

# **CAPITULO 5.**

## **PROCESO DE INSTALACIÓN**

## **5.1 INSTRUMENTOS VERTICALES**

En este capítulo se describe el reporte de instalación que se presentó al cliente y a la supervisión del proyecto para su aprobación y registro en la documentación del proyecto.

Se muestra una descripción breve del instrumento instalado, el tipo, marca y modelo así como su proceso de instalación, ficha de instalación y registro y gráficas de las primeras lecturas del instrumento. En el capítulo 7 se muestra el reporte fotográfico de cada instrumento mencionado en este capítulo.

### **Instalación de Bancos de Nivel Semiprofundo**

**Definición.** El Banco de nivel semiprofundo es un sistema que permite medir asentamientos, del subsuelo vecino. La tubería que permite la medición de los desplazamientos verticales está compuesta por tramos de tubería de acero galvanizado de 1” de diámetro y 6.00 m de longitud, y por tramos de tubería de PVC Hidráulico CED 40 de 3” de diámetro.

**Instalación.** Una vez localizada topográficamente la ubicación de los Bancos de nivel semiprofundos, de acuerdo con lo indicado en los planos de la especificación de instrumentación correspondiente a la estación Eje Central, se procederá conforme a lo siguiente:

- 1) Perforación. con ayuda de una máquina Long Year, se realizó un barreno de 6” de diámetro, el cual fue dos metros mayor a la profundidad de instalación correspondiente, esto con el fin de evitar problemas de azolve.

**Capítulo 5: Instrumentos Proceso de instalación**

Durante el proceso de barrenación se empleó mezcla de Bentonita-agua como fluido de perforación.

- 2) Una vez terminada la perforación, mediante un pisón acoplado a una sonda, se verificó la profundidad del barreno, así como la limpieza del mismo, verificando que esté libre de obstáculos que pudiesen impedir el descenso de la tubería.
- 3) Colocación de la tubería. Una vez verificada la profundidad y limpieza de la barrenación, se procedió a colocar la tubería en tramos, de tal manera que se facilitó su colocación en el barreno, durante esta actividad, al primer tramo por introducir, se le colocó un tapón inferior. En el extremo inferior del primer tramo de tubería por colocar, se le adosó un muerto o lastre de mortero o concreto simple, la tubería de PVC sirve como camisa de aislamiento entre la tubería de acero galvanizado y el medio.
- 4) Así mismo, a los tramos de la tubería, se les adosó con cinta plástica una manguera de poliducto de 3/4” de diámetro la cual permitió efectuar la inyección de lodo fraguante
- 5) Posteriormente a través del poliducto se inyectó lodo fraguante a baja presión (0.05 Kg/cm<sup>2</sup> como mínimo y 0.50 Kg/cm<sup>2</sup> como máximo).
- 6) Una vez terminadas las actividades anteriores, se dejó pasar un lapso suficiente para que la inyección fragüe (del orden de 24 horas), y posteriormente se realizaron las lecturas iniciales.
- 7) Protección. Tomando en cuenta el procedimiento de la recolección de lecturas se colocó un tapón tipo campana, cabe mencionar que es una protección provisional que se desplazará conforme al proceso constructivo, es decir el sistema se acortará con respecto al avance de la excavación.

## **5.2 INSTRUMENTOS HORIZONTALES**

### **Instalación de inclinómetro en suelo.**

**Definición.** El Inclinómetro, es un sistema que permite medir movimientos horizontales, del subsuelo vecino. La tubería que permite la medición de los desplazamientos horizontales está compuesta por tramos de tubería tipo Glue-Snap ABS de 3.05 m de longitud, la cual contiene en su cara interior cuatro ranuras longitudinales alineadas en dos planos ortogonales, los tramos de tubería estarán unidos mediante coples telescópicos de 0,605m de longitud que podrán absorber los movimientos verticales del suelo.

**Instalación.** Una vez localizada topográficamente la ubicación de los inclinómetros, de acuerdo a lo indicado en los planos de la especificación de instrumentación correspondiente a la estación Mexicaltzingo, se procederá conforme a lo siguiente:

- 1) Perforación. Realizar con ayuda de una maquina Long Year 38 o similar, un barreno de 6” de diámetro. La profundidad del barreno deberá ser dos metros mayor a la profundidad de instalación correspondiente, esto con el fin de evitar problemas de azolve. Durante el proceso de barrenación se deberá emplear agua limpia como fluido de perforación.
  
- 2) Una vez terminada la perforación, mediante un pisón acoplado a una sonda, se verificara la profundidad del barreno, así como la limpieza del mismo, verificando que esté libre de obstáculos que pudiesen impedir el descenso de la tubería. En caso necesario se deberá lavar el barreno con agua limpia.

**Capítulo 5: Instrumentos Proceso de instalación**

- 3) Colocación de la tubería. Una vez verificada la profundidad y limpieza de la barrenación, se procederá al acoplamiento de la tubería modelo Glue-Snap ABS Inclínometer Casing, de la marca Slope Indicator. La tubería se armará en tramos que faciliten su colocación en el barreno, durante esta actividad al primer tramo por introducir se le colocará un tapón inferior. En el extremo inferior del primer tramo de tubería por colocar, se le adosará un muerto o lastre de mortero o concreto simple.
  
- 4) Los tramos de tubería serán acoplados mediante los coples telescópicos, a modo de que éstos permitan absorber los movimientos verticales de la tubería por el efecto de los movimientos del subsuelo vecino. Durante ésta actividad, se deberá tener especial cuidado en la preparación de los coples telescópicos, garantizando que estos coples queden en las ranuras, para permitir el libre movimiento de la tubería una vez que ésta inicie la interacción con el suelo vecino.
  
- 5) Así mismo, a los tramos de la tubería ABS, se les adosará con cinta plástica una manguera de poliducto de 3/4” de diámetro la cual permitirá posteriormente efectuar la inyección de lodo fraguante. Para evitar el efecto de flotación de la tubería durante su descenso, ésta será lastrada con agua limpia en su interior.
  
- 6) Durante el proceso de colocación de la tubería ABS en el barreno, con auxilio de un equipo topográfico, se orientaran las ranuras interiores, de tal forma que uno de los ejes quede orientado de forma perpendicular al eje

del Túnel. Así mismo, durante este proceso se verificara la verticalidad de la tubería.

- 7) Posteriormente a través del poliducto se inyectará a baja presión, 0.05 Kg/cm<sup>2</sup> como mínimo y 0.50 Kg/cm<sup>2</sup> como máximo.
  
- 8) Al final de la instalación de la tubería, frecuentemente la dirección de las ranuras presentan una desviación angular. Este efecto es atribuible al proceso de cementación o inyección de la tubería, para corregir las desviaciones, en las hojas de cálculo se consideraran estos desplazamientos, los cuales son medidos topográficamente en campo. Para el inclinómetro la desviación angular reportada fue de 2°35´12”.
  
- 9) Una vez terminadas las actividades anteriores, se dejara pasar un lapso de tiempo suficiente para que la inyección fragüe (del orden de 24 horas), y posteriormente poder realizar las lecturas iniciales.
  
- 10) Construcción de registros. Finalmente como medida de protección se construirá un registro a nivel del terreno natural, y de 0.4m x 0.4m en planta.

**“INSTRUMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN MEXICALTZINGO DE LA LINEA 12 DEL METRO”**

**Capítulo 5: Instrumentos Proceso de instalación**

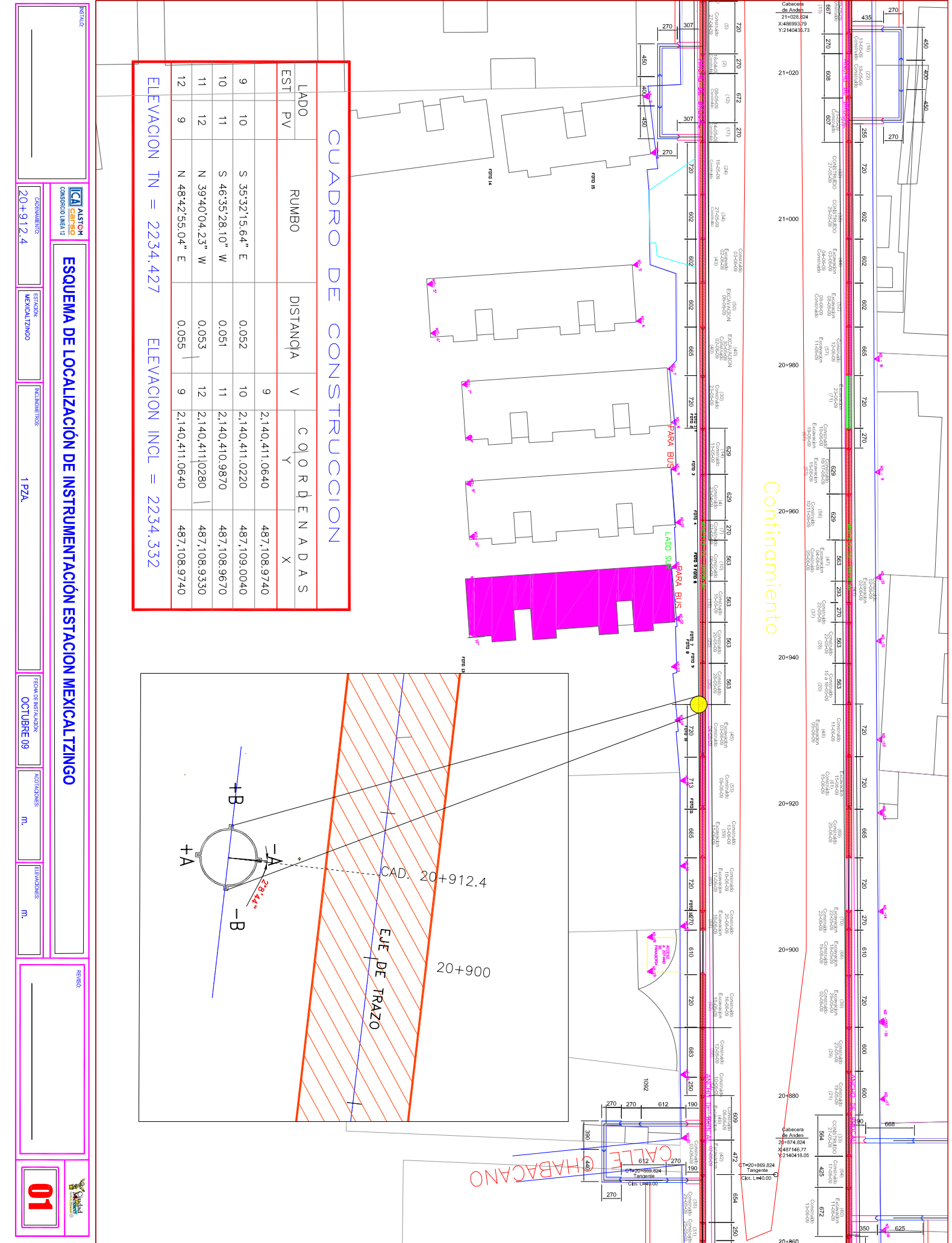
Las coordenadas finales y elevación a la cual quedo instalado el Inclinómetro son las siguientes:

