

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTACIÓN SUBTERRANEA
CIRCUNVALACIÓN, MEDIANTE EL MÉTODO CORTAR Y CUBRIR
MODALIDAD DE ARRIBA HACIA ABAJO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

AMADO JOHEL PADILLA RAMIREZ

Lima- Perú

2014

*A mis padres que son el motor de mis ideales;
a mis hermanas por eterno apoyo,
y a mi amada abuela que en paz descansa*

INDICE	
RESUMEN	04
LISTA DE CUADROS	05
LISTA DE FIGURAS	05
INTRODUCCIÓN	07
CAPITULO I: ANTECEDENTE	08
CAPITULO II: MARCO TEORICO	08
2.1. DEFINICIONES	09
2.1.1. Método Cortar y Cubrir	09
2.1.2. Estación subterránea Circunvalación	09
2.1.3. Muro de Sostenimiento	11
2.1.4. Losa de Cobertura	11
2.1.5. Losa de Vestíbulo	12
2.1.6. Losa de Mezanine	13
2.1.7. Nivel de Anden	13
2.1.8. Losa de Fondo	14
2.2. TIPOS DE SOSTENIMIENTO S PARA EXCAVACIONES VERTICALES	14
2.2.1. Sostenimiento con Muros Diafragma.	14
2.2.2. Sostenimiento con pilotes Secantes	15
2.2.3. Sostenimiento con pilotes Espaciados.	15
2.2.4. Muros Anclados	17
2.3. CARÁCTERÍSTICAS DEL SUELO DE FUNDACIÓN	17
CAPITULO III: ESTACIONES SUBTERRANEAS CONSTRUIDAS EN OTRAS CIUDADES	20
3.1. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN MEXICALTZINGO DE LA LINEA 12 DEL METRO DE MEXICO	20

3.1.1. Desvío de Tráfico y Liberación de Interferencias	20
3.1.2. Nivelación del Terreno y Construcción de muros pantalla.	20
3.1.3. Excavación hasta la losa de Vestíbulo	21
3.1.4. Construcción de la losa de Vestíbulo	21
3.1.5. Construcción de la losa de Cobertura	21
3.1.6. Excavación hasta la Losa de Fondo	22
3.1.7. Construcción de la Losa de Fondo	22
3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACION 5 DE MAYO DE LA LÌNEA 1 DEL METRO DE PANAMÀ.	22
3.2.1. Desvío de Tráfico y Liberación de Interferencias	22
3.2.2. Construcción de Muros Pantalla	22
3.2.3. Construcción de la losa de Cobertura	23
3.2.4. Excavación hasta el Nivel de Vestíbulo	24
3.2.5. Construcción de la Losa de Vestíbulo	25
3.2.6. Excavación hasta el nivel de losa de fondo	25
3.2.7. Construcción de la losa de Fondo	25
3.2.8. Actividades Posteriores Al paso de la Tuneladora	26
CAPITULO IV: PROCEDIMEINTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTACION CIRCUNVALACION POR EL METODO CORTAR Y CUBRIR.	27
4.1. ALCANCE Y PROPÓSITO	27
4.2. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO PANTALLA	27
4.2.1. Preparación y Nivelación de la Zona de Trabajo.	29
4.2.2. Construcción del Muro Guía.	29
4.2.3. Excavación de la zanja por módulos.	30
4.2.4. Colocación de la Armadura de refuerzo.	34
4.2.5. Colocación de las Juntas o Encofrados Laterales.	35

4.2.6. Vaciado de Concreto.	36
4.2.7 Extracción de la Juntas o Encofrados Laterales.	37
4.2.8. Demolición de la Parte Superior de los Muros Pantalla.	38
4.3. CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DE COBERTURA	39
4.4. EXCAVACIÓN HASTA EL NIVEL DE LOSA DE VESTÍBULO.	40
4.5. CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DE VESTIBULO.	41
4.6. EXCAVACIÓN HASTA EL NIVEL DE LOSA DE FONDO.	42
4.7. CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DE FONDO.	42
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. CONCLUSIONES	45
5.2. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	48

©2014, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el informe de Suficiencia en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos”.

Correo: jhoelpadillar@gmail.com

Teléfono: 948003939

RESUMEN

Este Informe presenta, en primer lugar, una descripción de los antecedentes que propiciaron la iniciativa de la construcción del Metro de Lima y por ende de la Estación Circunvalación que forma parte de Ella.

En segundo lugar se definen las principales partes de la estación en mención y sus características principales, también se mencionan los principales procedimientos constructivos adoptados en la construcción de las Estaciones subterráneas Mexicaltzingo y 5 de Mayo, de las ciudades de México y Panamá respectivamente, que si bien el tipo de suelo es diferente a la encontrada en la ciudad de Lima, los problemas planteados fueron similares.

