

## **CAPÍTULO VII CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA PERFORACIÓN DEL TÚNEL**

### **7.1 Mantenimiento de la Máquina**

El mantenimiento de la máquina consiste en verificar que la rueda de corte, la cámara de presión, el erector y el tornillo sinfín no hayan sufrido daños durante su operación, ya que en ocasiones el tipo de suelo esperado no corresponde al tipo de suelo excavado, causando daños principalmente al sistema de expulsión de rezaga, además del cambio de aceite y del sello del faldón tipo cepillo de alambre.

El mantenimiento se brinda cada que el escudo pasa por una estación, por lo tanto se le dan 7 mantenimientos durante toda el proceso de excavación (de la lumbrera de entrada a la de salida, se encuentran 7 estaciones) durando éste aproximadamente 6 días, los trabajos de mantenimiento están a cargo de la empresa Robbins, que fue la que ensambló y fabricó el escudo y de ingenieros especializados de la empresa ICA.

### **7.2. Instrumentación del túnel**

Con el objetivo de evaluar el comportamiento del túnel y de las edificaciones aledañas antes y durante el paso del escudo, se está instalado un sistema de instrumentación que permite medir la presión de confinamiento sobre el anillo, cambios en la geometría transversal de anillos, asentamientos y desplazamientos en la masa de suelo y en superficie.

A continuación se presentan los lineamientos generales para la instalación de la instrumentación y frecuencia de toma de lecturas.

### 7.2.1 Instrumentación al interior del túnel

#### Celdas de presión

Para detectar la magnitud y distribución de los esfuerzos de confinamiento que el subsuelo ejerce sobre el revestimiento del túnel, se instrumentarán 5 anillos de dovelas, uno por cada zona geotécnica, la tabla 7.1 indica la ubicación de los 5 anillos instrumentados.

ZONA GEOTÉCNICA	CADENAMIENTO APROXIMADO	TRAMO
1	20+646	ATLALILCO-MEXICALTZINGO
2	22+360	MEXICALTZINGO-ERMITA
3	24+220	EJE CENTRAL-PARQUE DE LOS VENADOS
4	25+900	PARQUE DE LOS VENADOS-ZAPATA
5	27+700	INSURGENTES SUR-MIXCOAC

Tabla 7.1 "Ubicación de los cinco anillos instrumentados con celdas de presión"

El anillo de dovelas se instrumentará con cuatro celdas de presión colocadas ortogonalmente.

Para evitar daños en las celdas durante las maniobras de transportación de las dovelas del anillo instrumentado y durante su erección y fijación en el túnel, se procurará que las superficies de las celdas sensibles a las presiones del subsuelo, queden ligeramente remetidas, por debajo de la superficie del extradós de las dovelas, cubriéndolas posteriormente con una delgada capa de mortero.

Una vez colocado el anillo de dovelas instrumentado con celdas de presión, la frecuencia de medición será la siguiente.

- Se deberán tomar las lecturas necesarias hasta observar una estabilización de las mismas (como mínimo 3 lecturas similares). Una vez logrado lo anterior, y con los datos de las mediciones, se deberán elaborar gráficas tiempo vs presión.
- Se realizan lecturas diarias hasta que las gráficas tiempo vs presión muestren una tendencia de estabilidad.

- En el momento en que las gráficas muestren una tendencia de estabilidad franca, las lecturas se realizarán cada tercer día, si después de tres meses se observa la continuidad de la estabilidad, se podrán realizar una vez por semana.

#### Diámetro horizontal interior de anillos

Con el fin de monitorear las deformaciones al interior del túnel, se colocaran marcas de pintura en hastiales las cuales sirvan de referencia para medir el diámetro horizontal en cada uno de los anillos (es decir @ 1.50 m. centro a centro entre anillos).

Las marcas de pintura se colocarán con ayuda de una plantilla la cual se utilizará para ambos hastiales, adicionalmente se colocará al centro de la cruz un punto que servirá de referencia o como punto de centrado para el distómetro laser.

Las lecturas se realizarán con un distómetro laser con precisión de 1.0 mm, tomando como base o referencia las marcas de pintura de centrado. La longitud se tomará a partir de la base de dicho equipo, colocándolo siempre perpendicular a la dovela.