CUADRO DE CONSTRUCCION						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				9	2,140,411.0640	487,108.9740
9	10	S 35°32'15.64" E	0.052	10	2,140,411.0220	487,109.0040
10	11	S 46°35'28.10" W	0.051	11	2,140,410.9870	487,108.9670
11	12	N 39°40'04.23" W	0.053	12	2,140,411.0280	487,108.9330
12	9	N 48°42'55.04" E	0.055	9	2,140,411.0640	487,108.9740

ELEVACION TN = 2234.427      ELEVACION INCL = 2234.332

Anexo a este reporte, se incluye el esquema en planta del sitio de la estación Mexicaltzingo, con los números de identificación y las coordenadas de localización de este instrumento determinadas topográficamente en campo. También se presentan las correspondientes fichas de instalación, elaboradas tal como quedaron colocados estos instrumentos en el campo.

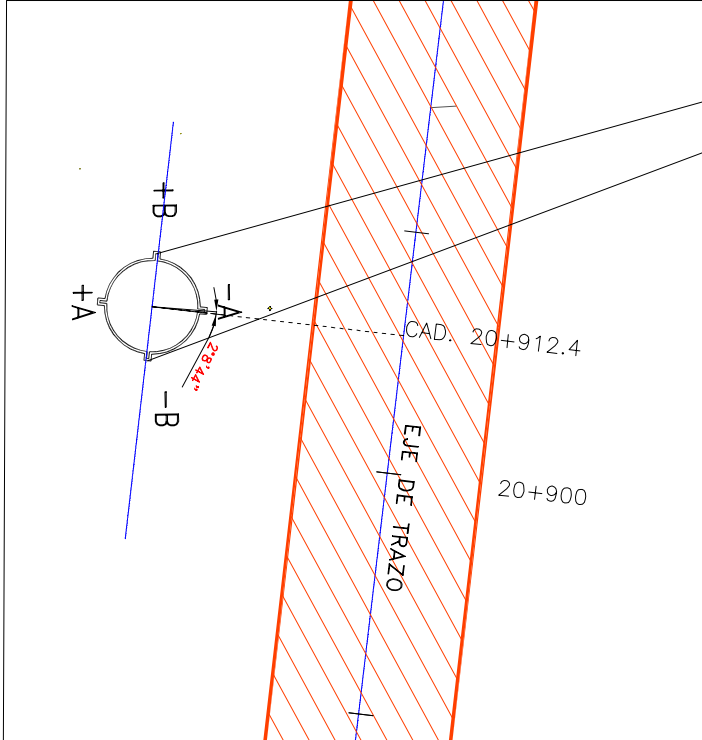
Las hojas de cálculo con las primeras mediciones efectuadas en la tubería del inclinómetro, así como los gráficos de los desplazamientos resultantes se incluyen de igual manera a continuación.



**CUADRO DE CONSTRUCCION**

LADO	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	C O R D E N A D A S		
EST	PV				Y	X	
9	10	S 35.32°15.64' E	0.052	10	2,140,411.0220	487,109.0040	
10	11	S 46.35°28.10' W	0.051	11	2,140,410.9870	487,108.9670	
11	12	N 39.40°04.23' W	0.053	12	2,140,411.0280	487,108.9330	
12	9	N 48.42°55.04' E	0.055	9	2,140,411.0640	487,108.9740	

ELEVACION TN = 2234.427      ELEVACION INCL = 2234.332



**ESQUEMA DE LOCALIZACION DE INSTRUMENTACION ESTACION MEXICALTZINGO**

INSTALACION: \_\_\_\_\_

CONSORCIO LINEA 12

DESCRIPCION: 20+912.4

ESTACION: MEXICALTZINGO

INCLINACION: 1 PZA

FECHA DE INSTALACION: OCTUBRE 09

ZONIFICACION: m. m.

ELEVACIONES: m. m.