Finalmente basado en la metodología adoptada en la construcción de metros subterráneos de otras urbes, se pasa a describir el procedimiento constructivo de las principales actividades que se llevaran a cabo durante la construcción de la Estación Circunvalación, mediante el método Constructivo "Cortar y Cubrir" modalidad "Arriba Hacia Abajo".

LISTA DE CUADROS

Tabla 2.1: Calicatas realizadas para el estudio de suelos	17
Tabla 2.2: Parámetros del suelo de Fundación	18
Tabla 2.3: Cuadro de Capacidad admisible para diferentes valores de B	18
Tabla 4.1: Límites mínimos permisibles para lodos bentoníticos.	32
Tabla 4.2: Tolerancias admisibles durante la excavación de los muros diafragma.	32
Tabla 4.3: Características de Diseño del concreto para Muros Pantalla.	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Vista isométrico de la estación Circunvalación	10
Figura 2.2: Vista en planta de la Estación Circunvalación	10
Figura 2.3: Muro de Sostenimiento de esfuerzos del terreno adyacente.	11
Figura 2.4: Losa de Cobertura de la estación	12
Figura 2.5: Losa de Vestíbulo de la Estación	12
Figura 2.6: Losa de Mezanine de La estación	13
Figura 2.7: Losa de Anden	13
Figura 2.8: Losa de Fondo	14
Figura 2.9: Construcción de Muros Diafragma vaciados in-situ.	15
Figura 2.10: Secuencia de Pilotes Secantes	16
Figura 2.11: Construcción de pilotes espaciados	16
Figura 2.12: Muros Anclados como sostenimiento de excavación	17
Figura 3.1: Vista en planta de la estación Mexicaltzingo	21
Figura 3.2: Esquema de excavación y construcción de losas de le estación Mexicaltzingo.	21
Figura 3.3: Vaciado de Concreto para el muro pantalla con tubería Tremie.	23
Figura 3.4: Losa de Cobertura con vigas prefabricadas	24
Figura 3.5: Excavación de la losa de Vestíbulo con excavadora.	24

Figura 3.6: Encofrado de la losa de Vestíbulo (Tableros fenólicos).	25
Figura 3.7: Construcción de la losa de fondo (armado de Acero de refuerzo y vaciado de concreto)	26
Figura 4.1: Etapas de la construcción de los muros anclados	28
Figura 4.2: Construcción de los módulos intermedios o de cierre.	28
Figura 4.3: Planta de Lodos bentoníticos	29
Figura 4.4: Esquema de Muros guía típicos	30
Figura 4.5: Cucharas Bivalva, utilizado para la construcción de muros pantalla	31
Figura 4.6: Equipo Hidrofresa, usado para la excavación de muros pantallas.	32
Figura 4.7: Izaje de la armadura de refuerzo de los muros pantalla	35
Figura 4.8: Colocación de las Juntas para la construcción de los muros pantalla.	36
Figura 4.9: Proceso de Vaciado de Concreto para los muros pantalla	38
Figura 4.10: Demolición de la parte superior de los muros pantalla con Picotón.	39
Figura 4.11: Detalle de la Viga de Atado y su empalme con el muro pantalla	39
Figura 4.12: Arado del Acero de refuerzo de la Losa de Cobertura.	40
Figura 4.13: Grúa Pórtico para la excavación de la estación.	41
Figura 4.14: Armado de Acero para el refuerzo de la losa de Vestíbulo y dowels en el muro pantalla.	42
Figura 4.15: Esquema de la Excavación hasta el nivel de losa de fondo.	42
Figura 4.16: Esquema del Vaciado de la losa de fondo con bomba de concreto estática.	43
Figura 4.17: Construcción de la Losa de Mezanine.	43
Figura 4.18: Acabados Arquitectónicos de la Estación.	44

INTRODUCCIÓN

Como solución a la congestión vehicular y al continuo crecimiento poblacional de la ciudad de Lima se plantea la construcción del Metro de Lima y Callao, siendo la Estación Circunvalación una de las 27 estaciones subterráneas de la Línea 2 del Metro de Lima, dicha Estación se encuentra ubicada entre la Av. Nicolas Ayllon y la Av. Circunvalación, y contará con dos accesos peatonales a ambos lados de la Av. Circunvalación.

Teniendo en cuenta los problemas de la falta de espacio y la necesidad de reponer la superficie afectada lo más pronto posible, no se plantea dicha construcción mediante métodos convencionales (Cortar y Cubrir modalidad de Abajo Hacia Arriba), sino mediante el método "Cortar y Cubrir" modalidad de "Arriba Hacia Abajo", éste método ya fue empleado en la construcción de metros en otras ciudades como son: México, Panamá, Madrid entre otras, siendo en la actualidad el más difundido en la construcción de estaciones de metros en urbes.

