



DESTACADOS INGENIERÍAS INGENIEROS

LA INGENIERÍA CIVIL EN LA LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

2 abril, 2019 / Vector / No Comments

La línea 12 del metro de la Cd. de México se ubica en la zona sur de la Ciudad y, con dirección oriente-poniente, une la delegación Tláhuac, en su extremo sur oriente, con la delegación Álvaro Obregón en Mixcoac en la zona poniente.

Este trazo satisface la necesidad planteada en el Programa Maestro del Metro de construir una línea que conecte con las líneas de trazo norte sur de la red, en este caso las líneas 2, 3, 7 y 8 y que generará una movilidad más eficiente entre los usuarios de la zona sur de la ciudad, distribuyendo en forma equilibrada los viajes de los usuarios en toda la red, además de satisfacer los viajes propios de la Línea, determinados por el estudio de origen-destino de los pasajeros.

La ingeniería civil ha jugado un papel muy destacado en este proyecto de transporte urbano de Metro, especialmente en las áreas de geotecnia y de diseño estructural debido a que el trazo de la Línea 12 atraviesa zonas de diferentes tipos de suelos que van desde los suelos aluviales de la zona del poniente en Mixcoac e Insurgentes, los suelos de las zonas lacustres en las áreas de Ermita a Mexicaltzingo, hasta suelos alternados de arcillas blandas con derrames basálticos de rocas del Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina en las zonas de Iztapalapa y Tláhuac. En algunos casos, como en el área de San Lorenzo Tezonco y Los Olivos, la roca aparece muy cercana a la superficie.

A lo largo de la Línea, los coeficientes sísmicos varían dependiendo de la ubicación del trazo en zonas de suelos blandos y de terrenos rocosos, o de la transición entre ellos.

THE GREEN EXPO
Global Resources Environmental & Energy Network
EXPOSICIÓN Y CONGRESO

XXVIII Congreso Internacional Ambiental
CONIECO

ECONOMÍA CIRCULAR = SUSTENTABILIDAD,
EFICIENCIA Y RENTABILIDAD

SEP 7-9
2021

Ahora en:
Centro
citibanamex

28ª
Edición

www.thegreenexpo.com.mx

RECOMENDACIONES

GO
GERDAU

ACERO RECOMENDACIONES

Gerdau Corsa invierte en México

11 marzo, 2021 / Vector

Gerdau Corsa México, como prueba de la confianza que esta empresa tiene en México, está realizando una de las

Revista VECTOR

La Ingeniería Civil en la línea 12 del metro de la Ciudad de México

(Escrito en octubre, 2010 / Publicado el 02 de abril, 2019)

Ing. Luis Bernardo Rodríguez G., Director Grupo IPISA

Ing. Bardomiano Soria C., Jefe del área de geotecnia de IPISA

La línea 12 del metro de la Cd. de México se ubica en la zona sur de la Ciudad y, con dirección oriente-poniente, une la delegación Tláhuac, en su extremo sur oriente, con la delegación Álvaro Obregón en Mixcoac en la zona poniente. Este trazo satisface la necesidad planteada en el Programa Maestro del Metro de construir una línea que conecte con las líneas de trazo norte sur de la red, en este caso las líneas 2, 3, 7 y 8 y que generará una movilidad más eficiente entre los usuarios de la zona sur de la ciudad, distribuyendo en forma equilibrada los viajes de los usuarios en toda la red, además de satisfacer los viajes propios de la Línea, determinados por el estudio de origen-destino de los pasajeros.

La ingeniería civil ha jugado un papel muy destacado en este proyecto de transporte urbano de Metro, especialmente en las áreas de geotecnia y de diseño estructural debido a que el trazo de la Línea 12 atraviesa zonas de diferentes tipos de suelos que van desde los suelos aluviales de la zona del poniente en Mixcoac e Insurgentes, los suelos de las zonas lacustres en las áreas de Ermita a Mexicaltzingo, hasta suelos alternados de arcillas blandas con derrames basálticos de rocas del Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina en las zonas de Iztapalapa y Tláhuac. En algunos casos, como en el área de San Lorenzo Tezonco y Los Olivos, la roca aparece muy cercana a la superficie.

