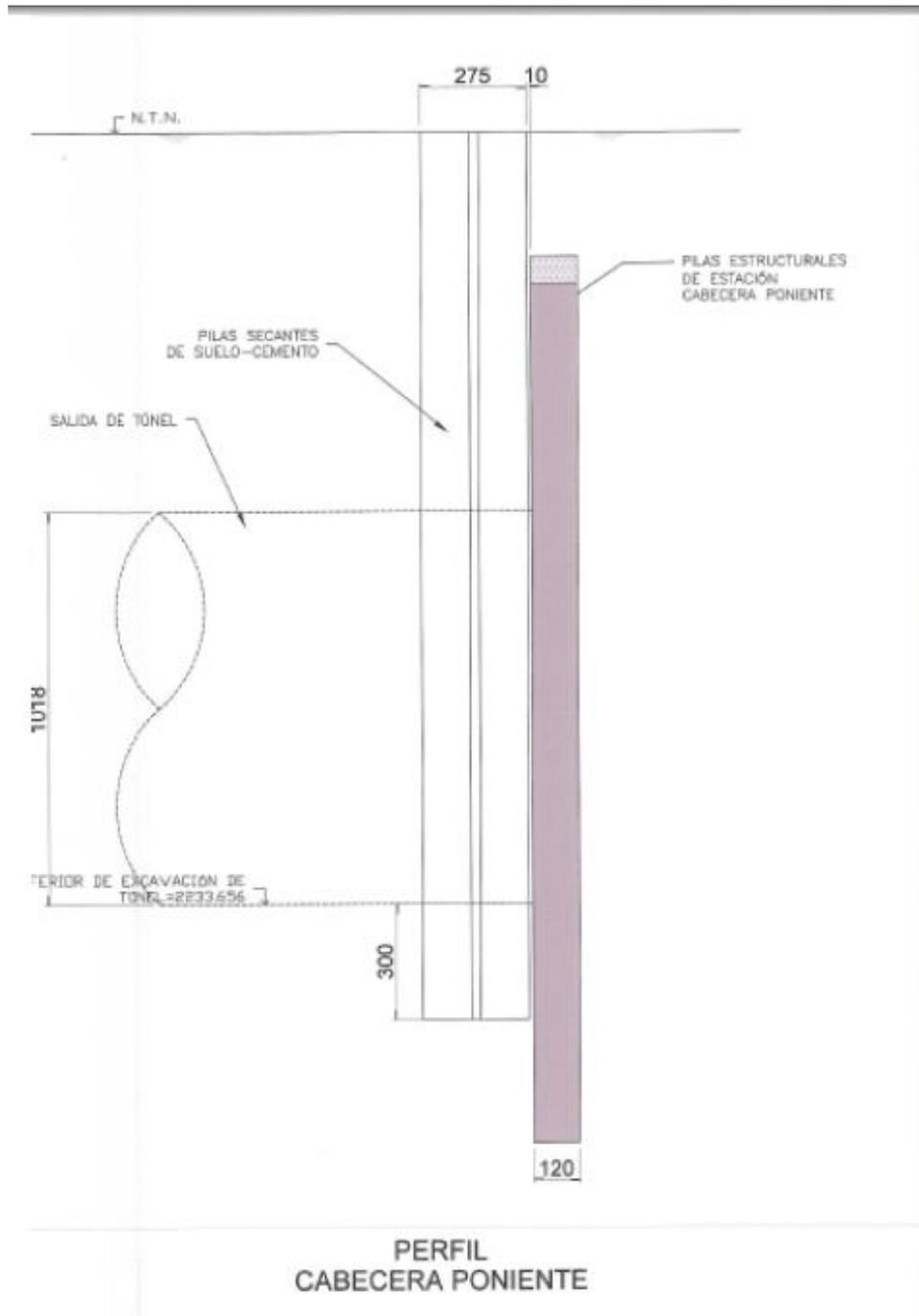


Fig.31 – Proyección de pilas vista en perfil.



**4.3.2.1. Procedimiento de sustitución de suelo por mezcla de suelo-cemento.**

- A. Trazo de la plantilla de barrenación en ambas cabeceras de la estación.
  
- B. Perforación mediante bote cortador y/o broca helicoidal igual al diámetro de la pila (1.50 m).
  
- C. Limpieza del fondo de la excavación mediante bomba sumergible.
  
- D. Colocación del suelo-cemento en cada perforación mediante tubería tremie, desplazando el lodo bentonítico desde el fondo y hacia la superficie, en los casos donde se utilice lodo bentonítico.
  
- E. Una vez terminado el colado se procederá con la siguiente barrenación, repitiendo el mismo procedimiento.



#### 4.4. PROCESO DE EXCAVACIÓN Y CONCRETO LANZADO.

El proceso constructivo de la estación se dividió en diferentes fases, tomando en cuenta que la excavación y estructuración atiende a tres diferentes profundidades: hasta nivel de losa de techo, a nivel de losa de mezzanine y finalmente hasta el nivel de losa de fondo, donde descansa el andén.

Adicionalmente, se cuenta con una estructura previamente construida, que sirve para contener las presiones del suelo existente. Esta estructura está conformada por pilas colocadas en el sitio de sección recta, y ubicadas en el perímetro de la estación.

El proceso de excavación se realizó por etapas laterales, cuyo objetivo fue proteger el suelo descubierto y construir las trabes perimetrales que se apoyan sobre las pilas perimetrales. Realizado lo anterior, se inició la excavación hasta nivel de mezzanine para lograr la construcción a cielo abierto de los sistemas de piso de nivel mezzanine y de techo.

Por lo anterior, la excavación se realizó primeramente solo en los costados a lo largo de la estación, hasta el nivel inferior de trabes portantes de la losa de techo.

Para contener el suelo superficial y entre la cabeza de las pilas perimetrales descubiertas, previamente construidas, se consideró una estructura de contención, conformada por malla electro soldada, concreto lanzado y una estructura metálica, colocada a cada 2.50 m, armada con la de los rieles del tranvía, rescatados de los trabajos previos efectuados en la zona.



Posteriormente, se realizó la excavación para pasar del nivel de losa superior al nivel de mezzanine, para lo cual fue necesario proteger el suelo descubierto entre pilas perimetrales, por medio de una malla y concreto lanzado.

El empleo del concreto lanzado responde a la necesidad de evitar que el terreno expuesto durante la excavación se intemperice y así evitar accidentes provocados por caídas del terreno.

El concreto lanzado se utilizó para recubrir el espacio entre las pilas con una resistencia de  $250 \text{ kg/cm}^2$ .

Debido a que se mezcló con grava de  $\frac{1}{2}$  pulgada y con fibra metálica, se agregó un aditivo fluidificante, se bombeó a una boquilla de 3 pulgadas y se impulsó mediante aire comprimido.

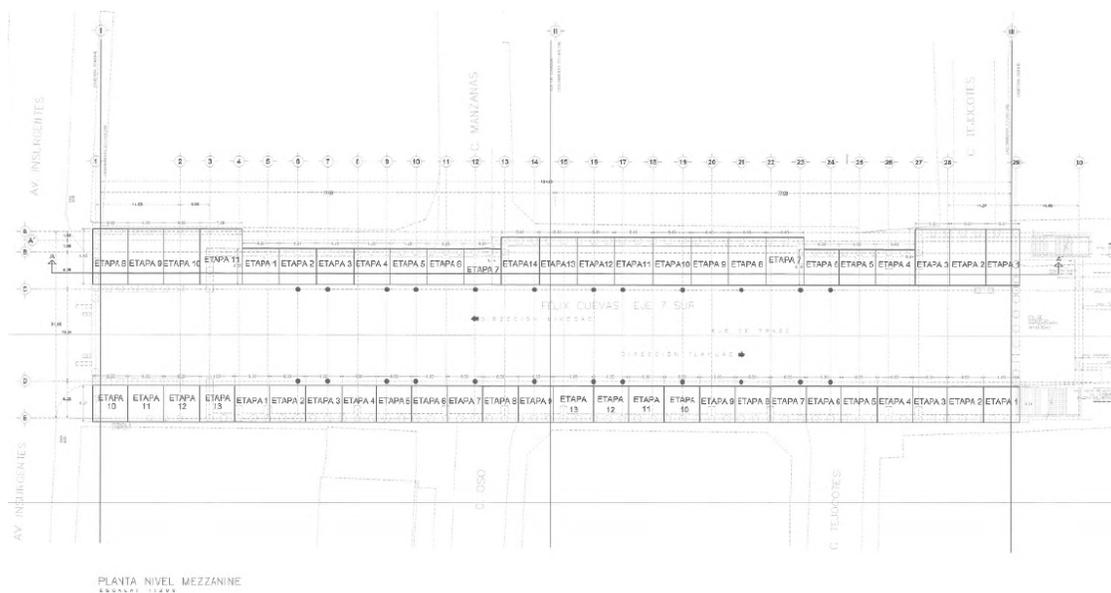
El concreto lanzado necesita, al igual que el tradicional, un curado adecuado para desarrollar todas sus propiedades.

Para evitar posibles movimientos al momento de llevar a cabo la excavación, se colocaron dos niveles de troqueles los cuales se apoyaron sobre un muro Berlín.

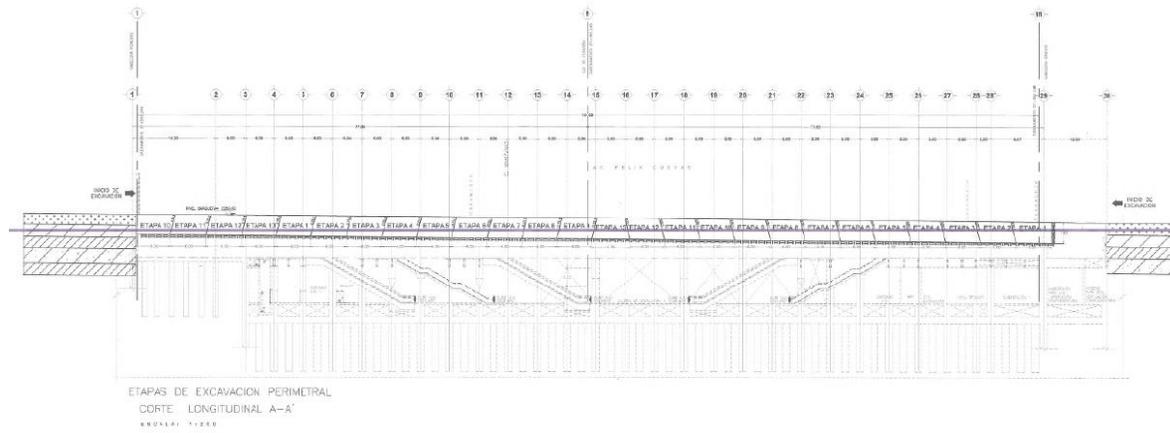
El muro Berlín está construido con dos tipos de viguetas verticales y horizontales: viguetas secundarias (horizontales) sección IR de 14" X 159 lb/ft @ 3.0 de distancia; y viguetas principales (verticales) sección IR de 12" X 45 lb/ft @ 2.50 m de distancia.

Realizado lo anterior, se procedió a la excavación en la zona central en donde se apoya el nivel de mezzanine. En este caso, se distinguen dos zonas la oriente localizada entre la calle manzanas y la cabecera oriente, y la poniente entre la calle manzanas y la cabecera poniente. En esta última se ubica como colindancia u edificio de 8 niveles de sótano.

En la zona poniente de la excavación entre el nivel de losa de techo y la de nivel de mezzanine, se realizó en dos sub-etapas, realizando primero la zona central para después terminar con las laterales colocando un sistema de apuntalamiento.



**Fig.32 – Planta etapas de excavación zonas laterales.**



**Fig.33 – Etapas de excavación perimetral corte longitudinal.**



#### **4.5. INSTRUMENTACIÓN, EN LA ESTACIÓN INSURGENTES SUR, DE LA LÍNEA 12 DEL METRO, DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.**

Con el objetivo de observar el comportamiento de la excavación durante la construcción de la Estación Insurgentes Sur por el sistema top down, así como de los edificios aledaños a la misma, instalo la instrumentación a base de Bancos de Nivel Superficial y Puntos de Control de Movimientos Diferenciales en edificaciones (palomas y plomos).

##### **4.5.1. Control de movimientos en la superficie.**

###### **4.5.1.1. Líneas de colimación.**

Este control se realizó mediante dos líneas de colimación a lo largo de la Estación Insurgentes Sur, en sus dos lados (norte y sur) compuestas cada una, por Palomas separados a cada 10.00m entre sí. Las líneas de colimación son paralelas al eje de trazo, a 2.50m a partir del eje de la pila (*ver Fig.23*).

