

Tema 2. Muro Milán

El muro Milán es una estructura de concreto armado, colado en el sitio (in situ), que sirve principalmente para contener cortes verticales en excavaciones, haciendo las funciones de una pantalla resistente a los esfuerzos que ejerce el suelo. Sus aplicaciones en las obras de ingeniería civil son muchas, entre ellas se pueden mencionar obras subterráneas y túneles para el transporte urbano (metro), sótanos y cajones de cimentación de edificios, estacionamientos subterráneos, ataguías en presas, etc. Otro de los usos que se les da a estas estructuras es en la construcción de lumbreras. Dependiendo del tipo de obra en la que se emplea el muro Milán, varían algunas de sus características, como la geometría o la profundidad de construcción. Si se trata por ejemplo de la construcción de transporte urbano, deberán realizarse dos pantallas paralelas; para el caso de los cajones de cimentación o estacionamientos, el muro Milán se puede adaptar a la figura geométrica que se tenga por diseño arquitectónico de la edificación, o para el caso de las lumbreras se realizará una pantalla circular, en forma de anillo, como se muestra en la Figura 2.a.

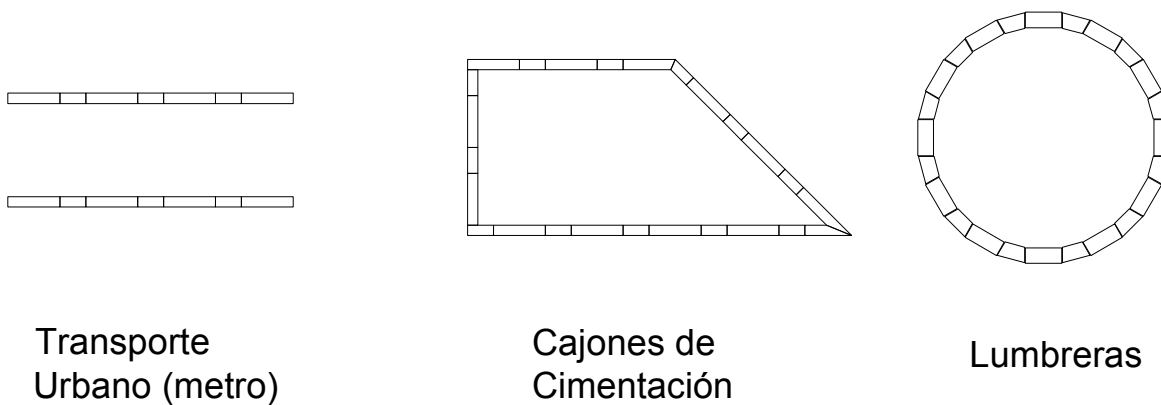


Figura 2.a. Geometría del muro Milán en distintas obras.

Los anteriores son sólo unos pocos ejemplos de obras en las que se puede emplear el muro Milán como procedimiento para la construcción de proyectos de ingeniería de gran importancia. El tema de estudio de este trabajo es el de la construcción de una de las lumbreras que conforman el proyecto Túnel Emisor Oriente, a saber, la Lumbrera 19.

Las lumbreras son estructuras que se construyen como obras auxiliares en los proyectos de túneles de longitud importante. En este tipo de proyectos, las lumbreras cumplen dos principales funciones: en su etapa de construcción, la de acceso a la obra principal (túnel) para introducir el equipo, la maquinaria, los materiales necesarios y el acceso del personal de la obra; mientras que en la etapa operacional, su función es la de ser un respiradero y acceso para inspección y mantenimiento del túnel.

Es importante mencionar que para la construcción de las lumbreras se pueden emplear diferentes métodos constructivos, siendo el muro Milán sólo uno de ellos. Para el caso de la Lumbrera 19 del TEO se proyecta la construcción mediante un método constructivo mixto el cual consiste de una primera etapa empleando el muro Milán, hasta una profundidad de 112.0 m, continuando con el método convencional a partir de esta profundidad hasta la profundidad de proyecto que es de 133.60 m, lo que corresponde al fondo de la lumbrera.