A lo largo de la Línea, los coeficientes sísmicos varían dependiendo de la ubicación del trazo en zonas de suelos blandos y de terrenos rocosos, o de la transición entre ellos. Para sumar otro efecto a este ya complejo panorama geotécnico, fue necesario considerar en los análisis los hundimientos regionales en cada zona, producidos por la extracción del agua del subsuelo. Para efectuar la supervisión de los trabajos de proyecto ejecutivo integral, el Gobierno del Distrito Federal encomendó esta labor a la empresa Integración de Sistemas de Ingeniería, SA de CV.

DESCRIPCIÓN DEL TRAZO DE LA LÍNEA Y TIPOS DE ESTRUCTURAS UTILIZADAS.

La línea corre desde el sur oriente en la zona de Tláhuac, donde se ubican los Talleres de toda la línea hasta la estación Mixcoac en la parte poniente, con aproximadamente 24 km de longitud. La Línea inicia con una solución superficial desde los Talleres Tláhuac, las estaciones Tláhuac y Tlaltenco, y una parte del tramo Tlaltenco–Zapotitlán con una longitud aproximada de 4 km. A partir de ahí las estaciones Zapotitlán, Nopalera, Los Olivos, San Lorenzo, Periférico Oriente, Calle 11, Santa María Tomatlán, San Andrés Tomatlán y Pueblo Culhuacán, incluyendo una parte del tramo Pueblo Culhuacán–Atlalilco están resueltos en viaducto elevado y constituyen aproximadamente 8 km.

Desde ese punto la línea está resuelta en forma subterránea con un cajón construido a cielo abierto hasta una parte intermedia del tramo Atlalilco–Mexicaltzingo donde se construyó una lumbrera para iniciar la construcción del tramo siguiente en túnel, mediante el empleo de un escudo de presión balanceada para suelos blandos. El tramo en túnel con escudo comprende desde la estación Mexicaltzingo hasta la estación Insurgentes Sur, con una longitud aproximada de 8 km. En este tramo algunas estaciones se construyeron por los métodos a cielo abierto y otras con subexcavación; las estaciones son: Mexicaltzingo, Ermita, Eje Central, Parque de los Venados, Zapata, 20 de Noviembre e Insurgentes Sur. Desde la estación Insurgentes Sur hasta la estación Mixcoac, la Línea se alojará en un cajón construido a cielo abierto. La Estación Mixcoac se construirá también a cielo abierto y el tramo desde la Estación Mixcoac hasta el depósito poniente se esta construyendo con el método convencional de tuneleo (nuevo método austríaco). Este tramo tiene una longitud aproximada de 4 km. La Línea tiene correspondencia con otras líneas de la red en las estaciones Atlalilco, Ermita, Zapata y Mixcoac.

GEOTECNIA A LO LARGO DE LA LÍNEA

El proyecto de la Línea 12 presenta características geotécnicas de particular relevancia que hacen de esta línea un caso muy complejo. La línea atraviesa las zonas geotécnicas típicas de la Ciudad conocidas como zonas de Lomas, de Transición y del Lago, destacando el caso especial de la parte sur, desde la estación Atlalilco hasta la zona de Tláhuac, cuya localización transcurre a través de la Sierra de Santa Catarina y otras sierras, que dan una alternancia entre zonas de rocas que afloran muy cerca de la superficie y que estarán “fijas” con el

transcurso del tiempo y zonas de lagos intermedios, con espesores variables de arcillas que están sujetos a hundimientos regionales por la extracción del agua de los mantos profundos.

HUNDIMIENTO REGIONAL

El hundimiento regional es un fenómeno que sufren las zonas de los suelos blandos de la ciudad debido a la extracción del agua subterránea y que debido a las propiedades de drenaje de las arcillas se manifiesta en hundimientos de grandes áreas de la superficie, ocasionando graves problemas cuando las cimentaciones se apoyan en los estratos duros, presentando agrietamientos de algunas estructuras y especialmente en las ondulaciones de los pavimentos y de las tuberías de drenaje y agua potable.

Este fenómeno constituye una variable fundamental en los análisis de las cimentaciones y de las excavaciones que deben considerarse con la mayor precisión para poder definir el comportamiento de las cimentaciones a largo plazo. Por esta razón fue necesario recopilar las mediciones existentes a lo largo de los años en esa zona del Valle de México y además instalar piezómetros y bancos de nivel profundos para medir el hundimiento regional en cada zona.