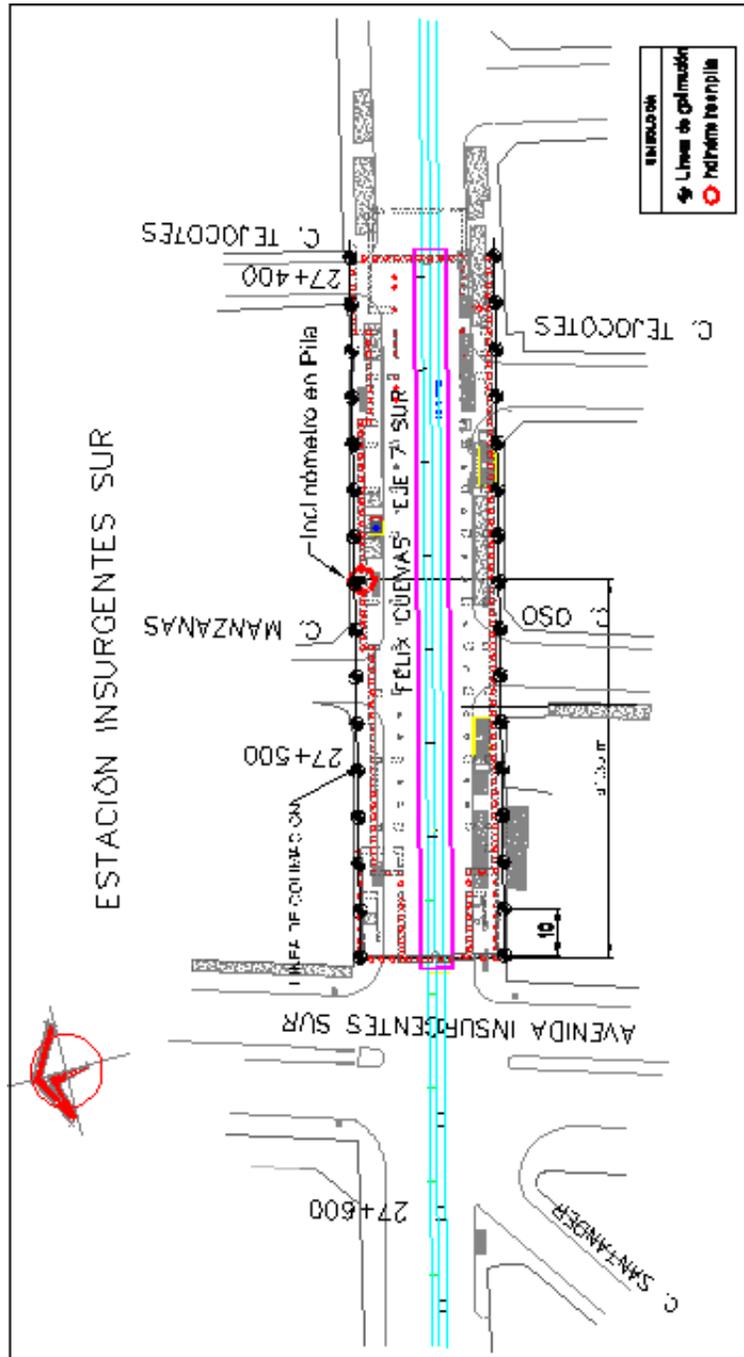


FIG.23 - Ubicación de líneas de colimación e Inclinómetro.



Todos los puntos de las líneas de colimación se ubicaron sobre un eje y para que posteriormente se midieran las posibles deformaciones transversales y verticales que sufra cada uno de ellos.

En áreas verdes, estos Bancos de Nivel están constituidos por un cilindro de concreto simple de 15cm de diámetro por 30cm de altura, con un tornillo metálico de 5/8" x 4" empotrado en su cara superior; dicho tornillo tiene una cabeza semiesférica (cabeza de gota) con una línea grabada perpendicularmente a la ranura que el tornillo tiene en su cabeza. La ranura sirve de guía a una regla metálica graduada. La separación entre los Bancos es de 10.00m.

En asfalto, el Banco podrá ser el tornillo directamente empotrado de manera firme en la carpeta siempre que se garantice su integridad.

La frecuencia de las lecturas en estos Bancos está la indicada a continuación:

Se realizó una primera lectura 15 días previos al inicio de la excavación, la segunda tres días posteriores, y como las dos lecturas fueron similares (una diferencia máxima de  $\pm 3$  mm) se tomó como inicial.

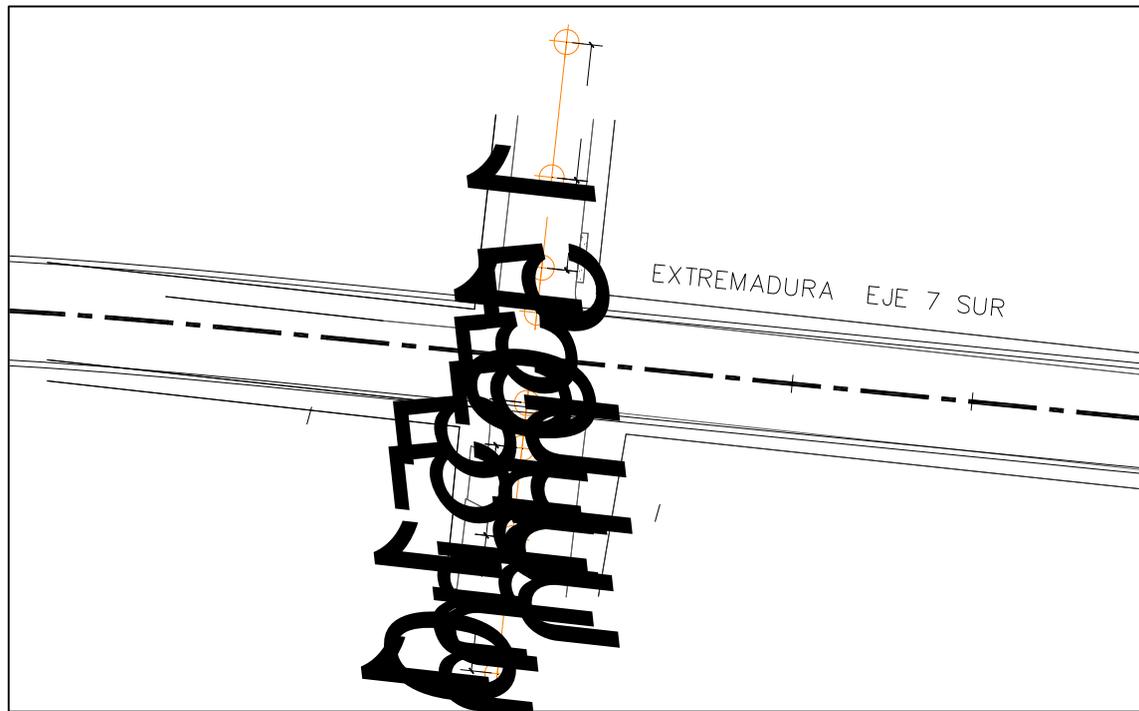
Se realizó una lectura cada tercer día durante la excavación.

Durante el proceso de construcción, se realizó el monitoreo una vez a la semana.

Una vez concluida la construcción del tramo, se realizó una lectura al mes, durante cuatro meses, después de lo cual se podrán tomar lecturas cada tres meses hasta la entrega de la obra al cliente.

#### 4.5.1.2. Referencias superficiales transversales al eje de trazo.

Este control se realizó mediante una Línea de Colimación transversal a la Estación Insurgentes Sur, compuesta por Bancos de Nivel Superficiales. Dichas líneas de colimación están colocadas en cada una de las calles que cruzan la estación como muestra la Fig.34, los Bancos de Nivel Superficial se distribuyen a 5m, 10m y 15m de cada lado.



DETALLE DE DISTRIBUCIÓN  
DE REFERENCIAS

Fig.34 - Referencias transversales.



Todos los puntos de las Líneas de Colimación se ubican sobre un eje y posteriormente se miden las posibles deformaciones transversales y verticales que sufra cada uno de ellos.

En áreas verdes los Bancos de Nivel están constituidos por un cilindro de concreto simple de 15cm de diámetro por 30cm de altura, con un tornillo metálico de 5/8" x 4" empotrado en su cara superior; dicho tornillo tiene una cabeza semiesférica (cabeza de gota) con una línea grabada perpendicularmente a la ranura que el tornillo tiene en su cabeza. La ranura sirve de guía a una regla metálica graduada.

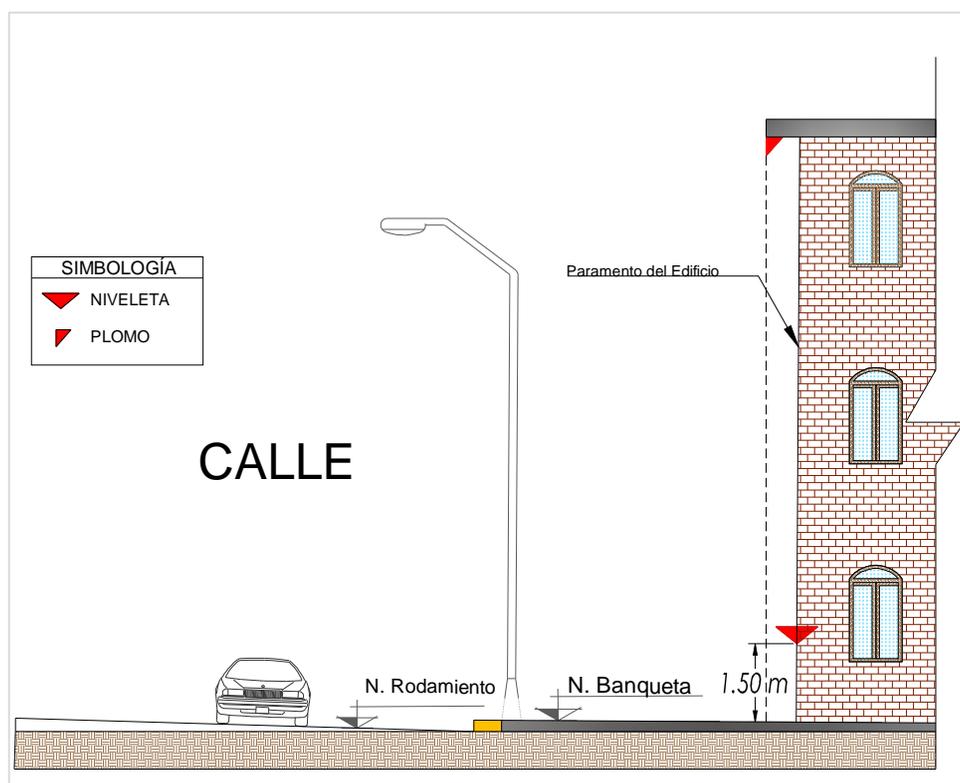
En pavimento el Banco de Nivel está constituido por un tornillo metálico de 5/8" x 4", con cabeza semiesférica (cabeza de gota) y una línea grabada perpendicularmente a la ranura que el tornillo tiene en su cabeza. La ranura sirve de guía a una regla metálica graduada. El tornillo quedo empotrado de manera firme en la carpeta garantizando su integridad.

La frecuencia de las lecturas es similar a la indicada en el subtema 4.5.1.1.

#### 4.5.2. Palomas y plomos.

Con el fin de conocer los movimientos que se pudieran presentar en los edificios aledaños a la estación, se colocaron marcas de pintura (Palomas) y Puntos de Desplome en los paramentos de éstos, de acuerdo con lo descrito a continuación:

Las Palomas se ubican en las edificaciones colindantes con la zona de proyecto. Las marcas (Palomas) se colocaron en las colindancias de los edificios a 1.50m de altura o a una cota cerrada aproximadamente a la misma altura, medido a partir del nivel de banqueta, tal como se muestra en la Fig.35.



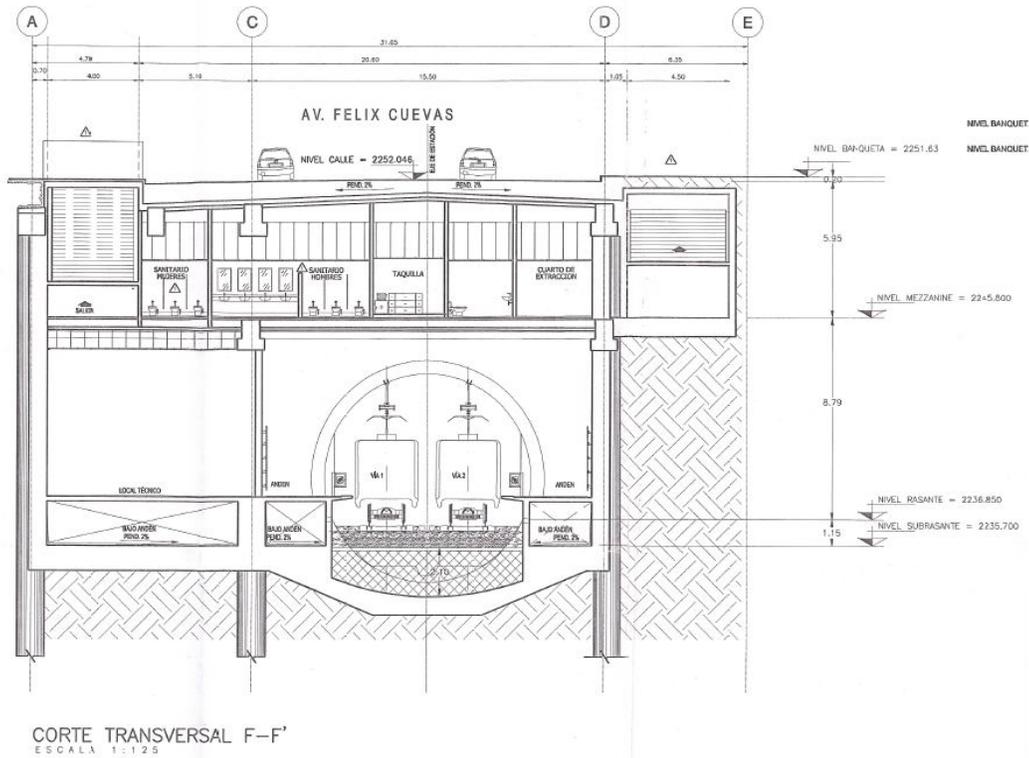
**Fig.35 - Palomas y plomos.**



Además de las Palomas, se marcaron Puntos de Desplome en los edificios de tres niveles o más, colindantes con la obra, utilizando las botaguas de algunas edificaciones, fijando ménsulas o perfiles de fierro en las azoteas o colocando reflejantes en las esquinas superiores. Posteriormente se midieron los posibles desplomes que se presentaron en cada uno de ellos. Se tomo una lectura de desplome inicial, la cual sirvió de referencia y para conocer si la edificación se encuentra desplomada de origen, antes del inicio de las obras del metro.