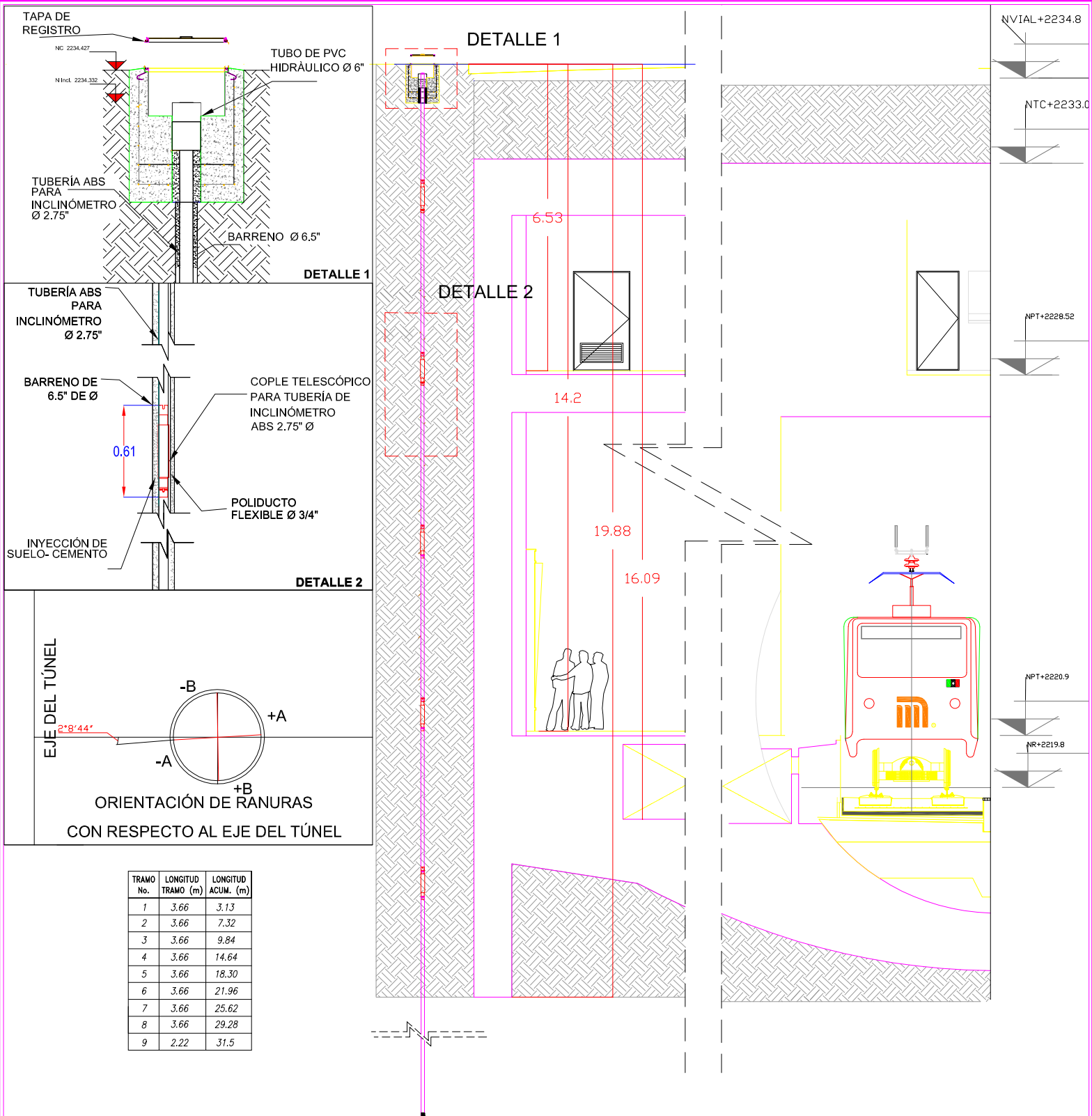
ALSTOM

CEFERIO

MEXICALTZINGO

01

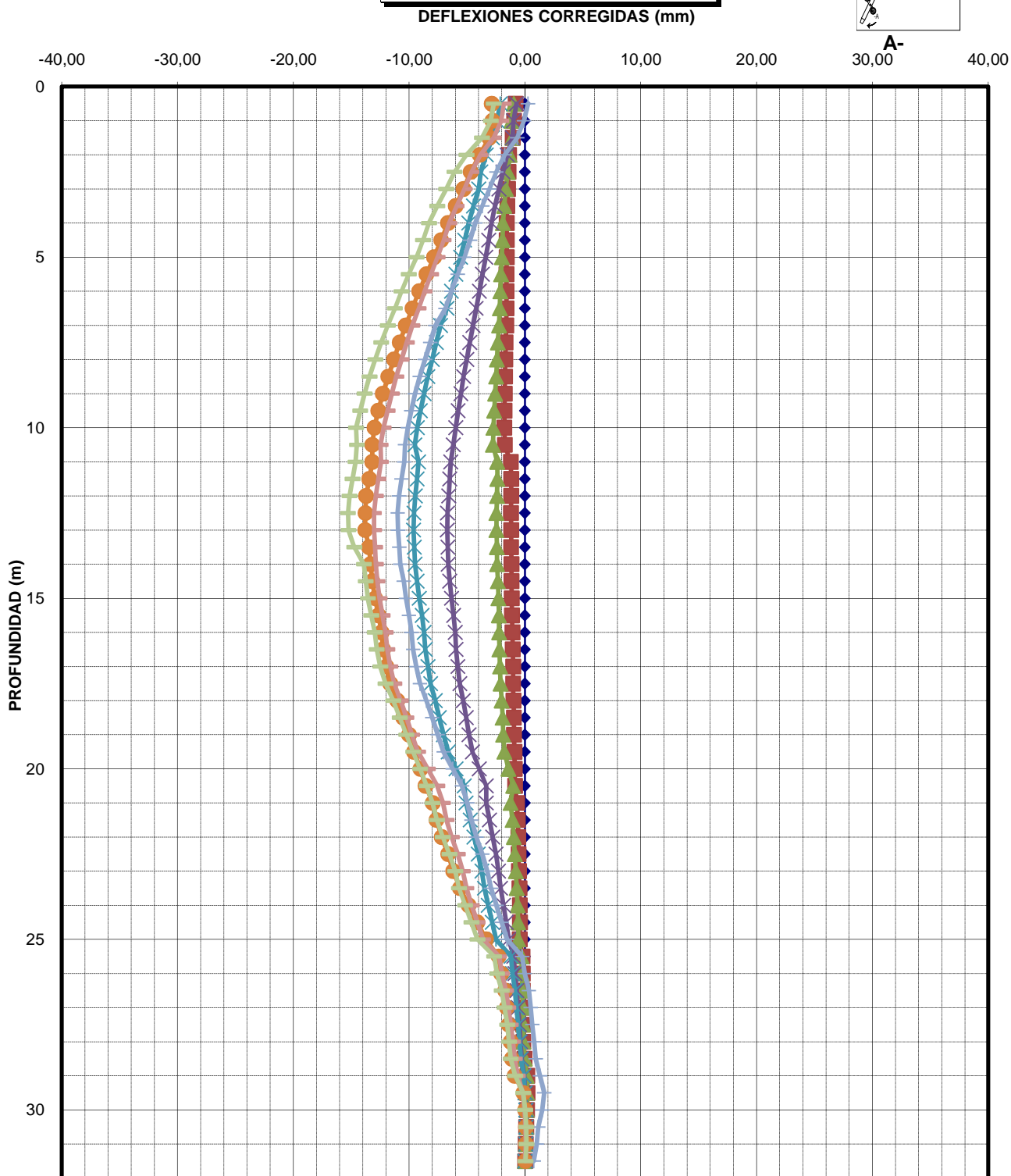
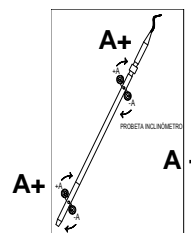
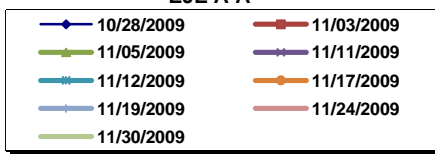




		<b>FICHA DE INSTALACIÓN DE INCLINÓMETRO EN LA ESTACIÓN MEXICALTZINGO CAD 20+912.4</b>			<b>ESTACIÓN MEXICALTZINGO</b>	
PROFUNDIDAD DE BARRENO: <b>33.00 m.</b>	NO. TOTAL DE TUBOS ABS INSTALADOS: <b>9 Pzas.</b>	NO. TOTAL DE COPLES TELESCÓPICOS INSTALADOS: <b>8 Pzas.</b>	LONGITUD TOTAL DE TUBERÍA: <b>31.5 m.</b>	FECHA DE INSTALACIÓN: <b>SEPTIEMBRE/09</b>	REVISO:	
INSTALÓ:		DESVIACIÓN DE RANURAS: <b>2°8'44"</b>	ACOTACIONES: <b>m.</b>	ELEVACIONES: <b>m.</b>	_____	
02						

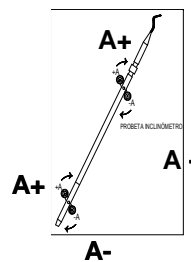
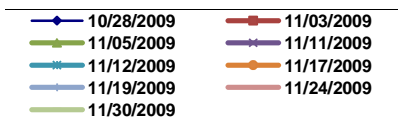


**LÍNEA 12 DEL METRO**  
**REPORTE DE LECTURAS DE INCLINÓMETRO**  
**ESTACIÓN MEXICALTZINGO**  
**EJE A-A**

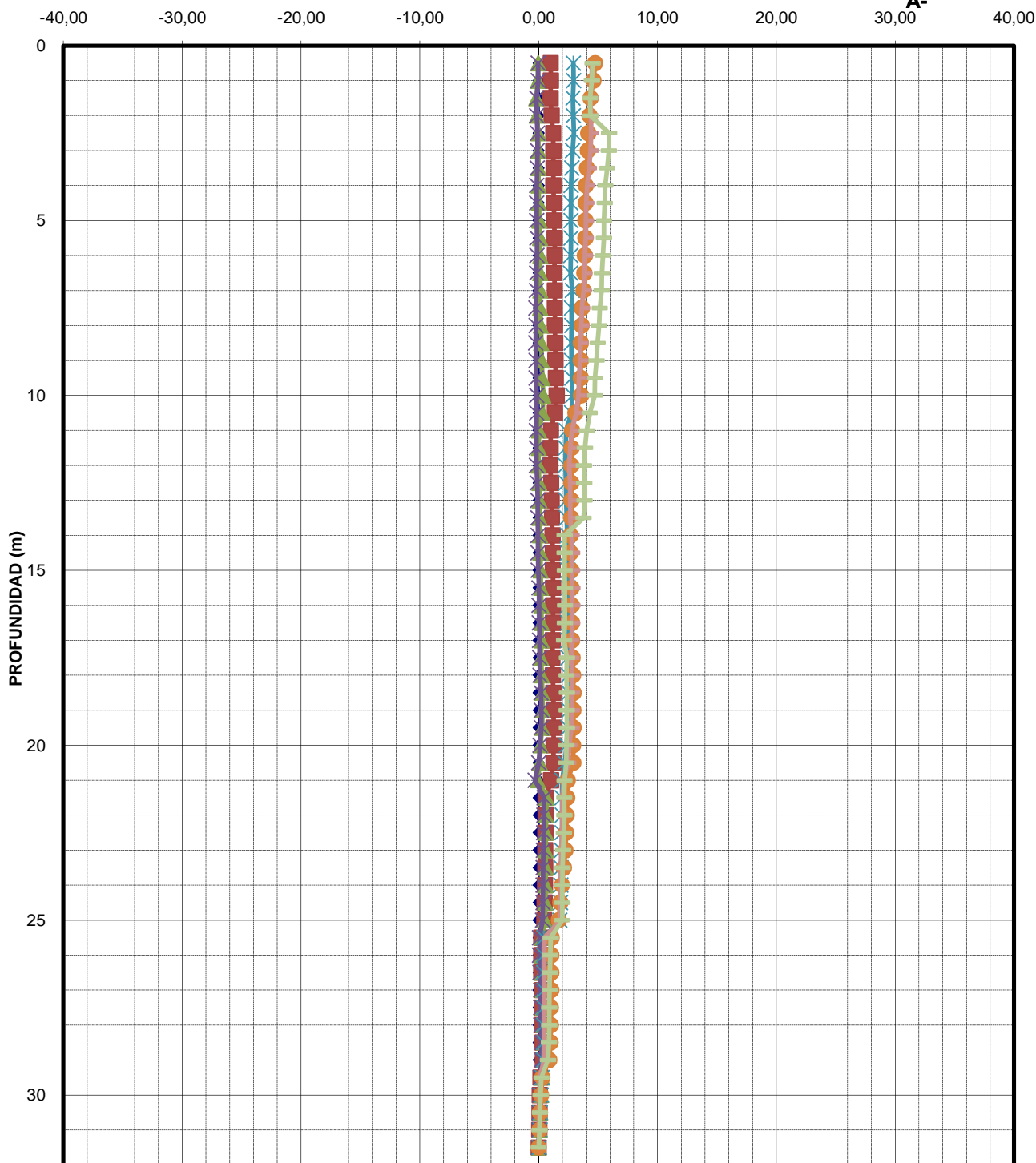




**LÍNEA 12 DEL METRO**  
**REPORTE DE LECTURAS DE INCLINÓMETRO**  
**ESTACIÓN MEXICALTZINGO**  
**EJE B-B**



**DEFLEXIONES CORREGIDAS (mm)**



### **Instalación de inclinómetro en muro Milán.**

**Definición.** El Inclinómetro, es un sistema que permite medir movimientos horizontales, del subsuelo vecino. La tubería que permite la medición de los desplazamientos horizontales está compuesta por tramos de tubería tipo Glue-Snap ABS de 3.05 m de longitud, la cual contiene en su cara interior cuatro ranuras longitudinales alineadas en dos planos ortogonales.