Los mayores valores del hundimiento regional se registraron en la zona de los Talleres de Tláhuac y fueron del orden de 6 cm/año. Los hundimientos regionales entre la zona de Mixcoac hasta la estación 20 de Noviembre fueron nulos, en la Estación Zapata fue del orden de 1 cm/año, en la Estación Ermita de 1.5 cm/año, en la estación Mexicaltzingo de 4 cm/año y en las zonas arcillosas de la estación Periférico de 4.5 cm/año.

PREVISIONES TOMADAS EN EL DISEÑO

Con la problemática antes descrita, se tomaron en cuenta para los análisis y diseños de las estructuras y cimentaciones, entre otras, las siguientes previsiones:

- Permitir las mayores holguras posibles en los cabezales de las columnas del tramo elevado que recibirán las traveses para absorber movimientos diferenciales excesivos.

- Considerar en el diseño del perfil del tramo elevado las mayores contrapendientes posibles para absorber en el tiempo algún hundimiento diferencial no ajustado a los valores de diseño.
- Estar en posibilidad de calzar las trabes del tramo elevado ante la presencia de hundimientos diferenciales fuera de tolerancia.
- Instalación de pilotes recortados y apoyados en los estratos duros en las zonas de transición geotécnica, con el llamado sistema de pilotes entrelazados.
- Diseño estructural de trabes simplemente apoyadas para no permitir que los asentamientos diferenciales entre apoyos del tramo elevado induzcan esfuerzos adicionales riesgosos en el sistema trabe-columna.

SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN TRAMO ELEVADO

La superestructura del viaducto elevado, constituida por trabes simplemente apoyadas en columnas, concentra la mayoría de su masa en la parte superior de la columna produciendo grandes momentos en la cimentación, con un mecanismo similar al de un péndulo invertido. Estas acciones mecánicas se deben transmitir a un suelo constituido por estratos arcillosos de baja resistencia al esfuerzo cortante y de alta compresibilidad con un área disponible para el desplante de la cimentación restringida por la latitud de la Av. Tláhuac, siendo de particular importancia la reducida dimensión transversal acotada por la presencia de la tubería de agua potable de 48” instalada paralelamente al eje del trazo y a lo largo de esta avenida.

Se plantearon dos tipos de cimentación, la primera constituida por un cajón de cimentación parcialmente compensado desplantado a una profundidad de 6.50 m. respecto al terreno natural y con pilotes de fricción para reducir los asentamientos. El segundo tipo de cimentación está constituido por un cajón tipo celda estructurada formado por cuatro muros de concreto tablestaca tipo Milán, desplantados entre 14 y 16 m de profundidad y unidos estructuralmente a una zapata–columna–cabezal prefabricados de concreto.

SOLUCION DE LA SUPERESTRUCTURA DEL TRAMO ELEVADO

Para la solución de la superestructura se emplearon dos sistemas diferentes, que responden básicamente a la disponibilidad de recursos de las empresas constructoras. En ambas soluciones empleadas se trata de vigas simplemente

apoyadas sobre las columnas para permitir, sin esfuerzos adicionales, los movimientos que se presentarán por los hundimientos diferenciales debido al hundimiento regional ya explicado anteriormente.

Una de las soluciones cuenta con dos vigas de acero con forma de I, apoyadas sobre un cabezal de concreto o acero, sobre las cuales se colocan placas prefabricadas de concreto, que servirán para la colocación del balasto, de los durmientes y del sistema de rieles por los que correrán los trenes del metro. El otro sistema empleado utilizó traveses presforzados de concreto que se apoyan sobre las columnas y reciben directamente las instalaciones necesarias para el funcionamiento de los trenes. Debido a la gran dimensión de las vigas y para hacer posible su transporte desde la planta de fabricación, se debió fabricar las vigas en dos partes que posteriormente se unen, una vez colocadas en su sitio, para formar la viga definitiva.

CONCLUSIONES

Las condiciones antes descritas hacen particularmente difícil el diseño geotécnico y estructural para garantizar un comportamiento adecuado a largo plazo así como la estabilidad y la operación satisfactoria de la Línea. Sin embargo, se ha considerado que las definiciones tomadas en los análisis de estos diseños y contando con mantenimiento adecuado de las estructuras, definido por un sistema de monitoreo de los hundimientos que se presenten, garantizarán el comportamiento adecuado a corto y largo plazo de la Línea 12 del Metro de la Ciudad de México.

Ing. Luis Bernardo Rodríguez G., Director Grupo IPISA

Ing. Bardomiano Soria C., Jefe del área de geotecnia de IPISA

Septiembre–Octubre de 2010

Revista 18