La frecuencia de las lecturas es similar a la indicada en el subtema 4.5.1.1.





**Fig.37 – Estación Insurgentes Sur corte transversal.**

### 4.6.1. Losa Tapa.

Es también llamada “Losa de Techo”; fue colada in situ sobre las traveses con un armado de varilla a dos capas de ½ pulgada a cada 50 cm en ambos sentidos, malla electro soldada y un firme de compresión de 20 cm con una resistencia de 250 kg/cm<sup>2</sup>.

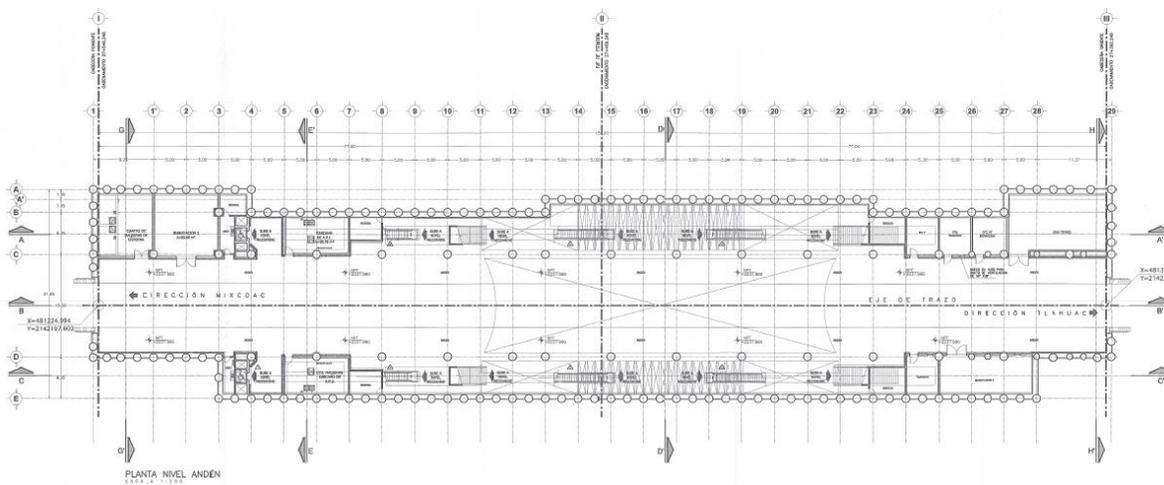


Fig.38 – Planta Nivel Anden Arquitectónico.



Fig.39 – Planta de losa “TV”.



#### **4.6.1.1. Memoria de cálculo de trabes “TV-01”.**

##### **4.6.1.1.1. Generalidades.**

###### **4.6.1.1.1.1. Descripción General.**

Se presenta el diseño y análisis de la trabe de sección variable TV-01, la cual forma parte del nivel de accesos, el modelo fue realizado en el programa PRODEP.

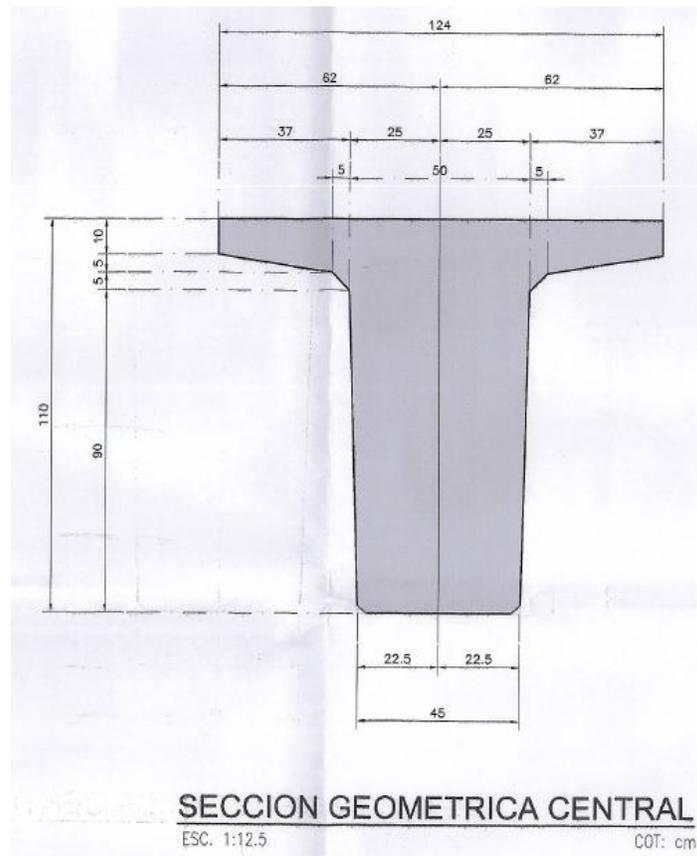
La losa se apoyara sobre trabes portantes.

###### **4.6.1.1.1.2. Criterios de análisis y diseño.**

Los elementos mecánicos para el diseño de los elementos estructurales se obtuvieron de los modelos de análisis estructural, tomando en cuenta las acciones a las que estarán sujetos considerando la combinación de las mismas factorizadas de acuerdo a reglamentos ya mencionados.

Parte del sistema estructural está constituido por elementos prefabricados de concreto, por tal razón se toman en consideración las diferentes etapas de construcción a que van a estar sujetos y por tanto a las acciones que se presentan en cada etapa de construcción.

Ya en condiciones de servicio se considera totalmente conectados los elementos estructurales, cumpliendo los requisitos de resistencia y servicio estipulados en los reglamentos en los que se basa el diseño estructural.



**Fig.40 – Sección geométrica central de trabe “TV”.**



#### 4.6.1.1.2. Especificaciones.

##### 4.6.1.1.2.1. Materiales.

Concreto estructural. . . . .	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo (excepto varillas #2). . . . .	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo varillas #2. . . . .	$f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
Acero de presfuerzo grado 270K. . . . .	$f_{pu} = 19000 \text{ kg/cm}^2$

##### 4.6.1.1.2.2. Parámetros de diseño.

Clasificación de la Estructura. . . . .	Grupo A
Factor de Carga (acciones permanentes). . . . .	$FC = 1.5$
Factores de Resistencia, de acuerdo con las especificaciones del RCDF-2004	
Factores de resistencia por flexión. . . . .	$F.R = 0.9$
Factores de resistencia por cortante. . . . .	$F.R = 0.8$
Factores de resistencia por torsión. . . . .	$F.R = 0.8$





#### **4.6.1.1.2.3. Códigos y normas de diseño.**

- Reglamento de Construcción del Distrito Federal y sus correspondientes.
- Normas Técnicas Complementarias (RCDF Y NTC, 204).
- PCI Design Handbook.

#### **4.6.1.1.2.4. Programas y ayudas.**

- Programa de análisis y diseño SAP2000 y PRODEP.
- Programa de dibujo asistido por computadora AUTOCAD.
- Microsoft office Word y Microsoft Office Excel.



**4.6.1.1.3. Cargas de diseño.**

**4.6.1.1.3.1. Acciones permanentes.**

**4.6.1.1.3.1.1. Zona de Mezzanine.**

	Ton/m <sup>2</sup>
Acabados. . . . .	0.15
Instalaciones. . . . .	0.05
Adicional firme. . . . .	0.02
Carga viva máxima. . . . .	0.50

**4.6.1.1.3.1.2. Zona losa superior.**

	H    γ    B	Ton/m
Pavimento =	0.13 x 2.2 x 1.25 =	0.36
Relleno =	1.9 x 1.8 x 1.25 =	4.30
Firme =	0.2 x 2.4 x 1.25 =	0.60

Carga viva zona losa superior.





Carga equivalente usada en el diseño de traveses TV.

Para el diseño de las traveses se aplicaron seis carriles de circulación, todos con camión, sin reducción por el número de carriles. Se analizaron por separado, los camiones HS20, T3S3 y T3S2R4.

Se analizó el sistema de piso con el programa SAP2000 y se obtuvieron los momentos máximos al centro del claro, con estos se propone una carga uniforme equivalente para diseñar los elementos.

MOVIMIENTO MAXIMO POSITIVO.

CAMION	HS-20	T3-S3	T3-S2-R4
M =	35.02	36.21	36.4 T.m
L =	14.70	14.7	14.7 m

$$M = wL^2/8$$

w =	1.30	1.34	1.35 T/m
-----	------	------	----------

w =	1.35 T/m
-----	----------

Ancho de traveses.

B =	1.25
-----	------

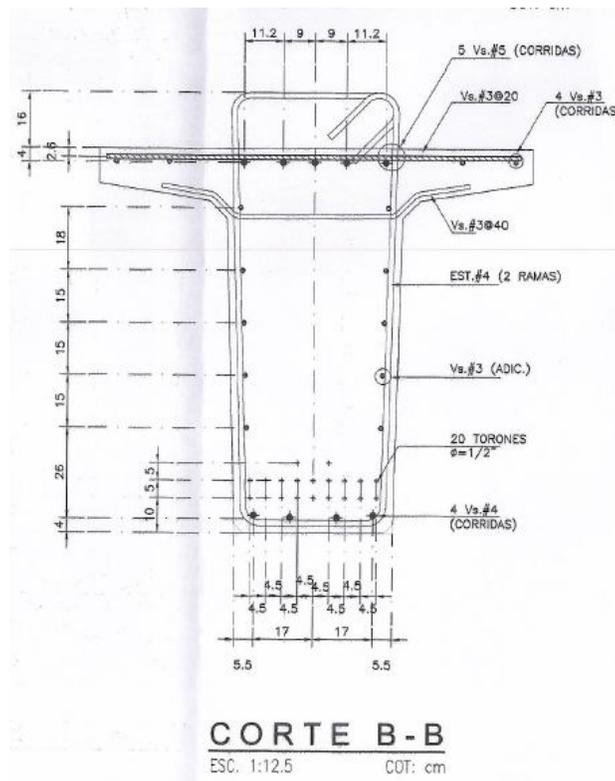
Carga por metro cuadrado.

$$W = 1.08 \text{ T/m}^2$$

No se considera impacto ya que se tiene un relleno mayor de 1m.

$$W_{cv} = 1.08 \text{ T/m}^2$$

Usaremos carga de  $1.1 \text{ T/m}^2$  y se aplicaran los factores para grupo A indicados en el RDF.



**Fig.41 – Corte B – B de trabe “TV”.**



#### 4.6.1.1.4. Análisis y diseño traveses “TV”.

El diseño de este elemento se efectuó con el programa para diseño de elementos presforzados y solo aplica la revisión por resistencia a Momento y diseño por Cortante, las graficas para revisión de esfuerzos no aplican ya que no hay esfuerzo.

Las deformaciones son calculadas con la sección no agrietada.

Las tensiones se tomaran con el acero de refuerzo del lecho superior existente en la trabe, los esfuerzos de tensión solo se presentan durante la etapa de transferencia, durante la etapa de las cargas de servicio estas fibras estarán en compresión por lo que no hace falta más acero del especificado.