**Instalación.** Una vez localizada topográficamente la ubicación del inclinómetro, de acuerdo a lo indicado en los planos de la especificación de instrumentación correspondiente a la estación Zapata, se procedió conforme a lo siguiente:

- 1) Se adosa en el armado del Muro Milán una tubería de PVC de 6” CED 40, dicha tubería se fija al armado mediante una especie de abrazaderas de acero; para la correcta colocación de los coples, estos fueron pegados con pegamento PVC de alta resistencia y se les colocó una protección de neopreno con el fin de evitar que la tubería emergiera o se desacoplara en el momento del colado o fraguado del concreto.
- 2) En el pie del muro Milán se colocó una parrilla que sirvió como soporte al momento de descender el armado del muro Milán, en esta parrilla además descansa el tapón de fondo, mismo que fue colocado a presión y que fue de igual forma protegido con una doble abrazadera de acero.
- 3) En la parte superior del muro se construyó otra parrilla esta realizó la función de protección extra y ayudó a las abrazaderas para evitar que emergiera la tubería y minimizar en lo posible un desacople de la tubería.
- 4) Una vez terminada la preparación se procede a bajar el armado ya con la tubería de PVC 6” y CED 40 perfectamente acomodada en el centro del

**Capítulo 5: Instrumentos Proceso de instalación**

módulo a colar, esta maniobra se realizo con un especial cuidado para tratar de conservar lo más posible la verticalidad de la tubería.

5) Una vez con el modulo colocado en el lugar que le corresponde y previo al colado de este, se realiza el llenado de la tubería con agua limpia, esto con la finalidad de evitar un colapso generado por la presión del concreto que se colará, además de una contracción de la tubería que impedirá el descenso de la tubería ABS de Inclinómetro.

6) Una vez que haya fraguado el concreto de Muro Milán se procederá con la instalación de la tubería ABS de acuerdo a lo siguiente:

Limpieza. Con la ayuda de una maquina Long Year 38 se realizo un lavado con una broca tricónica de 6". La profundidad de limpieza deberá ser la profundidad del muro milán, esto con el fin de evitar problemas de azolve. Durante el proceso de lavado se deberá emplear agua limpia como fluido de limpieza.

7) Una vez terminado el lavado, mediante un pisón acoplado a una sonda, se verificará la profundidad del Muro así como la limpieza del mismo, verificando que esté libre de obstáculos que pudiesen impedir el descenso de la tubería.

8) Inmediatamente después del lavado se realizará un bombeo de agua a modo que la tubería quede con el menor tirante de agua, esto con la intención de que afecte lo menos posible la resistencia del mortero fluido de alta resistencia. Considerando esto, dicho mortero fue diseñado para una resistencia de  $50 \text{ Kg/cm}^2$  mayor que la resistencia del muro.

- 9) Colocación de la tubería. Una vez verificada la profundidad y limpieza del tubo embebido en el Muro Milán, se procederá al acoplamiento de la tubería modelo Glue-Snap ABS Inclínometer Casing, de la marca RST. La tubería se armará en tramos que faciliten su colocación en el barreno, durante esta actividad al primer tramo por introducir se le colocará un tapón inferior.
  
- 10) Así mismo, a los tramos de la tubería ABS, se les adosará con cinta plástica una manguera de poliducto de 3/4” de diámetro la cual permitirá posteriormente efectuar la inyección de mortero fluido de alta resistencia. Para evitar el efecto de flotación de la tubería durante su descenso, ésta será lastrada con agua limpia en su interior.
  
- 11) Durante el proceso de colocación de la tubería ABS en el barreno, con auxilio de un equipo topográfico, se orientaran las ranuras interiores, de tal forma que uno de los ejes quede orientado de forma perpendicular al eje del Túnel. Así mismo, durante este proceso se verificará la verticalidad de la tubería.
  
- 12) Posteriormente a través del poliducto se colocará a gravedad el Mortero fluido de alta resistencia, cuya dosificación se indica en la especificación de la instrumentación de la estación correspondiente.
  
- 13) Al final de la instalación de la tubería, frecuentemente la dirección de las ranuras presentan una desviación angular. Este efecto es atribuible al proceso de cementación o inyección de la tubería, para corregir las desviaciones, en las hojas de cálculo se consideraran estos desplazamientos, los cuales son medidos topográficamente en campo. Para el inclinómetro la desviación angular reportada fue de  $65^{\circ}14'52''$ .



**Capítulo 5: Instrumentos Proceso de instalación**

Una vez terminadas las actividades anteriores, se dejara pasar un lapso de tiempo suficiente para que la inyección fragüe (del orden de 24 horas), y posteriormente poder realizar las lecturas iniciales.

En este caso particular, el inclinómetro en muro Milán de la Estación Mexicaltzingo no fue instalado debido a causas ajenas al personal de Instrumentación de la empresa. Una mala organización y falta de supervisión en obra ocasionó que la preparación para la instrumentación en el muro no fuera instalada durante su proceso de armado y colado.

Por tal motivo no se mostrarán las fichas de instalación, lecturas iniciales y gráficas de comportamiento del inclinómetro en muro Milán así como tampoco en el capítulo 7, no se mostrará reporte fotográfico del inclinómetro en muro Milán.

### **5.3 INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE PRESIONES**

#### **Instalación de Piezómetro de cuerda vibrante**

Con el propósito de observar el comportamiento de la estructura que conforma la estación Mexicaltzingo, durante su construcción y operación, fue instalado un Piezómetro de cuerda vibrante, bajo la losa de fondo, conformando la estación de instrumentación Mexicaltzingo, en el cadenamiento 20+904.101, de conformidad con las premisas generales de la especificación de la instrumentación geotécnica de la estación Mexicaltzingo.

**Descripción.** El tipo de los Piezómetros utilizado en la instrumentación de la estación Mexicaltzingo que formará parte de la línea 12 del sistema de transporte colectivo metro, es del tipo de cuerda vibrante (modelo VW 2100 STANDARD VIBRATING WIRE).

El sensor está formado por dos piezas cilíndricas unidas por tubos de acero. La membrana esta soldada al cilindro principal. Todas las partes del otro sensor que el alambre mecaniza con un alambre de acero inoxidable de primera calidad, seleccionados por su bajo rendimiento y resistencia a la corrosión. Un alambre de acero de alta resistencia se encuentra anclado en el centro del diafragma, pasa por el primer cilindro, y está anclada en el segundo cilindro, o bloque final. El cable se une a la membrana y el bloque final de prensado hidráulico y las soldaduras de las partes juntas sin afectar a las propiedades elásticas del alambre. El alambre está establecido en una determinada tensión durante la fabricación. El tubo está vacío y sellado con soldadura de haz de electrones para asegurar una vida larga de calibración. Una bobina montada del imán se utiliza en conjunción con la unidad de lectura para excitar el cable y medir el periodo de vibración del alambre.

Para su correcta manipulación el instrumento se registró en la unidad de lectura de cuerda vibrante en la oficina con las siguientes características:

PIEZOMETRO DE CUERDA VIBRANTE, LOSA DE FONDO		
Piezometro	Nº de serie	Longitud del cable
MEX-PZ-02	VW12444	45 m

**Instalación.** Inicialmente mediante un equipo topográfico se realiza la ubicación exacta del punto de losa de fondo donde se colocará el piezómetro para poder realizar la maniobra tan delicada que conlleva la colocación de este aparato, por otro lado se llevó un minucioso control del avance de los trabajos, esto con el fin

**Capítulo 5: Instrumentos Proceso de instalación**

de no entorpecer los avances del frente de excavación ni ellos la colocación de la instrumentación Geotécnica.

En la oficina se registra el instrumento por instalar en la unidad de lectura correspondiente al modelo VW2106 REDOUT, mediante el software del fabricante nombrando este instrumento como MX-PZ-01 y MX-PZA-02, y de forma simultánea se comprueba el correcto funcionamiento de los instrumentos, además de corroborar que las características son las especificadas por el fabricante de igual forma se recolecta la lectura inicial, esta lectura cero se realizará como lo indica las especificaciones del fabricante, es decir saturando con agua en un recipiente el instrumento y respetando el código de colores que maneja el fabricante.