En el presente informe se pasa a detallar el procedimiento constructivo de las principales actividades para la construcción de la estación Circunvalación teniendo en cuenta los procedimientos adoptados en la construcción de metros de otras ciudades como son México y Panamá.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

La ciudad de Lima siendo una ciudad en crecimiento demográfico y económico ha incrementado la demanda de viajes para traslado de sus habitantes a distintos puntos de la ciudad, esta mayor demanda no ha tenido un adecuado desarrollo en el transporte público, en los últimos años se ha percibido un incremento sustancial en la cantidad de vehículos de todo tipo, tamaños y marcas, generando mayor congestión en las principales avenidas de esta ciudad, por lo que el tiempo de traslado se va incrementando conforme al crecimiento del parque automotor, de ésta manera se genera hasta 3 horas de viaje en horas punta entre los distritos de Ate y Callao. En vista a este problema y a efectos de mejorar el servicio de transporte público, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones está licitando por intermedio de PROINVERSIÓN el Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de la Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao, el cual será un metro subterráneo que unirá los distritos de Ate y Callao, este medio generará un ahorro significativo en tiempo de traslado entre dichos distritos y por ende mejorará la calidad de vida de las personas que utilizarán éste medio de transporte.

La Línea 2 del Metro de Lima y Callao conectará los distritos de Ate Vitarte, Santa Anita, San Luis, El Agustino, La Victoria, Breña, Jesús María, Cercado de Lima, San Miguel, La Perla, Bellavista, Carmen de la Legua, Cercado del Callao contando con 27 estaciones subterráneas ubicadas en puntos estratégicos detallados en el estudio de factibilidad de dicho proyecto, siendo estas las estaciones con los siguientes nombres: Puerto del Callao, Buenos Aires, Juan Pablo II, Insurgentes, Carmen de la Legua, Oscar R. Benavides, San Marcos, Elio, La Alborada, Tingo María, Parque Murillo, Plaza Bolognesi, Estación Central, Plaza Manco Capac, Cangallo, 28 de Julio, Nicolás Ayllón, Circunvalación, Nicolás Arriola, Evitamiento, Ovalo Santa Anita, Colectora Industrial, La Cultura, Mercado Santa Anita, Vista Alegre, Prolongación Javier Prado y Municipalidad de Ate. Siendo la primera obra de esta magnitud a realizarse en el Perú, traerá consigo la incursión de nuevas tecnologías de construcción e intercambio de conocimientos y experiencias con profesionales que participaron de la construcción de otros metros subterráneos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

En este capítulo desarrollaremos el marco teórico en el que está basado este informe:

2.1.1 Método Cortar y Cubrir:

El método de construcción Cortar y Cubrir es muy utilizada en la construcción de metros subterráneos, tanto para túneles superficiales, estaciones subterráneas o pozos de ventilación. Éste método constructivo consta en excavar desde la superficie la totalidad o parte del hueco que ocupa la estructura, se construye la estructura dentro del hueco y una vez terminado se cubre.

Existen dos formas de realizar el método cortar y cubrir:

Método de Abajo Hacia Arriba: Ésta modalidad consiste en excavar la totalidad del hueco y posteriormente construir desde el interior, una vez terminada la estructura ésta es tapada.

Método de Arriba Hacia Abajo: Ésta modalidad está muy difundida en la construcción de túneles y estaciones en las ciudades (Panamá, Metro de Málaga, Metro de México, etc.). Consiste en realizar una paredes verticales ya sea con muros pantalla o hileras de pilotes (pilotes secantes o espaciados). Posteriormente se realiza la losa de cobertura para luego reconstruir la cobertura y continuar trabajando bajo la superficie con total normalidad.

2.1.2 Estación subterránea Circunvalación:

La estación Circunvalación, es una estación proyectada para la Línea 2 del metro de lima, considerada una estación intermedia por estar en una línea sin conexión a otra, presentará dos accesos peatonales laterales en la parte central de la estación y un acceso al área técnica en la parte derecha ver figura 2.1.