#### Refuerzo por cambios volumétricos.

De acuerdo a la sección 5.7 de las NTC del RCDF, el acero de refuerzo por cambios volumétricos (Temperatura) en una sección se calcula con;

$$a_s = 660x_1 / f_y (x_1 + 100)$$

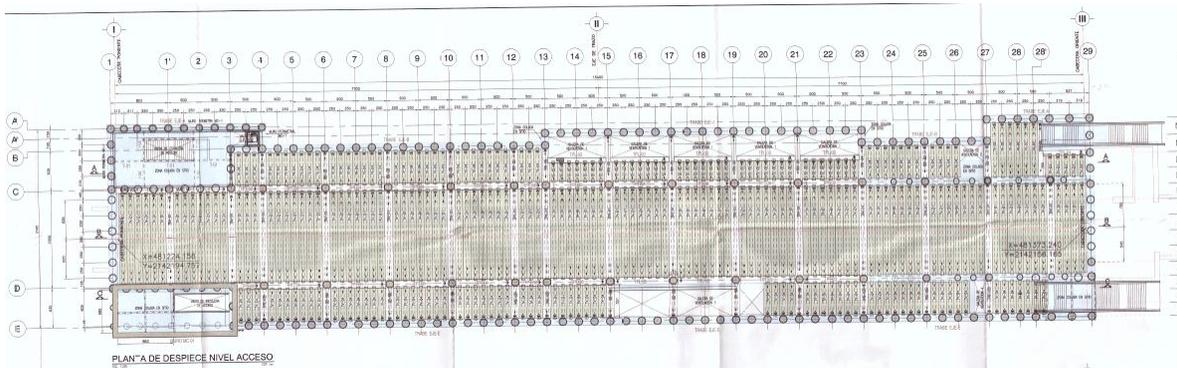
Tomando en cuenta que en este proyecto se debe calcular el aspecto o la apariencia en el acabado de los elementos de concreto que estarán a la vista, se deba incrementar el área de acero por  $1.5 * 1.5$ , por lo que será;

$$a_s = 1.5 * 1.5 (660x_1 / f_y (x_1 + 100)) = 1485x_1 / f_y (x_1 + 100) \quad \text{donde}$$

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

$x_1$  es la dimensión del elemento perpendicular al acero, en cm.

El diseño y análisis anterior se desarrollo para las trabes tipo TV-01 sin embargo el mismo proceso de llevo a cabo para el diseño de las trabes tipo TV-02, TV-03, TV-04 y TV-05 que conforman el soporte sobre el cual se colaron tanto la losa Tapa como la de nivel Mezzanine.

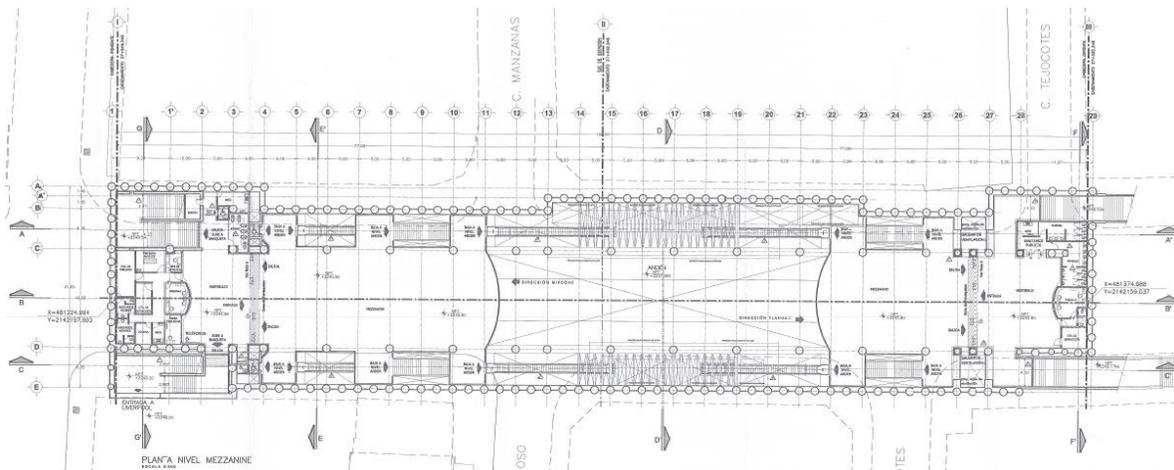


**Fig.42 – Planta de Despiece Nivel Acceso.**

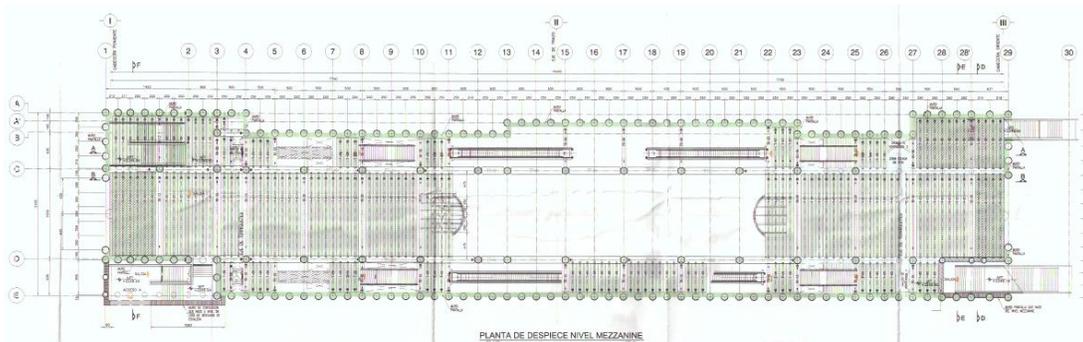
#### 4.6.2. Losa de Mezzanine.

La losa de Mezzanine o “Losa de Vestíbulo”; fue colada en sitio sobre las traveses con un armado de varilla a dos capas de 3/8 pulgada a cada 15 cm en ambos sentidos; una vez terminadas las traveses se hizo el balcón que se armó y se coló en sitio y un firme de compresión de 20 cm de concreto armado, con una resistencia de 100 kg/cm<sup>2</sup>. Esto en la zona central de la estación.

En las zonas laterales se colocó malla electro soldada, varilla del No.3 a cada 50 cm en ambos sentidos, bastones a cada 40cm en el sentido transversal de la estación y en su sentido longitudinal a cada 20 cm; con el mismo firme de compresión.



**Fig.43 – Planta Nivel Mezzanine Arquitectónico.**



**Fig.44 – Planta de Despiece Nivel Mezzanine.**

#### **4.6.2.1. Firmes de Compresión Colados en Área de Mezzanine.**

##### **4.6.2.1.1. Diseño de Alero.**

En un ancho de 1m.

<b>Etapas de Carga</b>	<b>W (t/m<sup>2</sup>)</b>	<b>w (t/m)</b>
P. propio alero.	0.19	0.19
C. muerta	0.26	0.26
S.c. muerta	0.20	0.20
C.v. máx.	0.50	0.50

**Datos Geométricos:**

Ancho de losa.	B =	1.25	m.
Distancia entre nervios.	Dn =	0.30	m.
Long. de alero.	La =	0.48	m.
Peralte de alero.	ha =	8	cm.
Peralte efectivo de alero.	da =	6.5	cm.
Firme.	Hfirme =	10	cm.
Peralte efectivo.	dfirme =	8	

**Materiales.**

Concreto en Alero.	f'c =	350	kg/cm <sup>2</sup> .
	fy =	5000	" (malla).
Concreto en Firme .	f'c =	250	kg/cm <sup>2</sup> .
	fy =	4200	" Varilla.

**Factores de Resistencia:**

Flexión.	$\phi =$	0.9
Cortante.	$\phi =$	0.8
	j =	0.85



**Revisión por flexión.**

1ª Etapa (peso propio + carga muerta).

$$w_u = (P_o.p.o. + C.m) = 0.678 \quad t/m$$

$$M_u = w_u * L_a / 2 = 0.076 \quad t*m$$

$$A_s = M_u / (o \ f_y \ j \ d) = 0.250 \quad cm^2/m$$

Con mal 6x6-6/6  $A_s = 1.227 \quad cm^2/m$

$$a = (A_s \ f_y) / 0.85 \ f'c \ b \quad a = 0.206 \quad cm$$

$$M_r = o \ (A_s \ f_y \ (d - a/2)) \quad M_r = 35320 \quad kg*cm$$

$$M_r = 0.353 \quad t*m$$

$$M_u < M_r$$

**Revisión por Cortante.**

$$V_u = w_u L_a \quad V_u = 0.32 \quad Ton$$

$$V_r = 0.53 \ f'c \ b \ d \quad V_r = 6445 \quad kg$$

$$V_r = 6.45 \quad Ton$$

$$V_u < V_r$$





2ª Etapa (peso propio + carga muerta + sc. muerta + cv. Máxima)

**Revisión por Flexión.**

$$w_u = 1.5 (P_o.p.o. + C.m + S.c.m) + 1.5 (C.v \text{ max.}) \quad 1.73 \quad t^*m$$

$$M_u = w_u * L_a / 6 = \quad 0.137 \quad t^*m$$

$$A_s = \quad M_u / (o \ f_y \ j \ d) = \quad 0.447 \quad cm^2 / m$$

$$\text{Con malla } 6x6-6/6 \quad A_s = \quad 1.227 \quad cm^2 / m$$

$$a = (A_s \ f_y) / (0.85 \ f'c \ b) \quad a = \quad 0.289 \quad cm$$

$$M_r = o (A_s \ f_y \ (d - a / 2)) \quad M_r = \quad 43375 \quad kg^*cm$$

$$M_r \quad 0.434 \quad t^*m$$

$$M_u > M_r$$

**Revisión por Cortante.**

$$V_u = w_u \ L_a; \quad V_u = \quad 2.12 \quad \text{Ton}$$

$$V_r = 0.53 \ f'c \ b \ d \quad V_r = \quad 125650 \quad kg$$

$$V_u > V_r$$

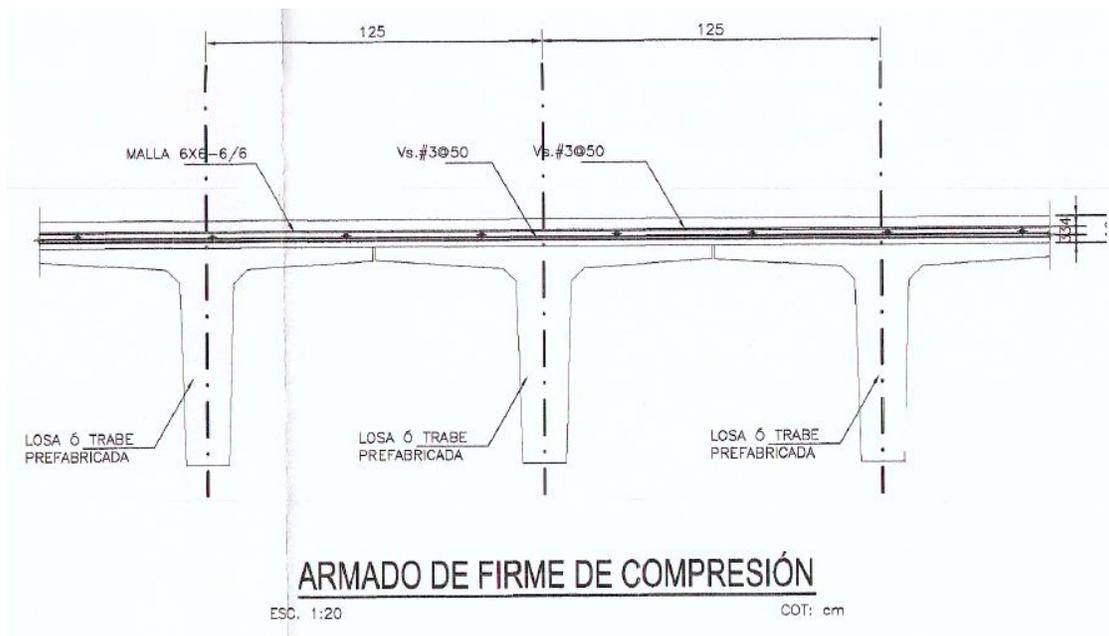


Fig.45 – Armado de Firme de Compresión Nivel Mezzanine.

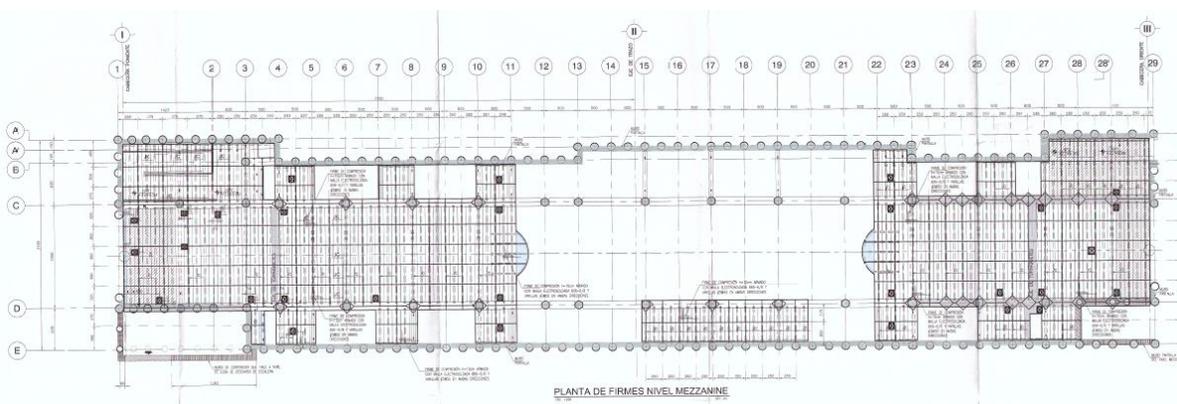


Fig.46 – Planta de FIRMES Nivel Mezzanine.