El cable de señal de cuerda vibrante se hace pasar por un poliducto flexible de  $\frac{3}{4}$ " para realizar una protección de dicho cable, esto con la intención de que el cable tenga muy poca interacción con factores que pudieran afectar en el funcionamiento del instrumento en cuestión como pueden ser la humedad en alguna fisura que pudiera tener por defecto o por un mal almacenaje o manejo de transporte, a su vez este poliducto se hace pasar por un tubo sanitario de pvc de 2" esto con la finalidad de que este sistema de conducción (cable con el poliducto) sea protegido por cualquier siniestro como pudiera ser un golpe con herramienta de armado, algún accidente en la colocación de la plantilla de la losa de fondo y además este servirá para tratar de que nuestro sistema de conducción se apegue lo más posible a la geometría de la losa de fondo.

Simultáneamente se construye una pequeña fosa de 50 x 50 x 50 cm de dimensión que sirve para alojar el Piezómetro, este sistema se complementa con una zanja guía que sale de uno de los extremos de la pequeña fosa de alojamiento y termina en la parte superior de la cabecera norte de la losa de fondo de la estación, esta zanja con una profundidad de 20 cm cuidando estrictamente la geometría de dicha losa.

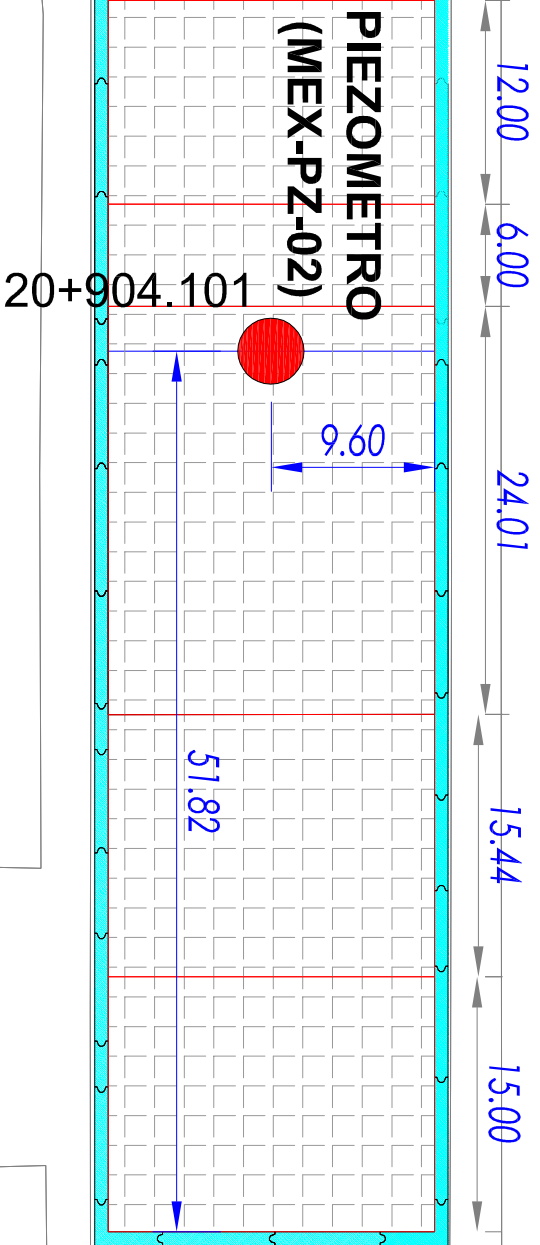
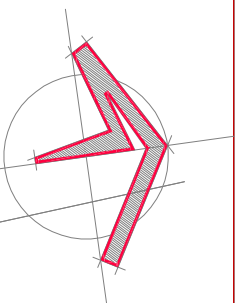
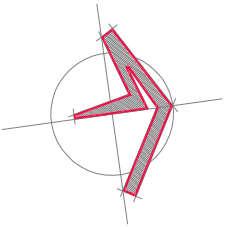
Fabricado en obra se realizó una bolsa de Geotextil rellena de granzón que sirve de filtro para la membrana del piezómetro, posteriormente, fue incorporada una capa de granzón hasta alcanzar la profundidad intencional del piezómetro, en ese momento, con el auxilio de la unidad de lectura de cuerda vibrante, se verifica una vez más el funcionamiento del instrumento, esta altura de granzón llega al paño de la geometría de la losa de fondo, después la zanja fue cubierta con el material producto de la propia excavación.

**Resultado de las mediciones iniciales.** Después de haber instalado dicho Piezómetro continuaron los trabajos de colado de plantilla de losa de fondo, el comienzo del armado, el final del habilitado del acero y por último el colado de dicha losa, en cada una de las anteriores etapas se realizaron lecturas, la grafica siguiente, muestra el efecto observado en las etapas anteriormente descritas y se incluyen las tablas de cálculo de las lecturas tomadas durante este proceso.

Por otra parte, con los datos de las cedulas de calibración del instrumento, fueron diseñadas las hojas electrónicas de cálculo las cuáles contienen los registros de las presiones entre la fecha de instalación del 11/02/10, y el 22/02/10.

Las hojas de cálculo de las presiones de poro registrado con este instrumento, han sido diseñadas para tomar en cuenta el promedio de tres lecturas subsecuentes de las frecuencias de vibración y de las temperaturas, tomadas en un mismo evento.

La grafica de comportamiento observado de las presiones registradas en la losa de fondo, se presenta en la parte siguiente **así como** el reporte fotográfico con las imágenes tomadas durante los trabajos de instalación del Piezómetro, en la losa de fondo y toma la lectura que se incluyen en el Capítulo 7.



ICA  
INSTRUMENTACIÓN  
CONSORCIO LINEA 12

ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN EN LOSA DE FONDO

MEX-PZ-02

NO. 801

GOBIERNO  
20+904.101

ESTACIÓN  
MEICALTZINGO

PIEZOMETROS  
1 PZAS.

FECHA DE INSTALACIÓN  
11/FEBRERO/2010

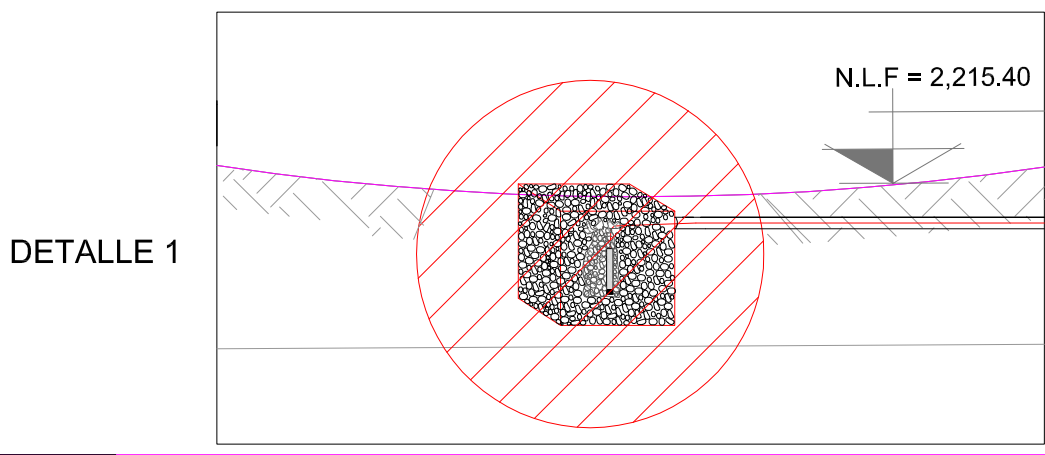
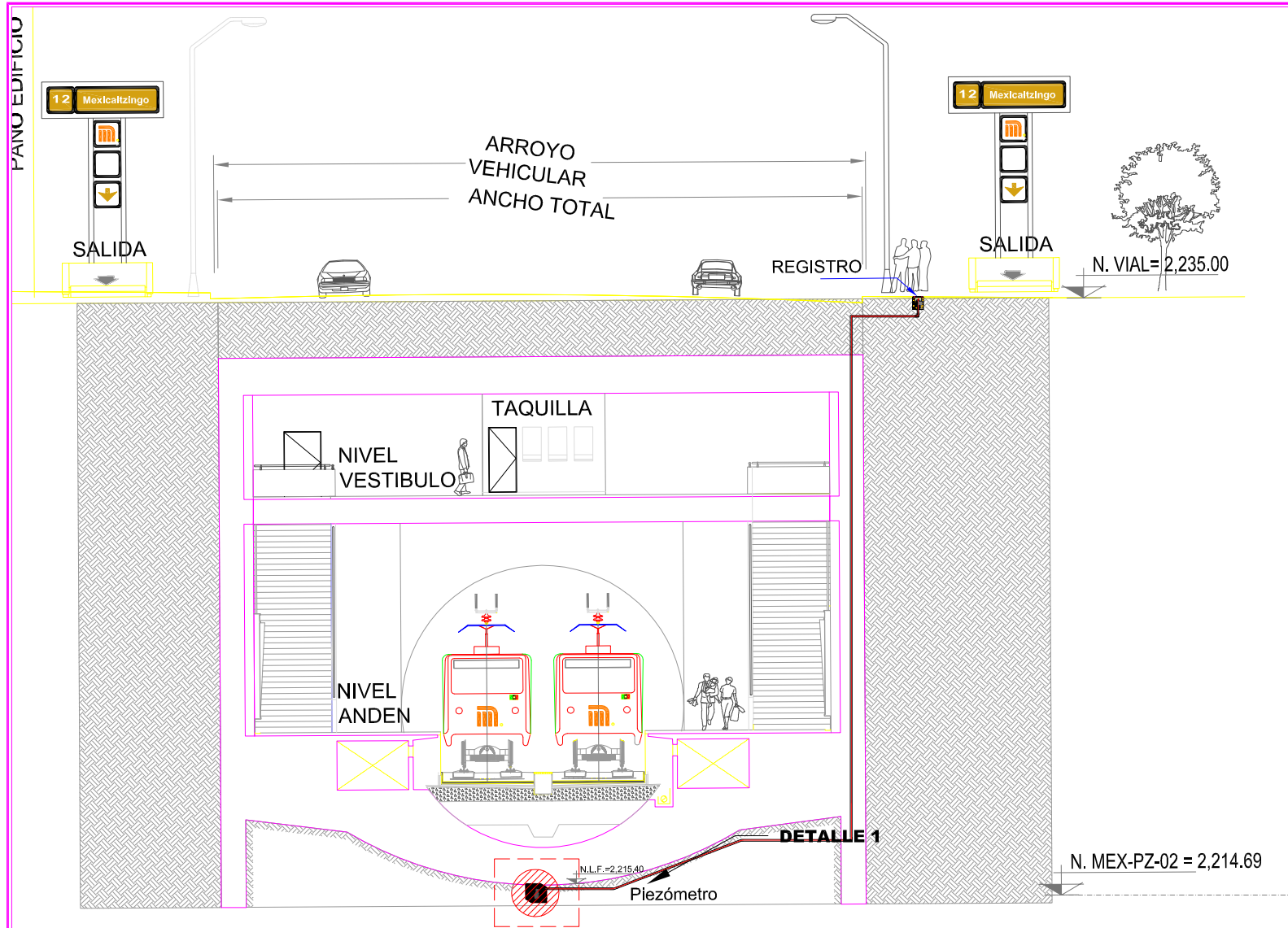
ACOTACIONES  
m.