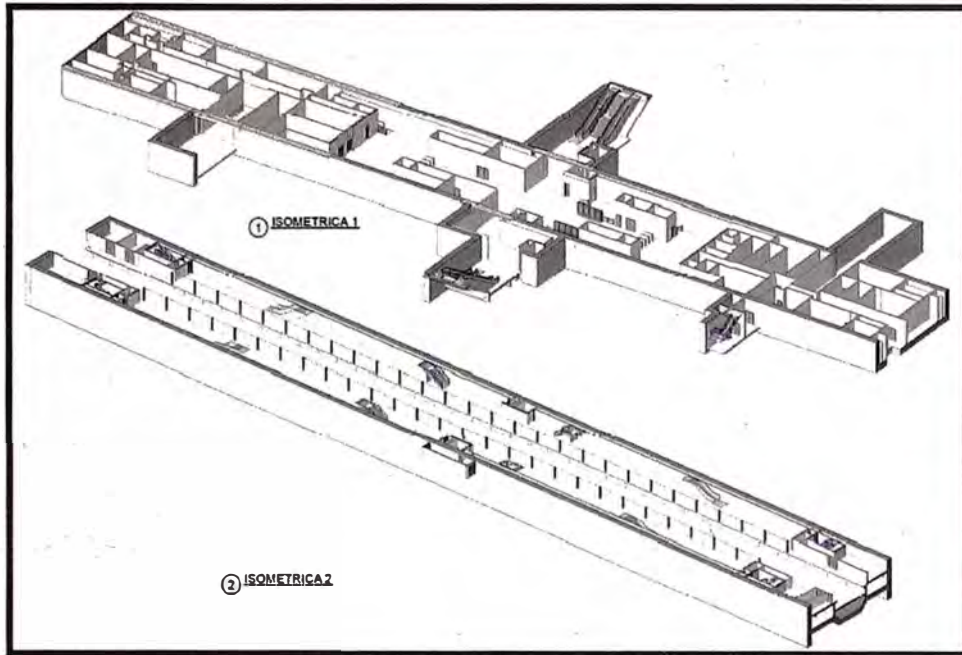


Figura 2.1: Vista isométrico de la estación Circunvalación.

El método de construcción planteada para ésta estación es el método cortar y cubrir, mediante la modalidad de arriba hacia abajo. Las razones por las cuales se escoge ésta modalidad son: la falta de espacio para el trabajo normal en la zona y porque se requiere habilitar el tránsito por la avenida del mismo nombre lo más pronto posible (aliviando el caos vehicular que podría generarse por el cierre de ésta avenida) y el evitar que las construcciones vecinas puedan ser dañadas por asentamientos o desplazamientos laterales.

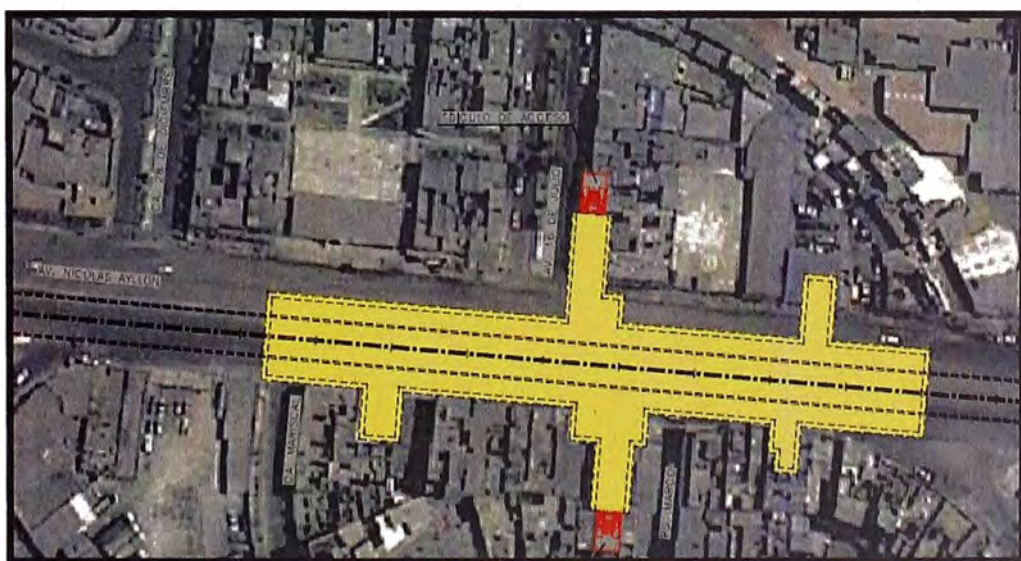


Figura 2.2: Vista en planta de la Estación Circunvalación

2.1.3 Muro de Sostenimiento:

El muro de sostenimiento tiene como objetivo garantizar la estabilidad del terreno adyacente hasta la excavación requerida, absorbiendo las sobrecargas actuantes y permitiendo la excavación con seguridad, éste puede ser con muros pantalla, pilotes secantes, pilotes espaciados, muros anclados, tablestacados, etc.