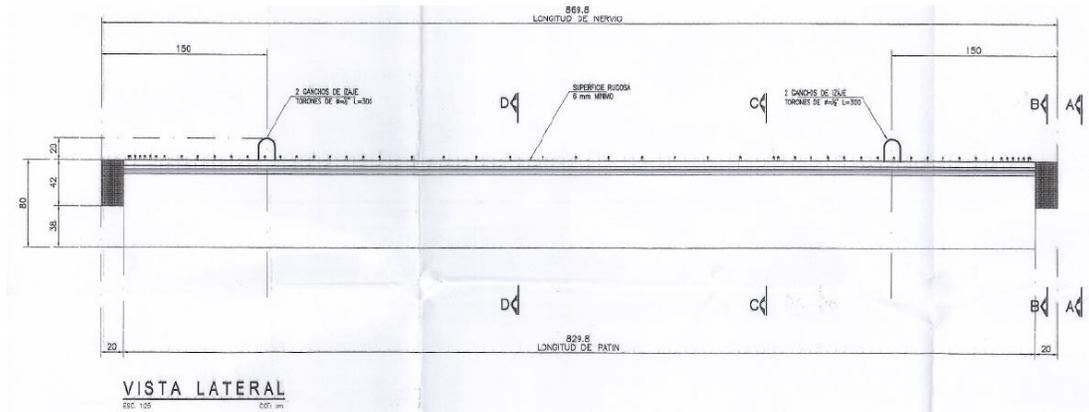


Fig.47 – Losa Nivel Mezzanine vista lateral.

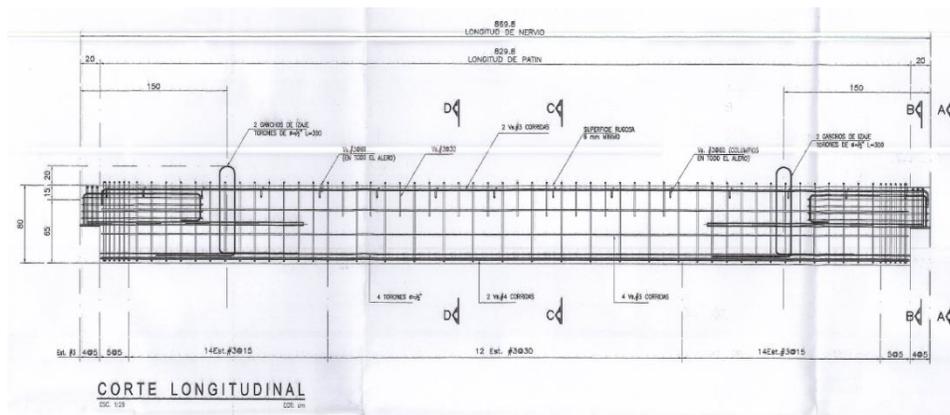
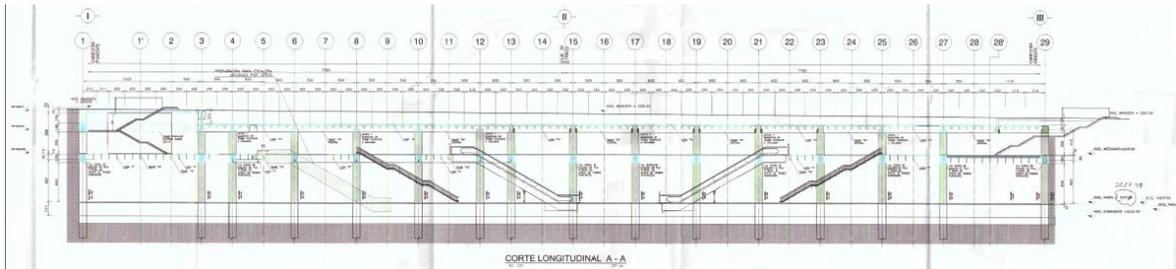


Fig.48 – Corte longitudinal de Losa Nivel Mezzanine.



**Fig.49 – Corte longitudinal A-A.**



#### 4.6.3. Losa de Fondo.

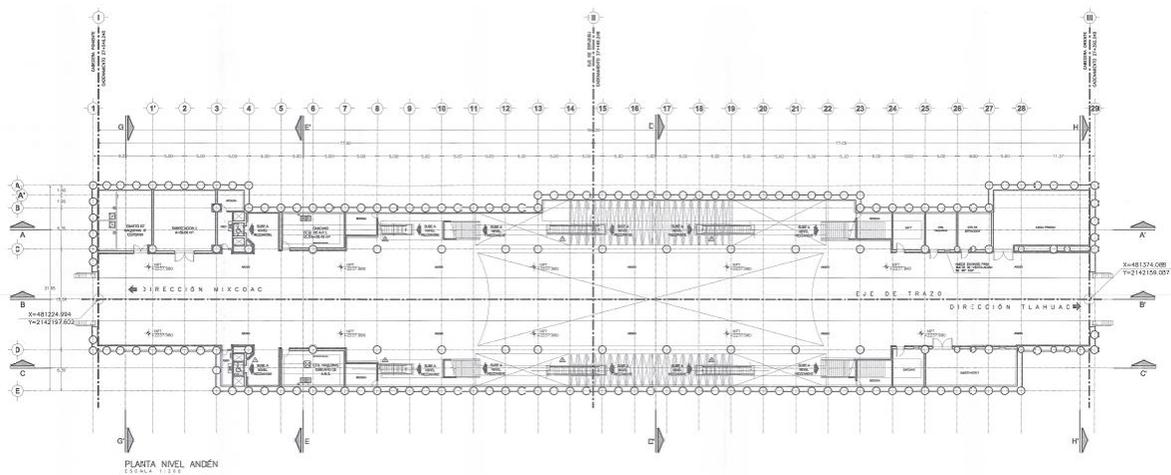
Para realizar la Losa de Fondo primero se le dio forma de canal al terreno y a continuación se coló la plantilla con un espesor de 5 cm de concreto pobre; acto seguido se coló la losa en sitio, con un armado de varilla a dos capas de 1 pulgada (o del #8) a cada 20 cm en las varillas transversales y a cada 25 en las varillas longitudinales. El concreto de esta losa tiene un espesor de 80cm. Antes de colar esta losa se dejan las preparaciones del acero de refuerzo de los muros de andén.

Se coló por etapas en el sentido longitudinal de la estación de 15m y se va dejando machinbrado para irlo uniendo.

En el sentido transversal se coló de manera completa de lado a lado. (entre los ejes "A" y "E").

#### 4.6.4. Losa de Anden.

Para la construcción de la Losa de Anden colando primero los dos muros de “bajo anden” a una altura de 1.80 m con un armado conformado por dos parrillas de varilla de  $\frac{1}{2}$  pulgada de  $\varnothing$  a cada 20 cm en ambos sentidos (horizontal y vertical); se cimbra y se vuelan con concreto de  $250 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia. Una vez que el concreto de los muros adquiere el 80% de su resistencia, se descimbran y se procede a cimbrar la losa de fondo, acto seguido se coloca el armado de ésta, colocando dos parrillas de varilla de  $\frac{1}{2}$  pulgada de  $\varnothing$  a cada 20 cm en ambos sentidos (longitudinal y transversal); a continuación se realiza el colado con concreto de  $250 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia.



**Fig.50 – Planta Nivel Anden Arquitectónico.**

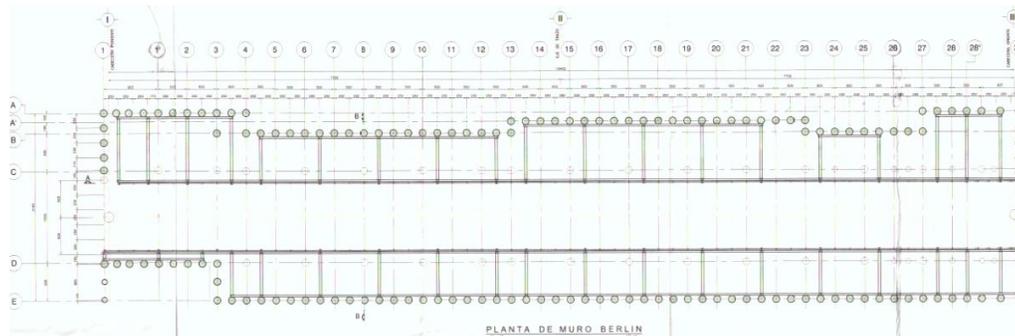
En los muros de anden que se encuentran junto a las vías llevan unas ventanas de  $100 \times 20 \text{ cm}$  y  $1.20\text{m}$  de separación y se ubican  $30 \text{ cm}$  abajo del lecho bajo de la losa de anden.

## 4.7. MUROS.

### 4.7.1. Muro Berlín.

La longitud requerida de la pata del Muro Berlín se obtuvo adaptando la solución que sugiere el Manual de Diseño Geotécnico editado por la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), en su Capítulo 2 de Diseño del Metro en Cajón, ficha FDG-05 referente a estabilidad de la excavación, zonas del lago y de transición en su inciso 3.4 de falla por el empotramiento de la pata del muro Milán.

El muro Berlín está construido con dos tipos de viguetas verticales y horizontales: viguetas secundarias (horizontales) sección IR de 14" X 159 lb/ft @ 3.0 de distancia; y viguetas principales (verticales) sección IR de 12" X 45 lb/ft @ 2.50 m de distancia.



**Fig.51 – Planta de Muro Berlín.**

#### 4.7.1.1. Diseño de Muro Berlín.

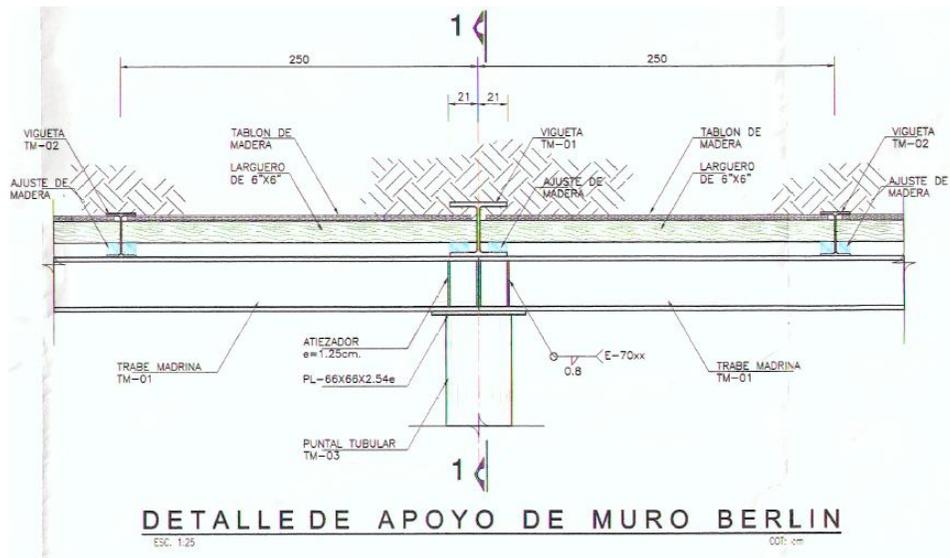
Para la zona de 8.7 m de Excavación.

##### 1.- Datos de Proyecto.

NME= 8.7 m (Nivel Máximo de Excavación).

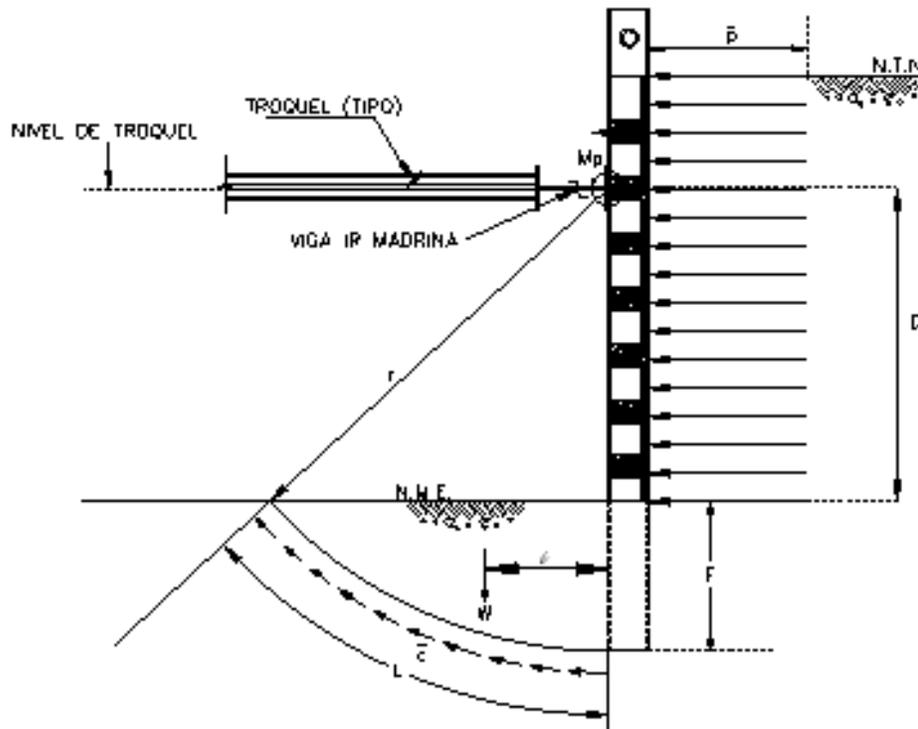
NT= 4.9 m (Nivel del último troquel colocado).