ELEVACIONES  
m.

PERIODO

INSTALADO

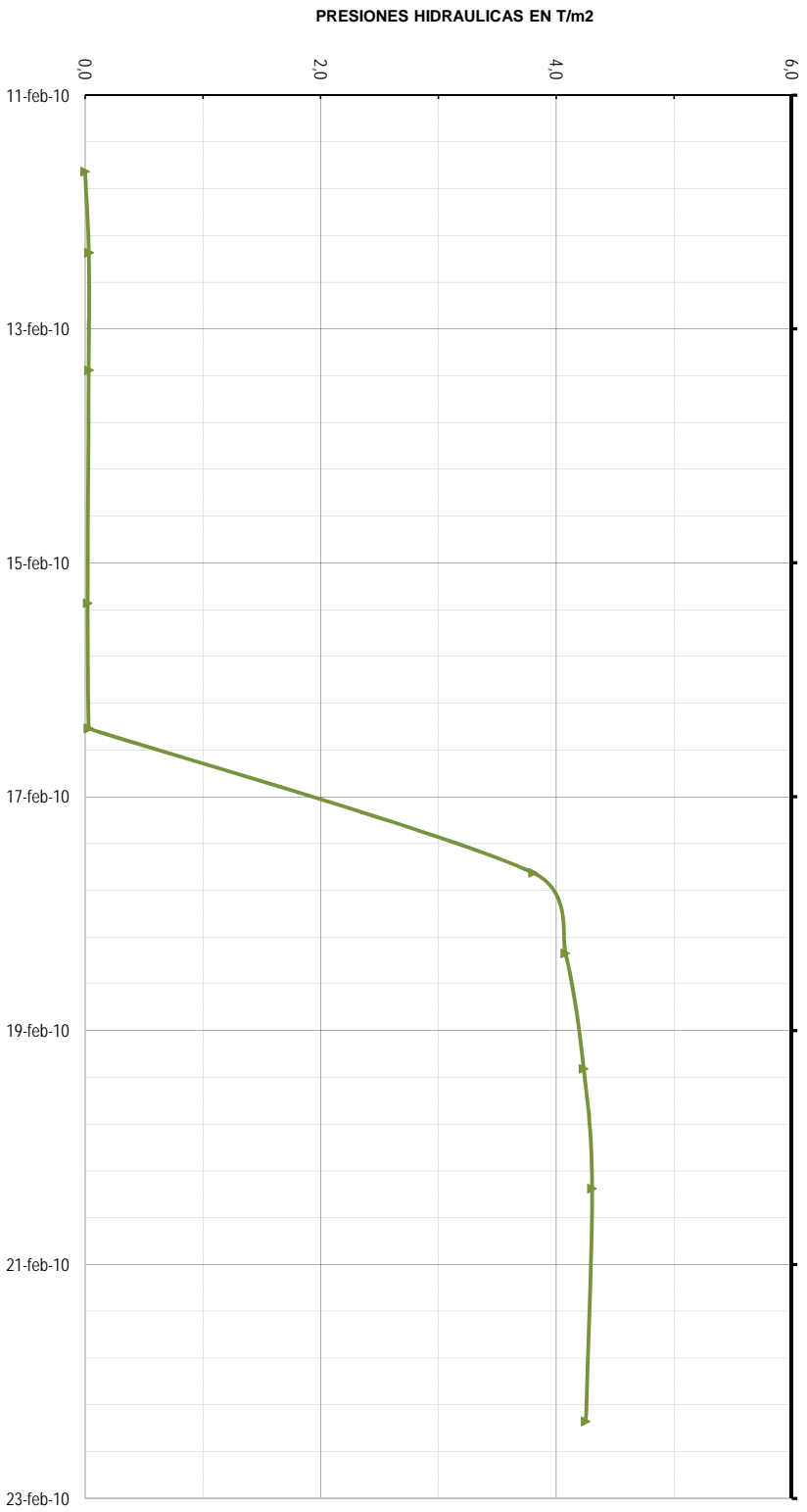
01




		<b>INSTALACION DE PIEZÓMETRO EN LOSA DE FONDO</b>				MEX-PZ-02	
CADENAMIENTO DE INSTALACIÓN: 20+904.101	MODELO DE MULTIPLEXOR: MEX-PZ-02	LONGITUD DE CABLE: 45 m.	DISTANCIA DE LA CABECERA : 51.82 m	ESTACIÓN: MEXICALTZINGO	FECHA DE INSTALACIÓN: 11/FEBRERO/2010	ACOTACIONES: m.	ELEVACIONES: m.
DIBUJÓ:		REVISÓ:		Vo.Bo. :			



PRESION PIEZOMETRICA CONTRA TIEMPO



 <b>CONSORCIO LINEA 12 DEL METRO</b> <b>INSTRUMENTACION</b> <b>ESTACION MEXICALZINGO</b>		<b>MEX-PZ-02</b>
<b>PIEZOMETRO EN LOSA DE FONDO</b> <b>Cad.: 20+904.101</b>		
Elaboró:	Revisó:	Fecha de Inst.: <b>11/02/2010</b>



### **Instalación de Celda de Presión.**

Con el propósito de observar el comportamiento de la estructura que conforma la estación Mexicaltzingo, durante su construcción y operación, fue instalada una celda de presión de tierra, bajo la losa de fondo, conformando la estación de instrumentación Mexicaltzingo, en el cadenamiento 20+902.574, de conformidad con las premisas generales de la especificación de la instrumentación geotécnica de la estación Mexicaltzingo.

En el presente reporte se describen las características del instrumento empleado, los trabajos de instalación en campo de la celda de presión de tierra de cuerda vibrante, en losa de fondo. Se adjuntan además, las fichas de instalación del instrumento, las cedulas de calibración en fábrica de las celdas de cuerda vibrante, así como los resultados de mediciones iniciales.

**Descripción.** El tipo de la celda de presión de tierra utilizada en la instrumentación de la estación Mexicaltzingo que formara parte de la línea 12 del sistema de transporte colectivo metro, es del tipo de cuerda vibrante (modelo LPTPC-V), concepto desarrollado originalmente en el año 1958 en el Instituto Geotécnico Noruego (NGI) para la medición de la presión de tierra en tabla-estacados, muros de retención, túneles y presas de tierra.

Las celdas de presión de tierra, en ocasiones llamadas también celdas de “presión total” o celdas de “esfuerzo total”, están diseñadas para medir los esfuerzos en el suelo o las presiones ejercidas por el suelo sobre las estructuras.

Una celda de presión de tierra típica, consiste generalmente en un par de membranas metálicas circulares de acero inoxidable, flexibles, adosadas a un bastidor circular rígido, dejando entre ellas un espacio estrecho que, durante la fabricación, se rellena luego con un fluido hidráulico. Cuando se aplica una presión exterior en la celda, las membranas se deforman generando una presión similar al fluido hidráulico en el interior de la celda.

Un tubo de acero inoxidable conecta la cavidad de la celda rellena con el fluido, a un transductor de presión, de cuerda vibrante, que convierte la presión del fluido en una señal eléctrica que se transmite por un cable a la unidad de lectura.