Una característica importante de las estructuras que emplean el muro Milán es que se construyen literalmente dentro de la masa de suelo. Esto se logra seccionando la geometría del muro Milán en pequeños paneles, realizando excavaciones profundas (con la dimensión de profundidad muy grande comparándola con las dimensiones de ancho y largo), colocando el acero de refuerzo (previamente habilitado en superficie) dentro de dicha excavación y rellenando la misma con concreto.

Para realizar la construcción del muro Milán, se debe seccionar la geometría de la estructura en paneles, los cuales se construyen de manera independiente; sin embargo, una vez que se concluye la construcción de todos estos, trabajan como una estructura única y homogénea.

Para el caso de la Lumbrera 19 del Túnel Emisor Oriente, se tiene un diámetro inicial de 17.0 m (donde se tiene muro Milán), reduciéndose a 12.0 m en la segunda etapa (método convencional). La pantalla del muro Milán se encuentra dividida en 24 secciones, paneles o también llamados tableros, que son de dos diferentes tipos, denominados tableros primarios y tableros secundarios. De cada uno de los tipos se cuentan 12 tableros y se tiene un acomodo de tal manera que estén intercalados, es decir, cada tablero primario tiene un tablero secundario a cada uno de sus lados y viceversa.

Se asignaron números consecutivos del 1 al 24 a los tableros, siendo los pares los tableros primarios y los impares, los secundarios. La nomenclatura que se utiliza para estos tableros se asignó por su posición y no tiene relación con la secuencia de su construcción. Las características de cada tipo de tableros se especificarán

para su mejor explicación a lo largo de los diferentes temas y subtemas del trabajo. En la Figura 2.b se muestra la configuración de los tableros del muro Milán de la Lumbreira 19 del TEO.