$p=3.84 \text{ t/m}^2$  (Presión promedio sobre el Muro por ancho unitario).



**Fig.52 – Detalle de apoyo de Muro Berlín.**

#### 4.7.1.2. Mecanismos de falla.



*Fig.53 – Mecanismos de falla en Muro Berlín.*

c: cohesión no drenada.

L: longitud de la superficie de falla.

r: radio de la superficie de falla.

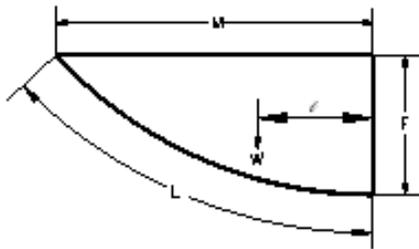
$P_{\text{general}}$ : presión promedio.

W: peso saturado del suelo dentro de la superficie de falla.

I: centro de gravedad del suelo resistente.

#### 4.7.1.3. Cálculo de las propiedades del prisma de suelo resistente.

Dado que las propiedades del prisma van a variar según aumente o disminuya la pata del muro solo se presentan las formulas con las cuales se calculan las propiedades.



$$A = \frac{\pi}{360} \times r^2 \times \alpha \quad l = \frac{X_{c1}A_1 + X_{c2}A_2}{A_{total}}$$

$$W = Area \times \gamma$$

#### 4.7.1.4. Calculo del factor de seguridad.

El valor de seguridad se evalúa con la siguiente expresión.

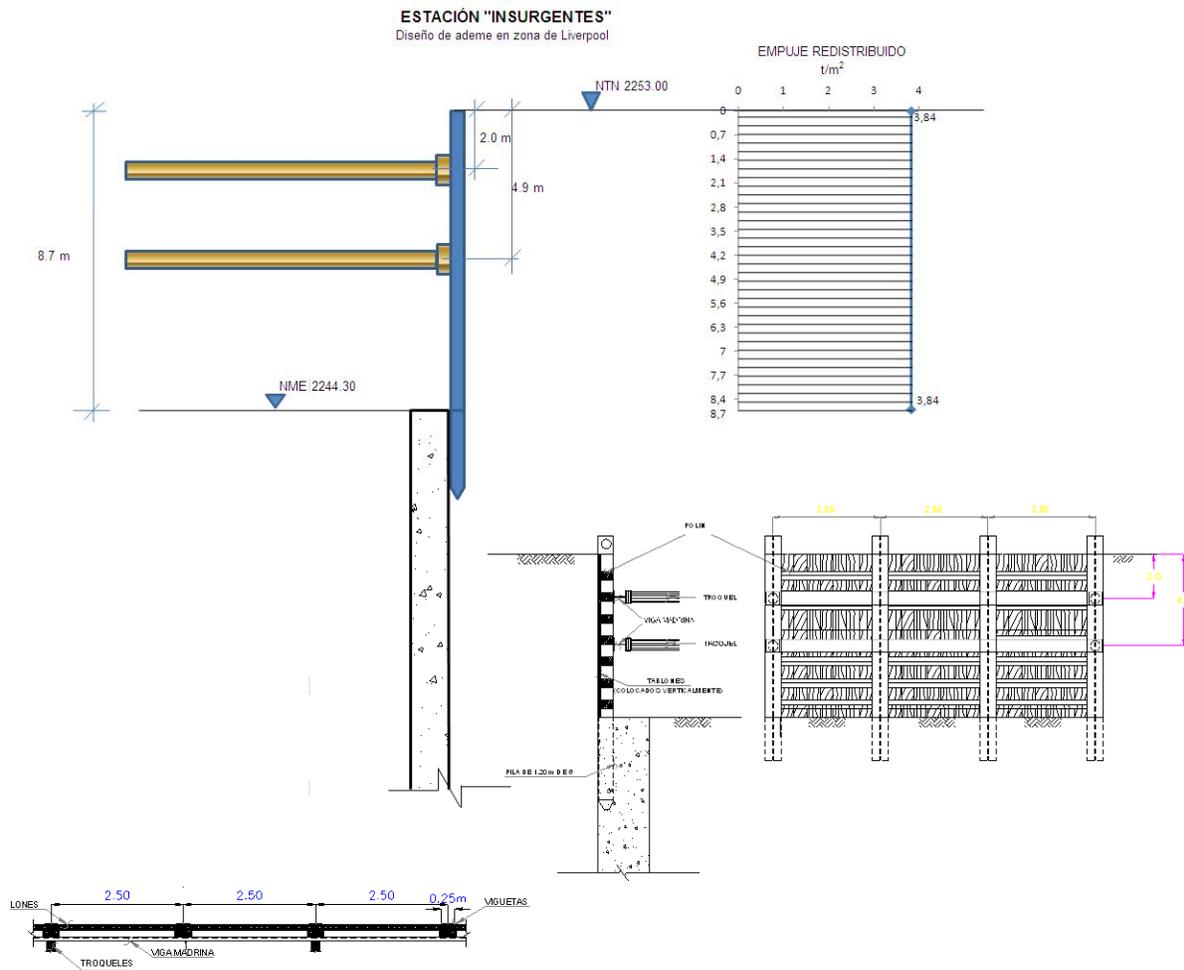
$$FS = \frac{\bar{c}Lr + Wl + M_p}{\bar{p} \frac{D^2}{2}}$$



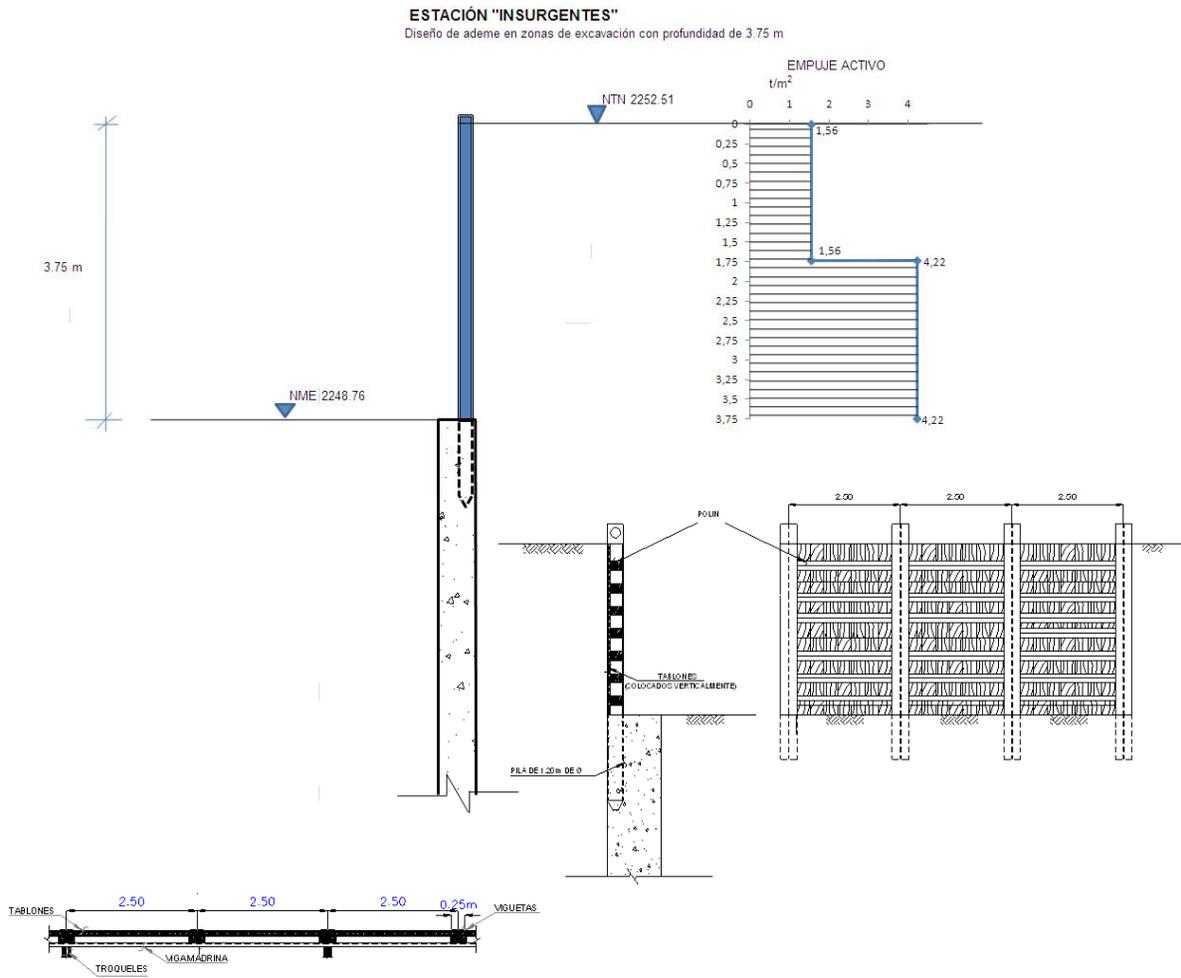
Separación de viguetas m	p t/m <sup>2</sup>	r m	L m	A m <sup>2</sup>	M m	l m	ctr t	Wl t	P*(D <sup>2</sup> /2) t	Pata(F) m	FS
0.80	3.07	5.60	4.62	5.12	4.11	1.58	38.81	3.44	22.18	1.80	1.9
1.00	3.84	5.90	5.14	6.58	4.51	1.74	45.48	4.87	27.72	2.10	1.8
<b>1.20</b>	<b>4.61</b>	<b>6.30</b>	<b>5.82</b>	<b>8.78</b>	<b>5.02</b>	<b>1.95</b>	<b>54.97</b>	<b>7.26</b>	<b>33.27</b>	<b>2.50</b>	<b>1.9</b>
1.50	5.76	6.70	6.48	11.24	5.52	2.15	65.16	10.25	41.59	2.90	1.8
2.00	7.68	7.30	7.47	15.42	6.23	2.44	81.80	15.97	55.45	3.50	1.8
2.50	9.60	7.40	7.63	16.18	6.35	2.48	84.73	17.07	69.31	3.60	1.5

**Tabla 4 – Calculo del factor de seguridad.**

### 4.7.1.5. Configuración de Muros Berlín.



**Fig.54 – Diseño de ademe en zona de Liverpool.**



**Fig.55 – Diseño de ademe en zona de excavación con profundidad de 3.75 m.**

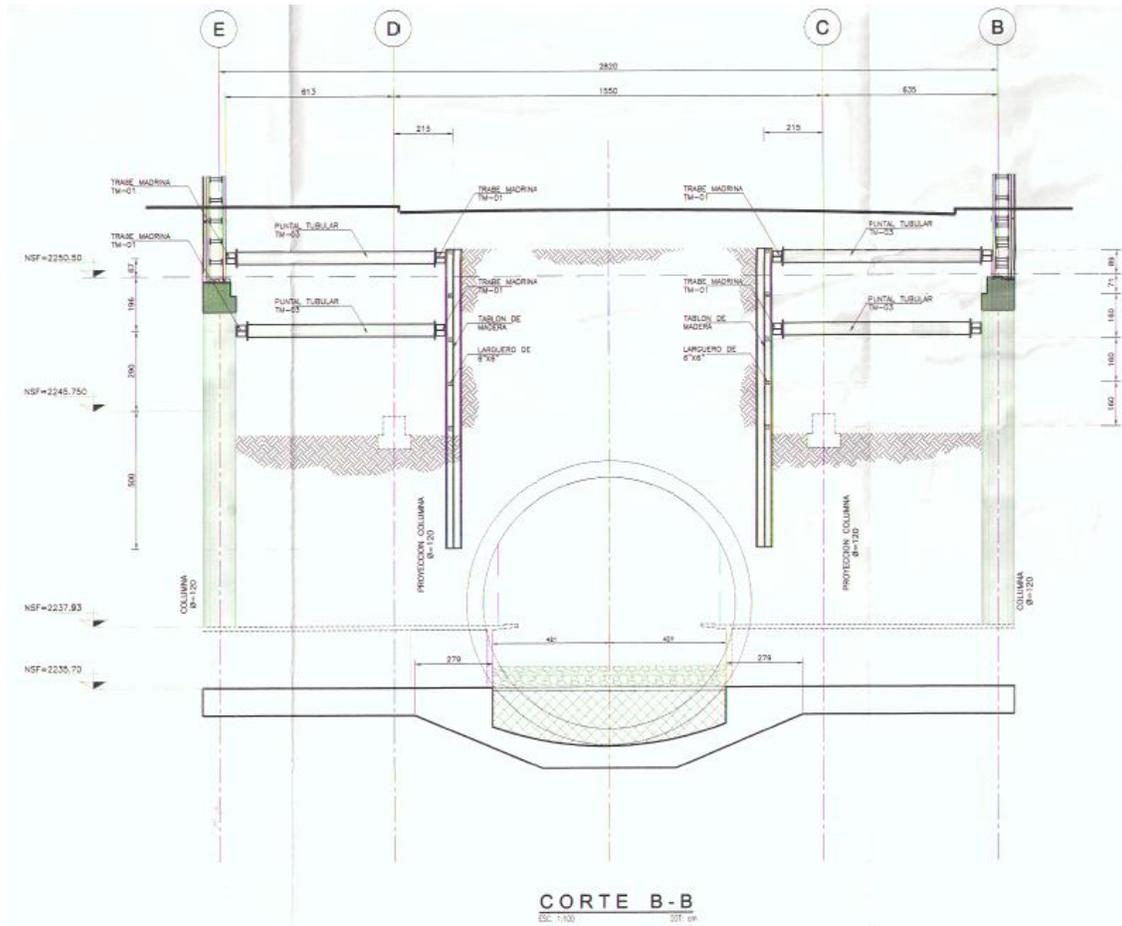
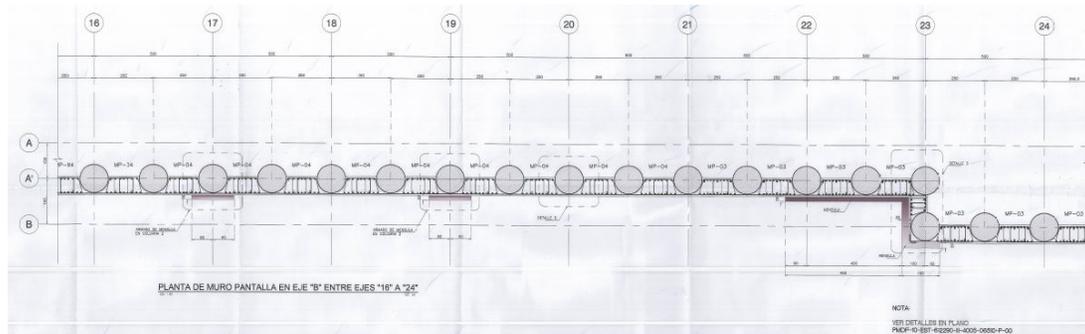