En el interior del transductor, una cuerda metálica se sujeta en dos de sus extremos la tapa en el remate de cuerpo metálico del transductor, el otro extremo se fija a un diafragma flexible que es solicitado por la presión del fluido hidráulico en el interior de la celda. La cuerda metálica está sujeta a una tensión inicial de fábrica. La cuerda metálica es excitada mediante un pequeño electroimán al que se le aplica una pequeña corriente eléctrica durante la toma de lecturas, provocando que la cuerda vibre con una determinada frecuencia que depende de la magnitud de la tensión a la que está sometida. Al deformarse el diafragma, la tensión de la cuerda se altera, modificando en consecuencia su frecuencia de oscilación, parámetro que es registrado por la unidad de lectura.

En el interior de la cubierta del transductor de cuerda vibrante, se localiza además un sensor para la medición de la temperatura en la ubicación de la celda (“termistor”), de manera que es posible efectuar correcciones en el cálculo de las presiones, ante los cambios de temperatura ambiental.

Para el caso de la instrumentación de la losa de fondo, la celda de presión de tierra de cuerda vibrante utilizada son del modelo LPTPC-V, del fabricante RST, con un rango de medición de 0 a 700 kPa (70 Ton/m<sup>2</sup>).

Las dimensiones de la celda utilizada son las siguientes:

Diámetro de la celda	114 mm
Distancia del transductor a la placa	480 mm

Capítulo 5: Instrumentos Proceso de instalación

Cuadro de característica de la celda de presión.

CELDA DE PRESION DE TIERRA, LOSA DE FONDO		
celda	Nº de serie	Longitud del cable
MEX-CP-02	TP1051	45 m

**Instalación.** Inicialmente mediante un equipo topográfico se realiza la ubicación exacta del punto de la losa de fondo bajo la cual se colocará la celda de presión, por otro lado se llevará un minucioso control del avance de los trabajos, esto con el fin de no entorpecer los avances del frente de excavación ni ellos la colocación de la instrumentación Geotécnica.

En la oficina se registrará el instrumento por instalar en la unidad de lectura correspondiente al modelo VW2106 REDOUT, mediante el software del fabricante, nombrando este instrumento como MX-CP-02, y de forma simultánea se comprueba el correcto funcionamiento del instrumento, además de corroborar que las características son las especificadas por el fabricante y además se recolectará la lectura inicial, respetando el código de colores que maneja el fabricante y que se puede observar en el manual que se adjunta en este documento, que corresponde a la lectura cero y que se puede verificar en el ANEXO D del presente documento.

El cable de señal de cuerda vibrante se hace pasar por un poliducto flexible de  $\frac{3}{4}$ " el cual protegerá dicho cable, esto con la intención de que el cable tenga muy poca interacción con factores que pudieran afectar el funcionamiento del instrumento en cuestión como pueden ser la humedad en alguna fisura que pudiera tener por defecto o por un mal almacenaje o manejo de transporte, a su vez este poliducto se hace pasar por un tubo sanitario de pvc de 2" esto con la finalidad de que el sistema de conducción (cable con el poliducto) sea protegido por cualquier siniestro como pudiera ser un golpe con herramienta, algún

accidente durante la colocación de la plantilla de la losa de fondo y además este poliducto servirá para tratar de que nuestro sistema de conducción se apegue lo más posible a la geometría de la losa de fondo.

Simultáneamente se construye una pequeña fosa de 40 x 20 x 20 cm de dimensión que sirve para alojar la celda de presión, este sistema se complementa con una zanja guía que sale de uno de los extremos de la pequeña fosa de almacenaje y termina en la parte superior de la losa de fondo correspondiente a la cabecera norte de la estación, esta zanja tendrá una profundidad de 20 cm aprox.

Ya concluidos tanto el sistema de conducción y la zanja correspondiente, se colocará la celda de presión con la cara sensible hacia la estructura, esto para detectar los esfuerzos generados por la estructura en el terreno correspondiente, esta celda es cubierta con el material propio de la misma excavación, lo mismo sucede con el sistema de conducción, esto con la finalidad (como se ha mencionado reiteradamente) de conservar la geometría de la losa de fondo.

Inmediatamente después de realizar la compactación del material se realizará la segunda lectura.

**Resultados de las mediciones iniciales.** Después de haber instalado dicha celda se continúa con los trabajos de colado de plantilla, así como el armado y por último el colado de dicha losa, en cada una de las anteriores etapas se realizaron lecturas, la grafica mostrada a continuación muestra el efecto observado en las etapas anteriormente descritas.

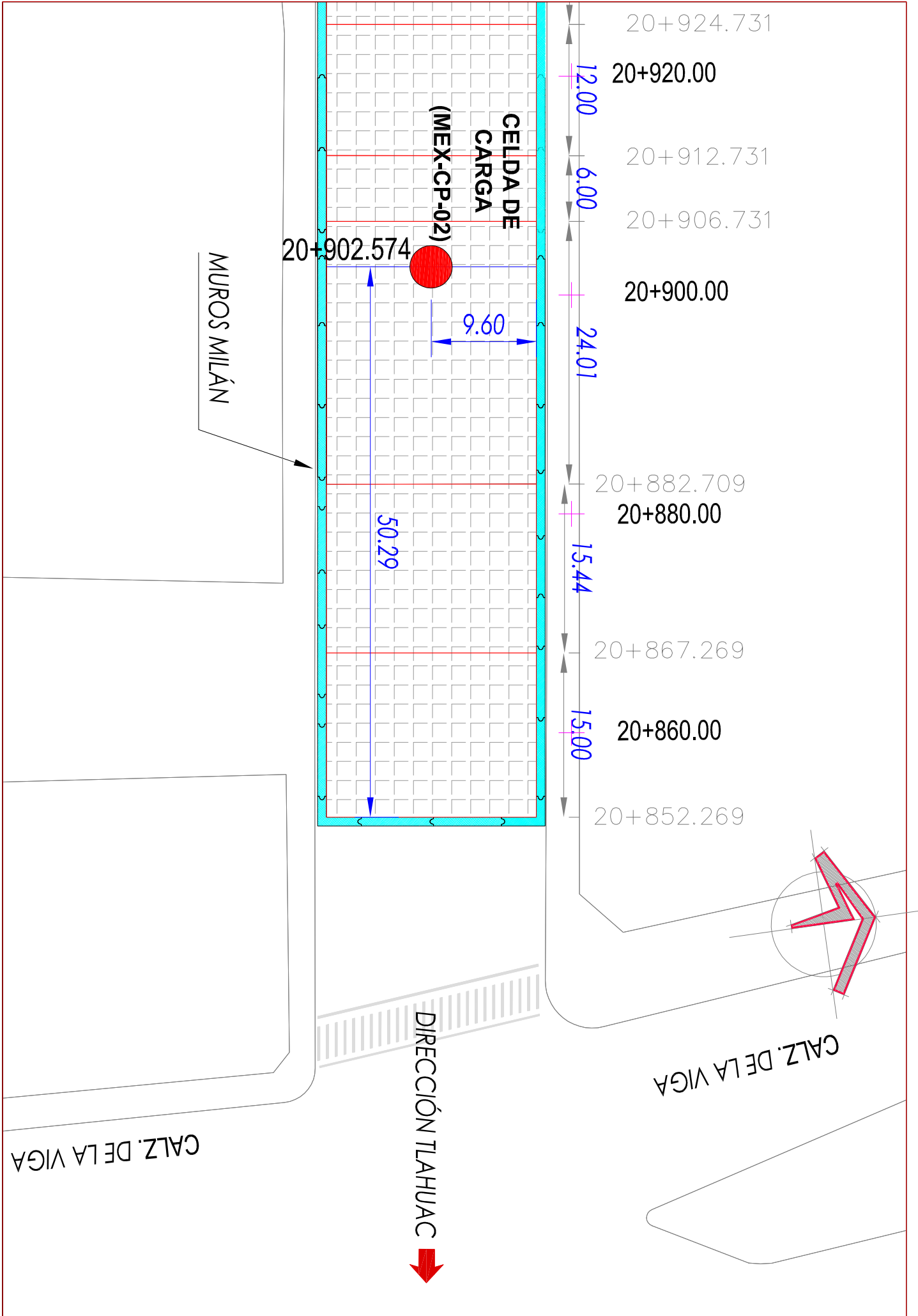
Por otra parte, con los datos de las cédulas de calibración, fueron diseñadas las hojas electrónicas de cálculo de las presiones y que presentan los registros de las presiones medidas en los instrumentos, entre la fecha de instalación del 09/02/10, y el 22/02/10.