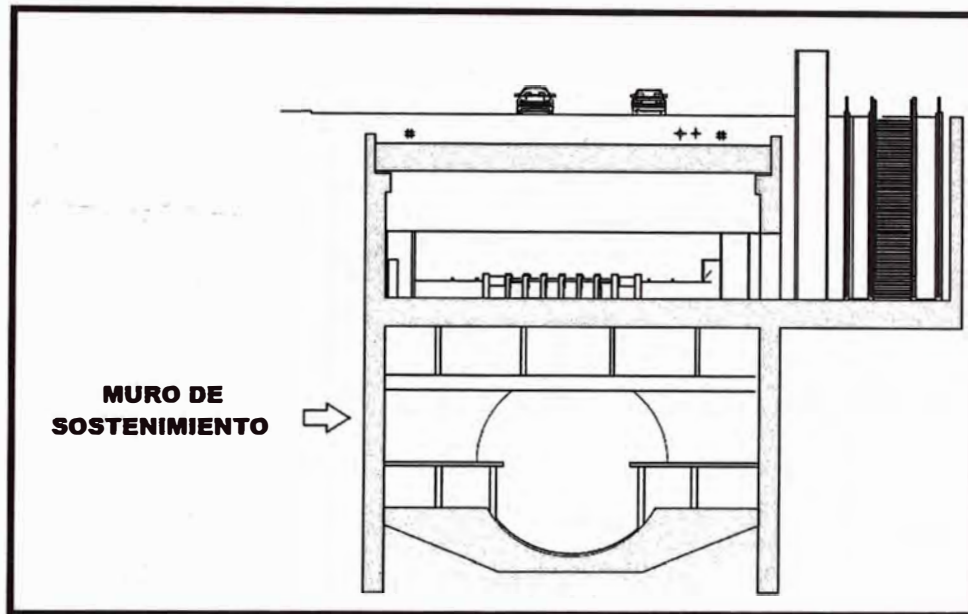


Figura 2.3: Muro de Sostenimiento de esfuerzos del terreno adyacente.

2.1.4 Losa de Cobertura.

La Losa de Cobertura es la estructura superior que soporta la carga superior (relleno, tránsito vehicular y peatonal), ésta debe de estar a una profundidad mínima de 2 m bajo la superficie para no interferir con las instalaciones de primera necesidad (agua, luz, gas, alcantarillado).

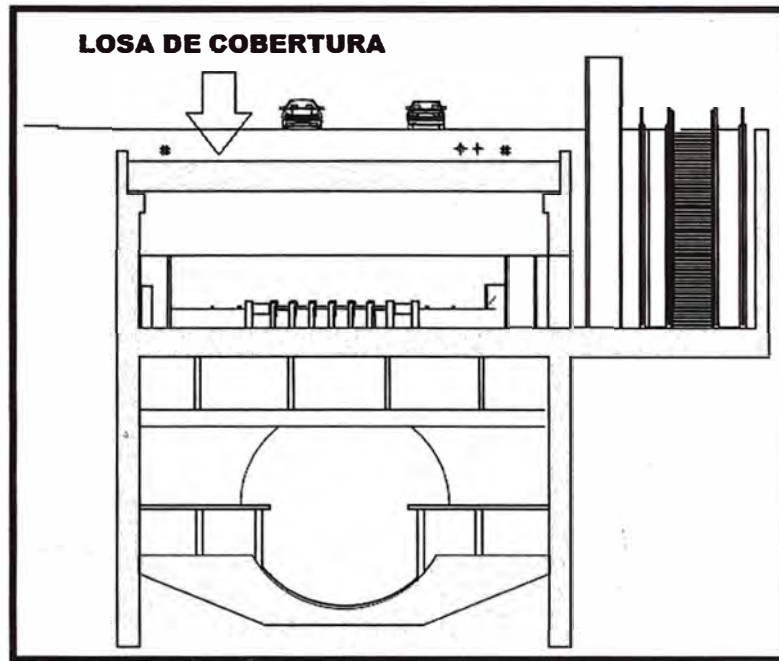


Figura 2.4: Losa de Cobertura de la estación

2.1.5 Losa de Vestíbulo.

La losa de Vestíbulo es la estructura que soporta las oficinas administrativas, el área técnica, la zona paga y no paga de la estación.