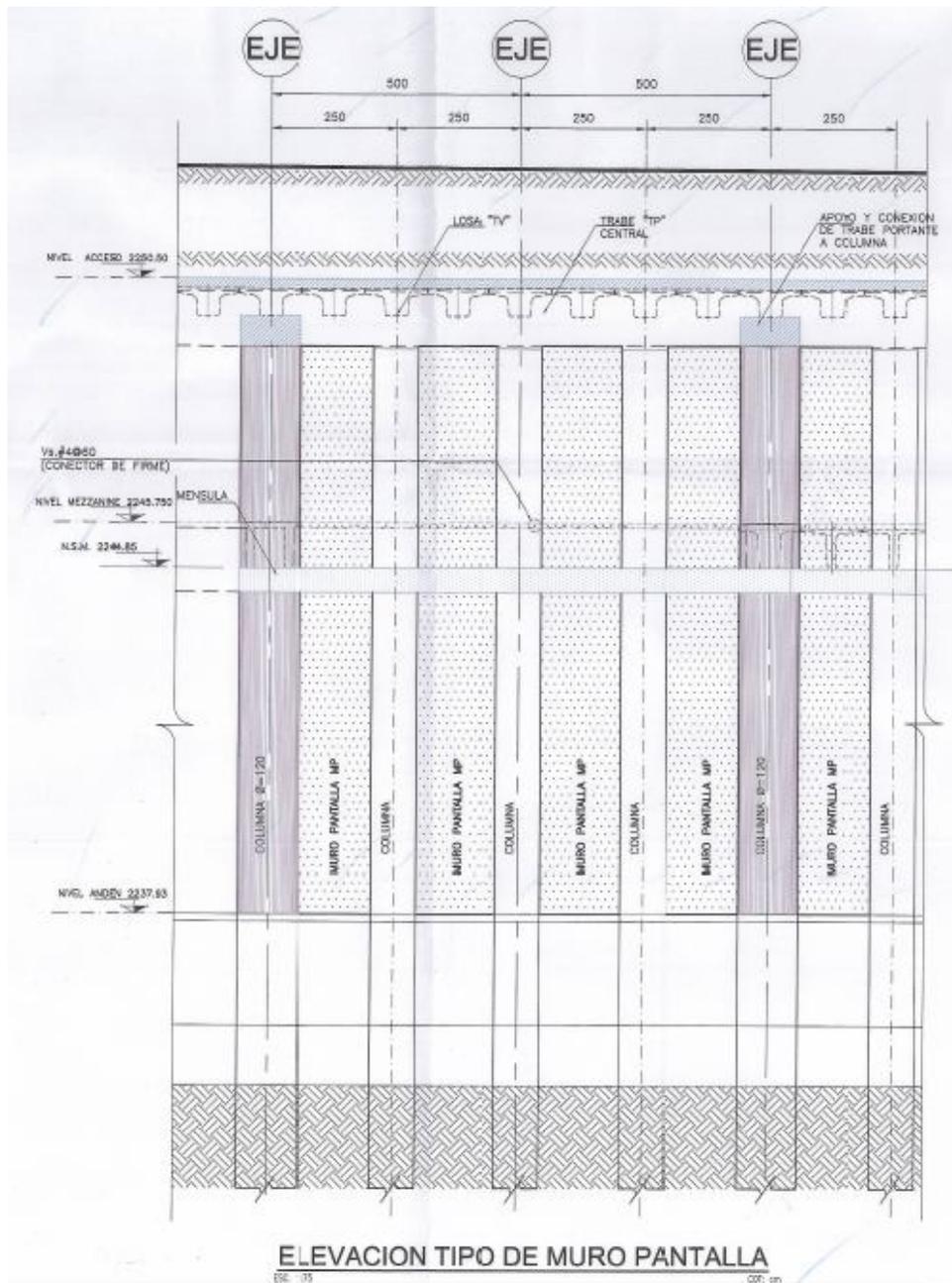
Fig.56 – Muro Berlín corte B-B.

#### 4.7.2. Muros pantalla.

Los Muros Pantalla se encuentran en el espacio entre pilas; en este mismo espacio pero en el lecho bajo de las traveses portantes perimetrales, se dejaron conectores ahogados en el concreto, para evitar los bulbos de soldadura, como estaba diseñado y hacer más rápido el armado de estos muros; el armado se conforma de varilla de una pulgada de  $\varnothing$  en sentido longitudinal, con una distribución no uniforme con un juego de 3 estribos del #4 a cada 20 cm; se le coloca además una malla adicional de varilla de  $\frac{1}{2}$  pulgada (o #4) cubriendo las pilas horizontal y verticalmente; se cimbra y se cuela por etapas de 2.44 m de altura que es el tamaño de una hoja de triplay, hasta alcanzar la altura total del muro.



**Fig.57 – Planta de Muro de Pantalla en eje “B” entre ejes “16” a “24”.**



**Fig.58 – Elevación Tipo de Muro de Pantalla.**

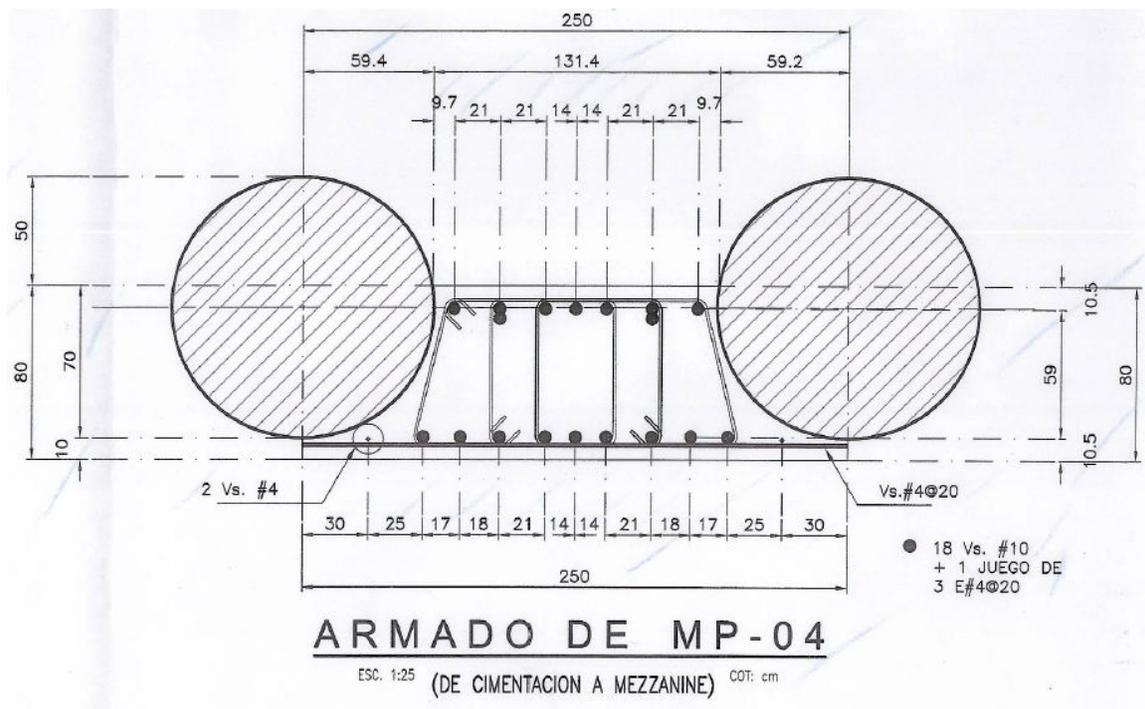


Fig.59 – Armado de Muro de Pantalla.

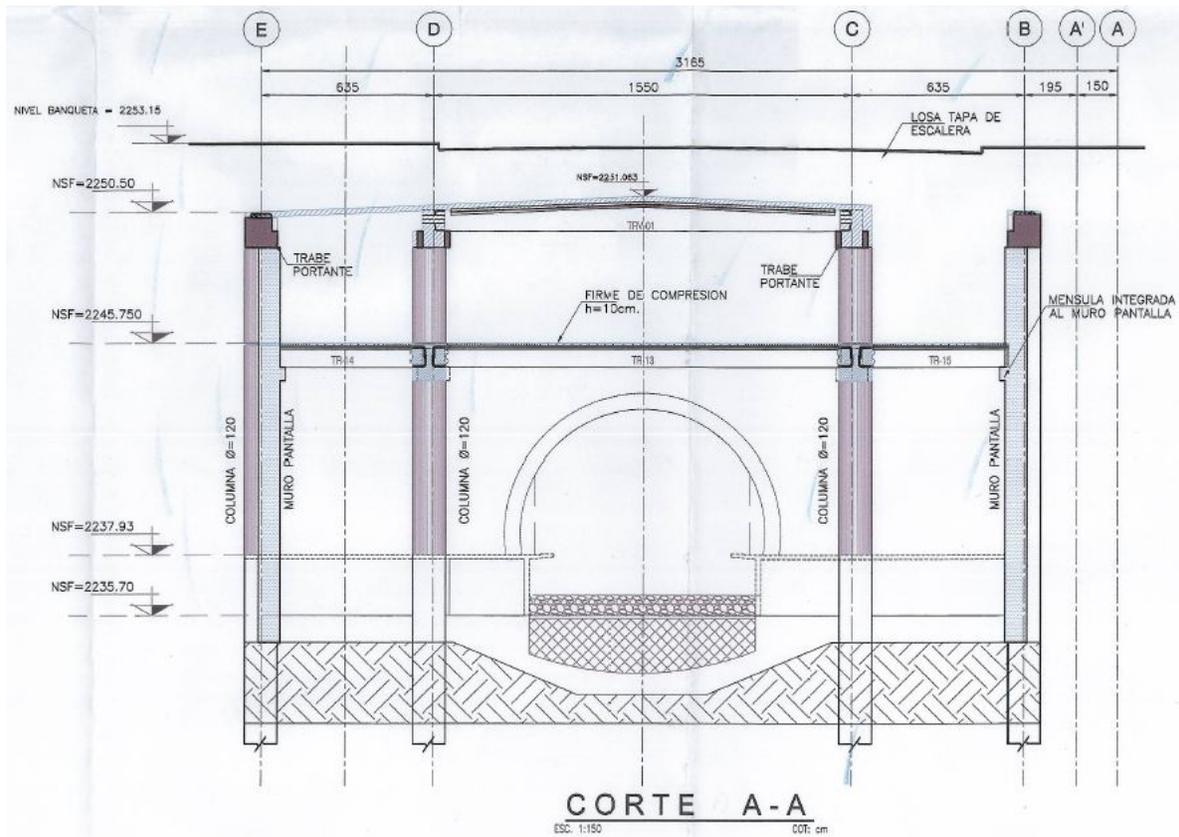


Fig.60 – Muro de Pantalla Corte A-A.