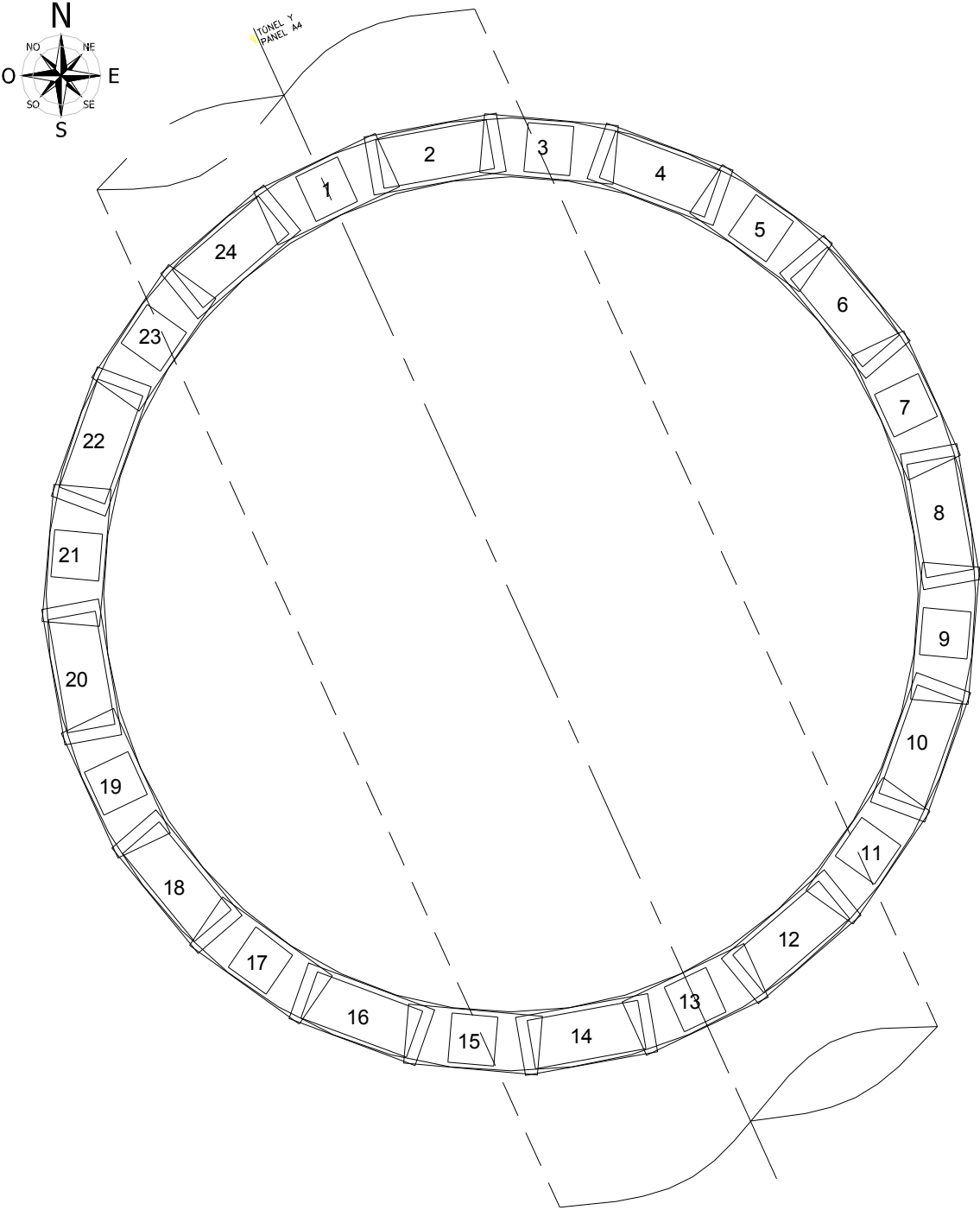


Figura 2.b. Configuración y numeración de los tableros del muro Milán de la Lumbreira 19 del TEO.

El procedimiento general que se emplea para realizar la construcción de los tableros del muro Milán se explica a continuación:

1. Se realiza la excavación con la hidroexcavadora o hidrofresa del primer tablero secundario, hasta la profundidad de proyecto, 112.0 m. Se verifica la profundidad de la excavación con sonda.
2. Se realiza el desarenado del tablero con la hidrofresa. Esto consiste en cambiar el lodo pesado con el que se trabaja durante la excavación, por lodo ligero (nuevo), para obtener la densidad de proyecto, que debe ser de 1.07 ton/m^3 .
3. Se verifica la verticalidad del tablero con un equipo llamado KODEN. Si la desviación del tablero no es mayor al 0.3 % se pasa al punto siguiente; en caso contrario se rectifica la verticalidad del tablero con la hidrofresa, es decir, se vuelve a introducir la hidrofresa para perfilar la excavación.
4. Se procede a la inmersión del acero de refuerzo dentro del tablero lleno de lodo bentonítico ligero. Simultáneamente se inicia la excavación de otro tablero secundario. Con el fin de permitir ambas actividades simultáneamente, el tablero en el que se empieza la excavación deberá estar distante del tablero en el que se está realizando la maniobra de inmersión del acero de refuerzo.
5. Terminando de colocar el acero de refuerzo dentro de la excavación se coloca la tubería Tremie.
6. Se realiza el colado del tablero.
7. Se continúa con este procedimiento hasta completar los 12 tableros tipo A2.
8. Se realiza la excavación del primer tablero tipo A1.
9. Se realizan los mismos pasos para completar la construcción de los 12 tableros tipo A-1.

Este es el procedimiento general utilizado en la construcción de los tableros del muro Milán de la Lumbrera 19 del TEO. En los siguientes temas y subtemas de este trabajo se incluye una explicación más detallada de este procedimiento.