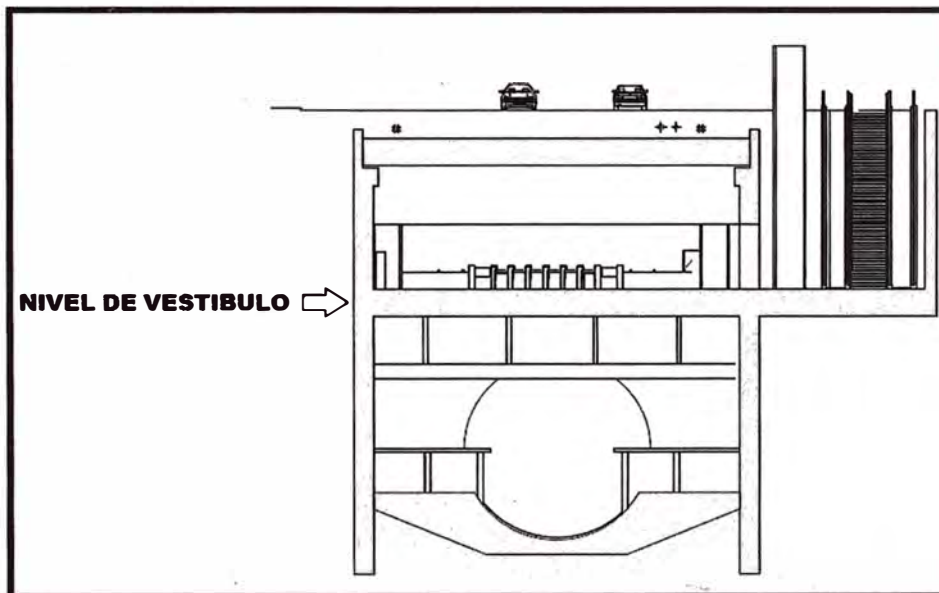


Figura 2.5: Losa de Vestíbulo de la Estación

2.1.6 Nivel Mezanine.

Es un nivel intermedio que tiene la finalidad de distribuir los pasajeros tanto hacia el nivel de andén para subir al tren, como hacia el nivel de vestíbulo para poder salir de la estación. La figura 2.6 nos muestra el nivel en la que se encuentra la losa de mezanine.

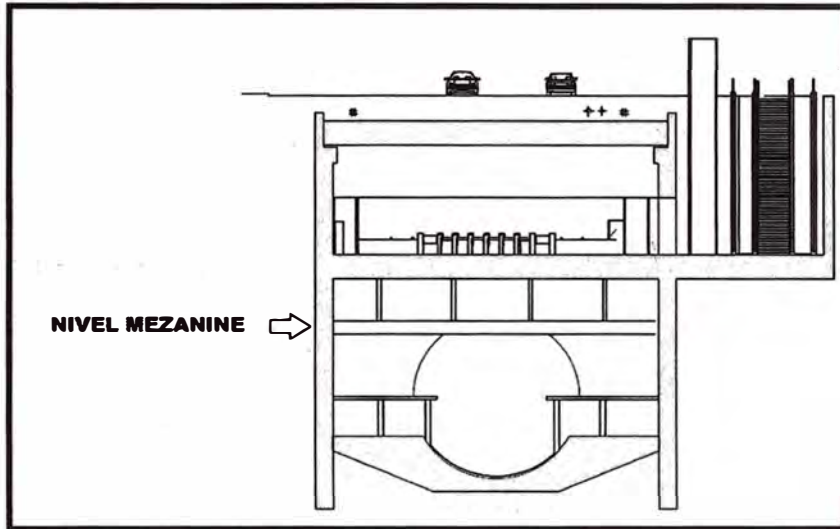


Figura 2.6: Losa de Mezanine de La estación

2.1.7 Nivel de Anden.

El nivel andén es el nexos entre la estación y el tren, en este nivel los pasajeros suben y bajan del tren.

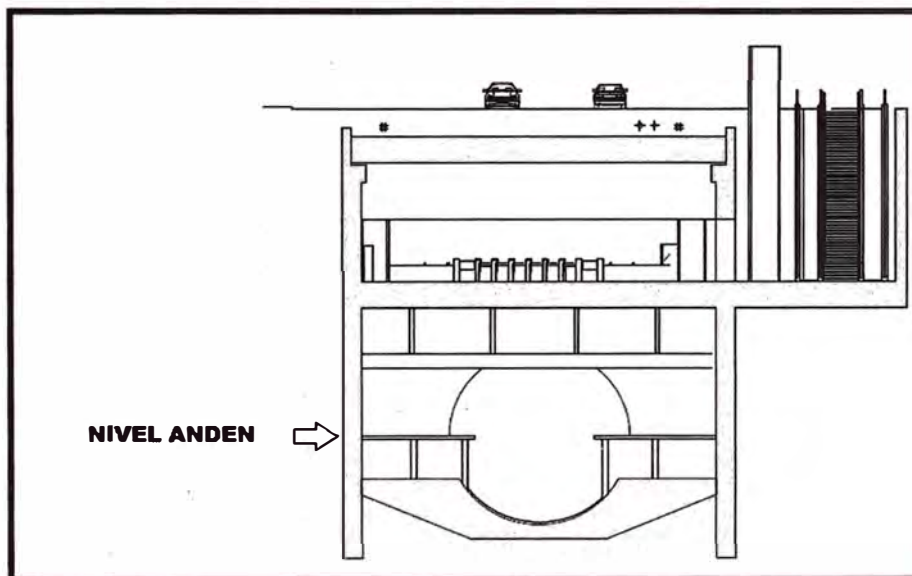


Figura 2.7: Losa de Anden

2.1.8 Losa de Fondo.

La losa de fondo es la base de la estación, es la losa sobre la cual se distribuyen los esfuerzos hacia el suelo, La figura 2.8 nos muestra la ubicación de la losa de fondo y la forma geométrica que esta tiene.