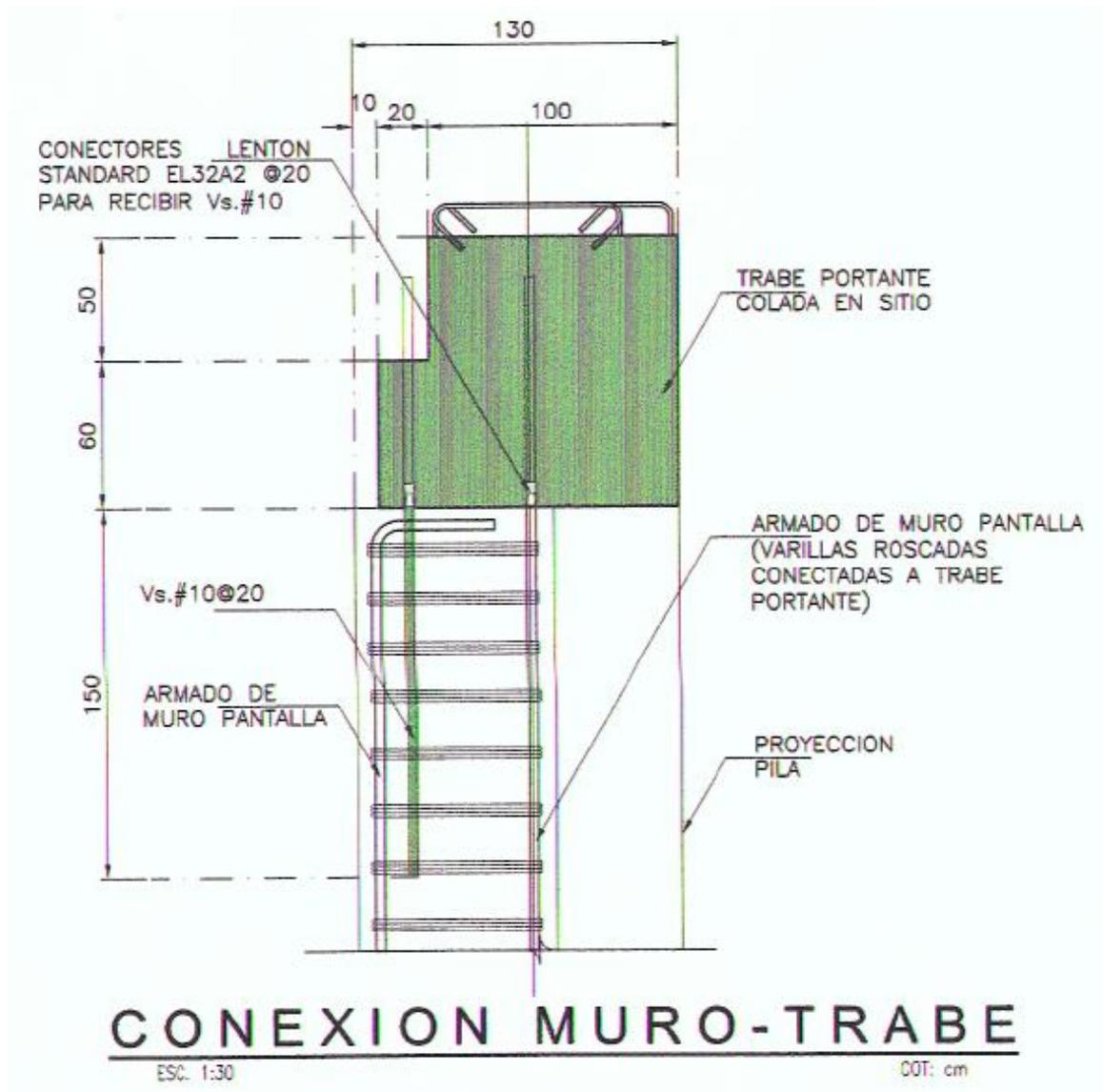
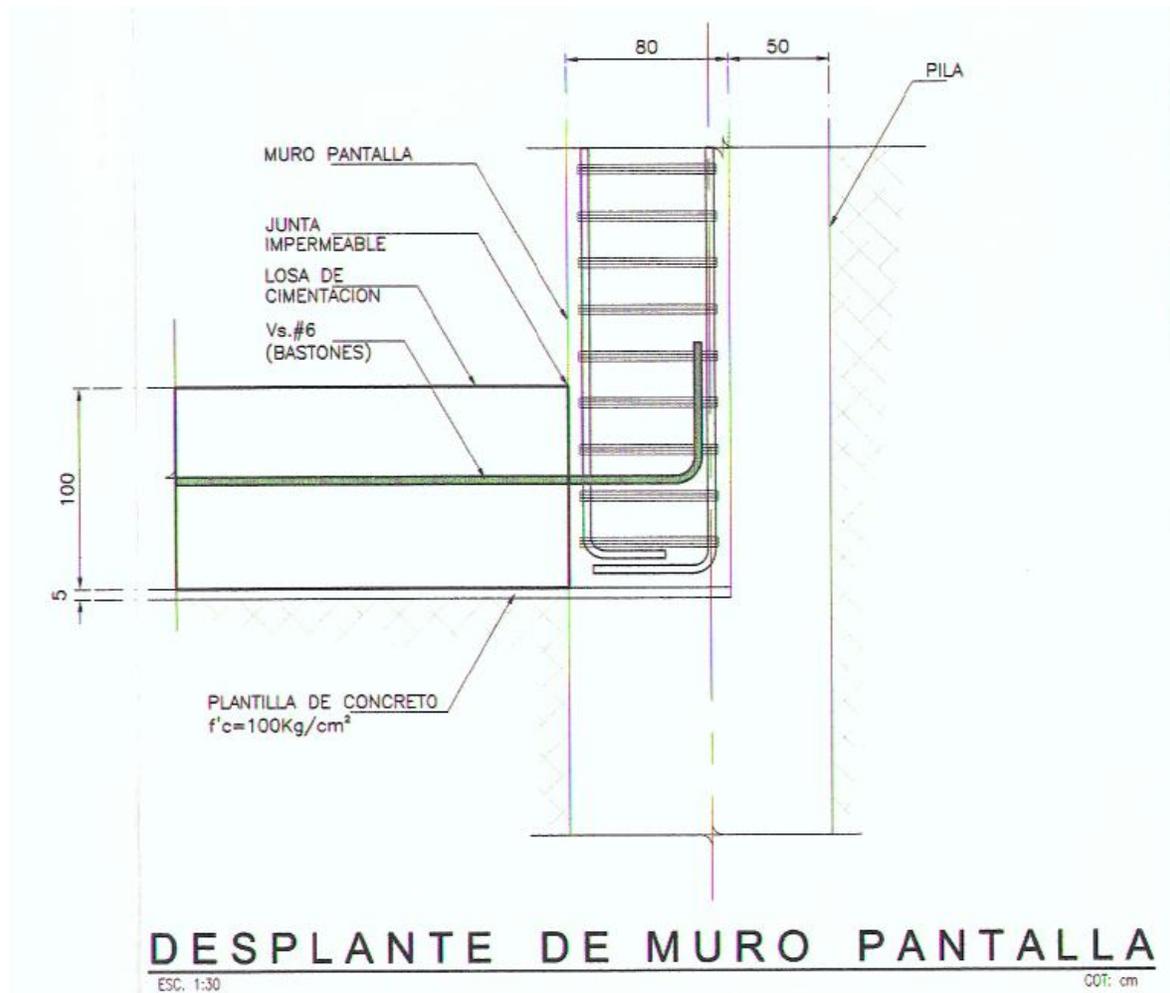


Fig.61 – Conexión Muro de Pantalla-Trabe.



**Fig.62 – Desplante de Muro Pantalla.**



# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES.



## V. CONCLUSIONES.

En todos estos procedimientos, siempre estuvo el interés de realizar una obra con mucho dinamismo cuidando los más mínimos detalles y teniendo una amplia visión de seguridad en todos los procesos, los cuales llevaron una continuidad entre ellos, dando muestra de eficiencia y profesionalidad en cuanto a diseño y control, es por esto que la obra se terminó con gran éxito y gran calidad en los terminados.

El proceso de excavación necesita realizarse cuidadosamente y emplear en todo las indicaciones especificadas en el proceso constructivo.

La construcción de la estación de la línea 12 del metro fue realizada siguiendo las normas y especificaciones vigentes y su comportamiento durante la excavación fue adecuado.

En la selección del equipo de construcción deberá tomarse en cuenta que las operaciones cumplan con el programa de obra y que se respeten las especificaciones constructivas.

Debido a que anteriormente en la Ciudad de México no existía reglamentación ambiental pero hoy en día ya existe, es necesario cumplir con ella a pesar de que esto pueda significar tiempo o presupuesto adicionales (los cuales deben estar considerados en el presupuesto y programa de la obra) con el fin de no afectar o deteriorar el medio ambiente. Las medidas que se toman son para su conservación y preservación, sobretodo en una ciudad donde este tema es de vital importancia.

Los estudios de mecánica de suelos son ineludibles porque sin ellos no se sabe en lo que se está construyendo. Para ello, es necesario ser muy metódico en una construcción de esta naturaleza.

En lo referente al proceso de construcción es indispensable la experiencia pues algunos aspectos delicados son necesarios determinarlos con precisión y mucha exactitud con el fin de lograr una estructura idónea. Además es necesaria una adecuada exploración del subsuelo para el diseño y proceso constructivo.



Durante las etapas de excavación, algo muy importante y vital para su realización fue la instrumentación, la cual ayudó a mantener informados a los ingenieros de los movimientos principales de la estructura, ya que podrían presentarse fallas del terreno y colapsos. Para ello se implementaron los Inclinómetros en la construcción de pilas.



# BIBLIOGRAFÍA.



## ***BIBLIOGRAFIA.***

Juárez Badillo, Eulalio; Rico Rodríguez, Alfonso. Mecánica de Suelos, Tomos I, II y III; Editorial Limusa S.A. México 1981.

2008, Geo-Slope International Ltd. Stress-Deformation Modeling with SIGMA/W 2007. An Engineering Methodology. 3th edition. Canada.

G. Scheebeli Muros Pantalla, Editorial Eta; Barcelona, España 1976.

Centro de Educación Continua, Muros Colados In Situ; Editorial Universidad Nacional Autónoma de México, 1974.

M.Y.A. Peimbert. Muros de Contencion; Editorial Eta. Barcelona, España; 1976.

Schneebeli, G. (1974). Muros Pantalla, Técnicas de Realización y Cálculo. Editores Técnicos Asociados. España.

Tamez, E. Santoyo, E. Mooser, F. y Gutiérrez, C (1985). Manual de Diseño Geotécnico. Vol. 1 Estudios Geotécnicos. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano. México.

2009, Consorcio Línea 12. Perfil Estratigráfico. Tramo Insurgentes Sur-Mixcoac. Clave PMDF-09-MS-612295-III-0014-01601-P-00. México.



Consortio Línea 12. Planta de Conjunto Arquitectónico Estación Insurgentes Sur. Clave PMDF-10-ARQ-612290-III-0001-08451-P-00. México.

Consortio Línea 12. Estudio de exploración Geotécnica para nuevas líneas. Clave P-04 02+000 - 04+000 Model (1). México.

Consortio Línea 12. Planta Cortes Generales de Pilas. Clave PMDF-10-EST-612290-III-0003-34189-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-0004-34190-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-0024-05324-B-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-0001-06400-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-8001-06481-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-0005-34191-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-MS-612290-III-0057-06010-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-MS-612290-III-0031-07331-P-00. México.



Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-MS-612290-III-0031-07331-P-00 OK.  
México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-MS-612290-III-0033-07333-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-MS-612290-III-0033-07333-P-00 OK.  
México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-MS-612290-III-0035-07335-P-00 OK.  
México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-9002-06490-M-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-1151-06408-P-00 OK.  
México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-1152-06484-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-1158-06496-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-ARQ-612290-III-0001-08451-P-01.. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-ARQ-612290-III-0002-08452-P-02.. México.



Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-ARQ-612290-III-0003-08453-P-02.. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-ARQ-612290-III-0005-08455-P-02.. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-ARQ-612290-III-0036-08486-P-01.. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-1301-06416-P-00. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-2302-06454-P-00. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-2311-07625-P-00. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-1101-06402-P-00. México.

Consorcio Línea 12. PMDF-10-EST-612290-III-1401-06424-P-00 OK. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-2101-06433-P-00 OK. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-08-EST-612290-III-1403-06426-P-00. México.



Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-2305-06457-P-00 OK.  
México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-2308-06460-P-00 OK  
México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-2402-06470-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-9085-07757-P-00 OK.  
México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-11-EST-612290-III-0093-08810-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-11-EST-612290-III-0345-08819-B-00. México.

Consortio Línea 12. Clave pmdf-10-arq-612290-iii-0003-08453-p-02-P-00. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-ARQ-612290-III-0006-08456-P-01.. México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-9073-07742-B-00 OK.  
México.

Consortio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-4001-06506-P-00 OK.  
México.



Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-4003-06508-P-00. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-4004-06509-P-00. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-4005-06510-P-00. México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF-10-EST-612290-III-4014-06537-P-00 México.

Consorcio Línea 12. Clave PMDF- PMDF-10-EST-612290-III-8011-07777-P-00

[www.wikipwdia.com](http://www.wikipwdia.com)