Con los datos o mediciones se elaborarán gráficas tiempo vs deformación. Para el caso de la deformación se tomará como dato para la gráfica la diferencia entre la lectura inicial y la lectura media correspondiente.

Las frecuencias de lectura serán las siguientes:

- a) En el momento en que se coloque el anillo y cuando las condiciones del tren de equipo del escudo lo permitan, se realizara la primera lectura, posteriormente se tomará una lectura diaria, esto hasta que en las gráficas tiempo vs diferencia de diámetro se observe una estabilidad en por lo menos 15 días consecutivos.
- b) Una vez que se muestre una tendencia de estabilidad conforme a lo anterior, se realizará una lectura cada tercer día, si después de tres meses se observa la continuidad de la estabilidad en muestreo se realizará una vez por semana.

En el anexo 5 se encuentran las gráficas de variación del diámetro horizontal interno del túnel, realizadas con base en lecturas tomadas de la instrumentación interna del túnel del anillo 0 al anillo 120

## 7.2.2 Instrumentación al exterior del túnel.

### Referencias superficiales sobre el eje de trazo.

Este control se realizará mediante una línea de colimación a lo largo del eje del trazo, compuesta por Bancos de Nivel Superficiales separados a cada 20.00 m. dichos bancos estarán colocados sobre el eje del trazo.

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

En áreas verdes los bancos de nivel estarán constituidos por un cilindro de concreto simple de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, con un tornillo metálico de 5/8" x 4", en pavimento el banco de nivel deberá estar constituido por un tornillo metálico de 5/8" x 4".

La frecuencia de las lecturas en estos bancos será la indicada a continuación.

- a) Una primer lectura antes de los primeros 100 metros previos al paso del escudo, la segunda tres días posteriores, si las dos lecturas son similares se toma como inicial, de no ser así se tomarán las lecturas hasta que tengan una diferencia máxima de  $\pm 3$  mm.
- b) 100 metros antes y 100 metros después del paso del escudo se realizará una lectura al día.
- c) Posteriormente a los 100 metros del paso de escudo se realizará una lectura por semana durante cuatro meses, momento en el cual si la tendencia marca estabilidad podrán suspenderse las lecturas.

En el anexo 3 se podrán encontrar los asentamientos máximos permisibles aplicados al primer tramo por excavar, de la lumbrera de Acceso a la Estación Ermita.

En el anexo 4 se encuentran las gráficas de asentamiento en superficie realizadas con base en lecturas tomadas de la instrumentación superficial sobre el eje del trazo, del cadenamiento 20+370 al cadenamiento 20+860.

### Referencias superficiales transversales al eje de trazo.

Este control se realizará mediante una línea de colimación transversal al eje del trazo, compuesta por Bancos de Nivel Superficiales separados a cada 20.00 m. Dichas líneas de colimación estarán colocadas a cada 250 metros aproximadamente, dependiendo de la distancia a la que se encuentren las calles que cruzan el eje del trazo.

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

La frecuencia de las lecturas será similar a las indicadas en el subtema “Referencias superficiales sobre el eje de trazo”.

### Palomas y plomos

Con el fin de conocer los movimientos que se pudieran presentar en los edificios aledaños al túnel, se procederá a colocar marcas de pintura (palomas) y puntos de desplome en los paramentos de estos, de acuerdo a lo descrito a continuación:

Las palomas se ubicaran en las edificaciones mayores a tres niveles colindantes con la zona de proyecto. Las marcas (palomas) se colocarán en las colindancias de las edificaciones a 1.50 m de altura, medido a partir del nivel de banquetta.

Además de las líneas de colimación y palomas, se deberán marcar puntos de desplome en los edificios de tres niveles o más, colindantes con la obra, utilizando las botaguas de algunas edificaciones o fijando ménsulas o perfiles de fierro en las azoteas o en donde lo permita la construcción. Posteriormente se medirán los posibles desplomes que se presenten en cada uno de ellos. Se deberá de tomar una lectura de desplome inicial, la cual servirá de referencia y para conocer si la edificación se encuentra desplomada de origen, por lo que deberá de tomarse antes del paso del escudo.

La frecuencia de las lecturas será similar a las indicadas en el subtema “Referencias superficiales sobre el eje de trazo”.