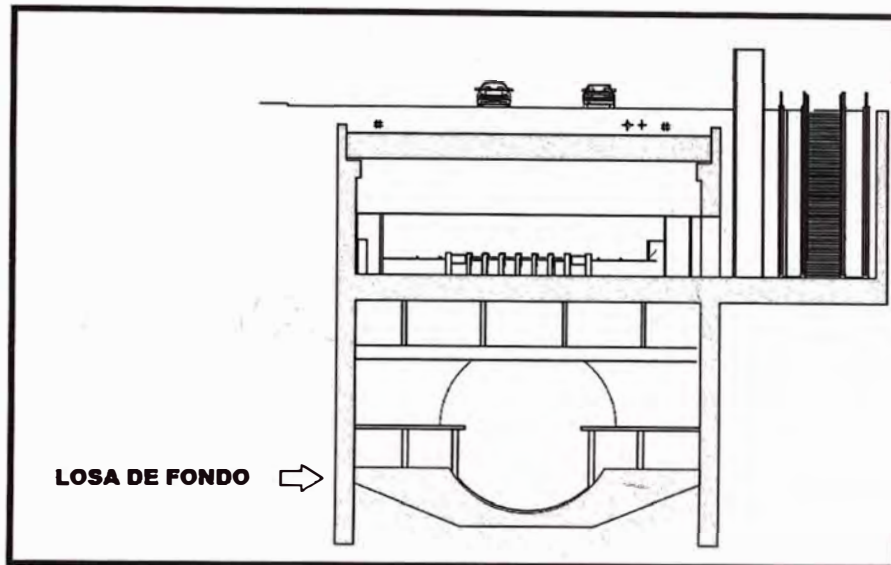


Figura 2.8: Losa de Fondo

2.2. TIPOS DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACIONES VERTICALES.

A continuación se describirán los principales elementos de sostenimiento o contención para estructuras de metro subterráneas:

2.2.1 Sostenimiento con Muros diafragma

La pared o muros diafragma es un sistema de contención basado en la ejecución de un muro vertical de concreto armado enterrada (prefabricado o In-situ), con espesores variables, siendo los más usuales entre 0.60 m y 1.00 m, usándose para una profundidad máxima de 40 m.

Ventajas de utilización:

- Facilidad de adaptarse a todo tipo de suelo.
- Presentan bajos índices de deformación, minimizando los asentamientos en las estructuras adyacentes.
- Alcanzan grandes profundidades y sin importar el nivel freático.

- Pueden ser utilizadas como estructura permanente.

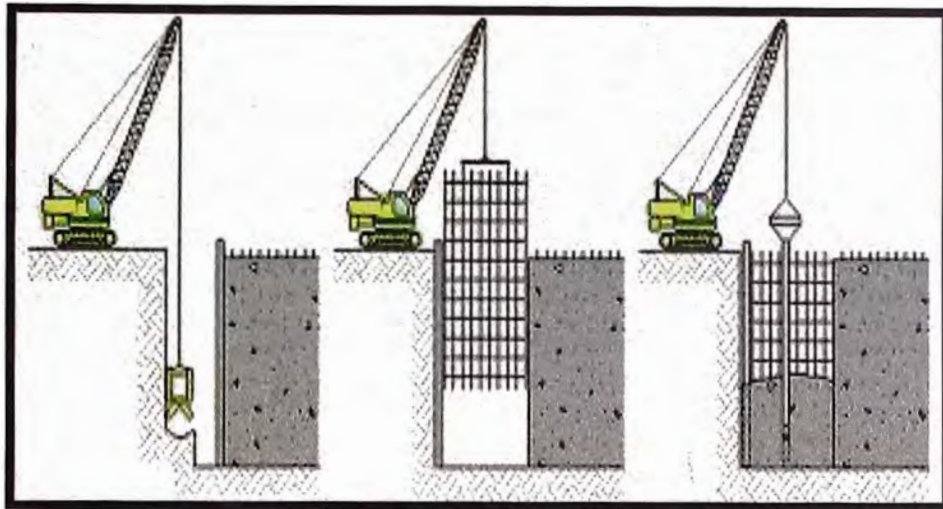


Figura 2.9: Construcción de Muros Diafragma vaciados in-situ.

2.2.2 Sostenimiento con Pilotes Secantes.

Éste sistema se basa en una cortina de pilotes de concretos, secantes unas con otras (Las primarias de concreto simple y las secundarias de concreto armado), formando así una barrera de contención para atender los esfuerzos del terreno adyacente.

Existen casos en los cuales los pilotes primarios son reforzados con perfiles metálicos.

Ventajas:

- Gran versatilidad para sectores con Nivel freático alto.
Mayor flexibilidad ya que pueden ser usadas para muros rectos o curvos.
- No hay necesidad de usar lodo bentónico, la excavación se realiza con camisas metálicas.

Para el acabado final de la estructura es necesario hacer un muro delante de los pilotes secantes para darle un mejor acabado.