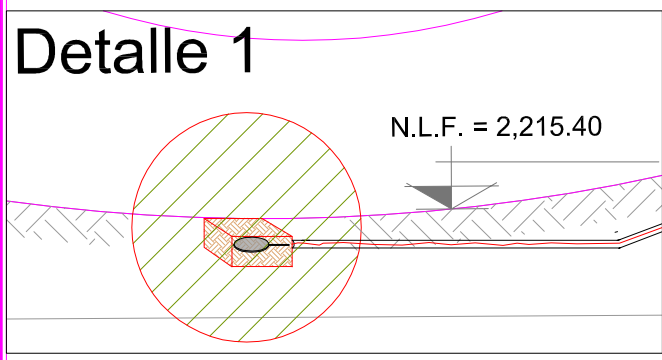
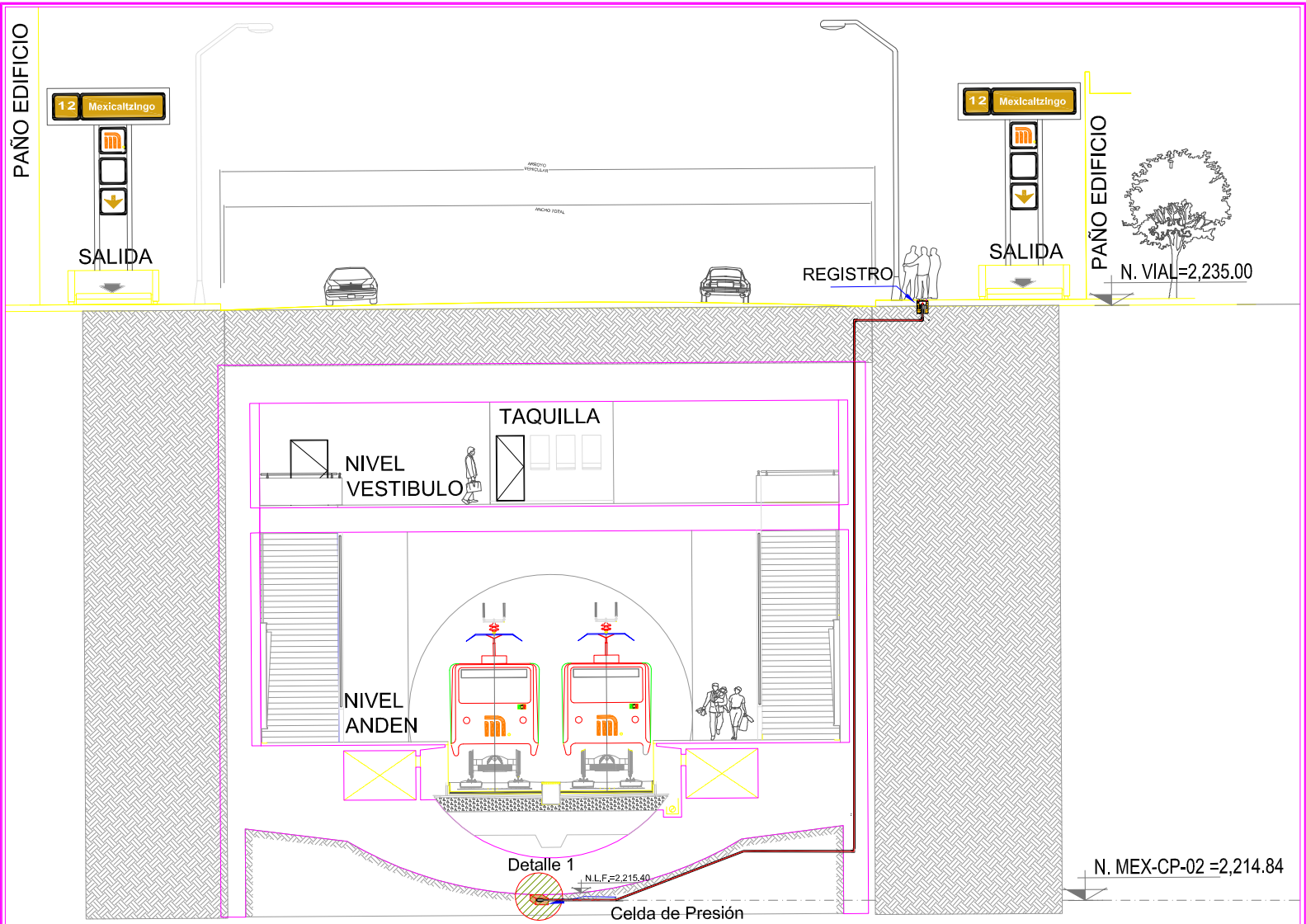
**Capítulo 5: Instrumentos Proceso de instalación**

Las hojas de cálculo de las presiones de tierra registradas con estos instrumentos, han sido diseñadas para tomar en cuenta el promedio de tres lecturas subsecuentes de las frecuencias de vibración y de las temperaturas, tomadas en un mismo evento.

La gráfica del comportamiento observado de las presiones registradas en la losa de fondo, se presenta adelante.

Algunas de las fotografías tomadas durante los trabajos de instalación de la celdas de presión, en la losa de fondo y toma la lectura inicial se incluyen en Capítulo 7.





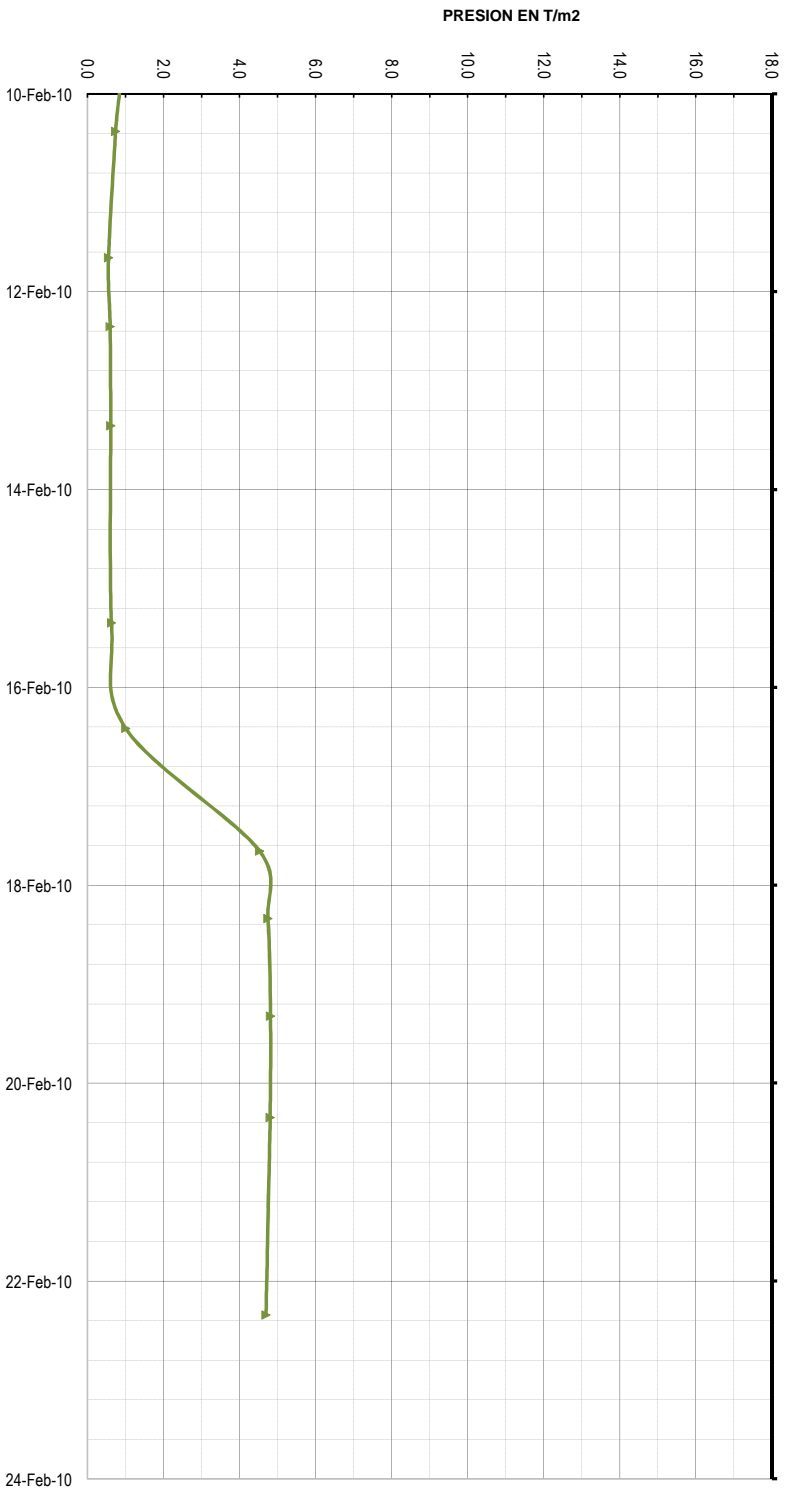
		<b>INSTALACION DE CELDA DE PRESION DE TIERRA EN LOSA DE FONDO</b>				<b>MEX-CP-02</b>		
CADENAMIENTO DE INSTALACION: 20+902.574	MODELO DE MULTIPLEXOR: MEX-CP-02	LONGITUD DE CABLE: 45 m.	DISTANCIA DE LA CABECERA: 50.29 m	ESTACION: MEXICALTZINGO	FECHA DE INSTALACION: 09/FEBRERO/2010	ACOTACIONES: m.	ELEVACIONES: m.	<h1 style="color: red;">02</h1>
DIBUJÓ:		REVISÓ:		Vó.Bó.:				







c/ Plancha

PRESION CONTRA TIEMPO



  <b>CONSORCIO LINEA 12 DEL METRO</b>		<b>CONSORCIO LINEA 12 DEL METRO</b>	
<b>INSTRUMENTACION</b>		<b>ESTACION MEXICALTZINGO</b>	
<b>CELDA DE CARGA EN LOSA DE FONDO</b>		<b>MEX-CP-02</b>	
Cad.: 20-902.574			
Elaboró:		Fecha de Inst.:	
		<b>09/02/2010</b>	