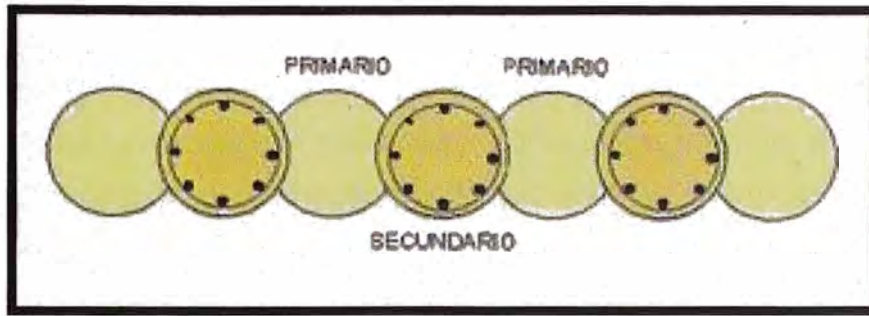


Figura 2.10: Secuencia de Pilotes Secantes (Pilotes Primarios con concreto simple y Los Secundarios de concreto armado)

2.2.3 Sostenimiento con Pilotes Espaciados.

Este tipo de sostenimiento está basado en la realización de pilotes espaciados una distancia inter-eje mayor al diámetro del pilote, en éste caso todos los pilotes son de concreto armado y durante la excavación se cubre con concreto proyectado los espacios entre pilote y pilote.

Para la estructura final es necesario hacer un muro delante de los pilotes con la finalidad de darle un mejor acabado.

Ventajas:

- De buen comportamiento en sectores sin nivel Freático alto.
- Barato y de fácil construcción.

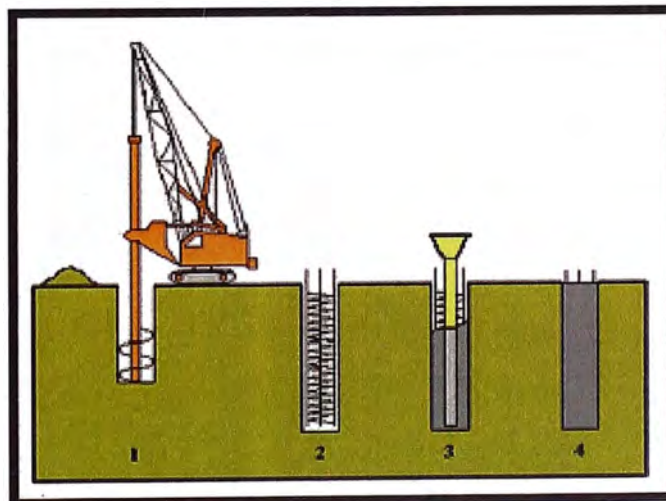


Figura 2.11: Construcción de pilotes espaciados.

2.2.4 Muros Anclados.

Este tipo de sostenimiento está basado en la construcción de paneles (generalmente de 5m x3 m) de espesor variable, éstos son anclados al terreno adyacente mediante anclajes activos temporales (son desactivados una vez q se termina de construir la estructura de sostenimiento), ver Figura 2.12.

Sólo puede ser usado en sectores sin nivel freático y la reposición de la estructura superior no se realiza en corto plazo, es parte de la modalidad de abajo hacia arriba.



Figura 2.12: Muros Anclados como sostenimiento de excavación.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE FUNDACIÓN.

Para La estación Circunvalación se realizaron 3 calicatas.

Tabla 2.1 Calicatas realizadas para el estudio de suelos.

PUNTO	PROGRESIVA (KM)	LADO	COTA TN (msnm)	ESTE (m)	NORTE (m)	VIA	DISTRITO	TIPO DE EXPLORACIÓN	ESTACIÓN
C-64	16+332	der	184,90	282.311,00	8.665.596,00	Av. Nicolas Ayllon	San Luis	calicata	Circunvalación
C-65	16+372	der	185,50	282.338,00	8.665.600,00			calicata	Circunvalación
C-65	16+416	izq	186,20	282.403,00	8.665.654,00			calicata	Circunvalación

De acuerdo a los ensayos realizados se determinó:

- ✓ Que el suelo predominante es el típico suelo aluvial del cono de deyección del rio Rímac, conformado por grava pobremente

gradada con arena y cantos rodados (GP). No existe agua subterránea.

Los Resultados Obtenidos se muestran en la tabla 2.2

Tabla 2.2: Parámetros del Suelo de Fundación

MATERIAL	COTA DE APOYO	Profundidad Df(m)	γ (g/cm ²)	C	Φ	E (kg/cm ²)
Gravas mal gradadas	185.00	2.00	2.20	-	36	220.00
Gravas mal gradadas	184.50	2.50	2.20	-	36	400.00
Gravas mal gradadas	184.00	3.00	2.20	-	36	600.00
Gravas mal gradadas	183.50	3.50	2.20	-	36	720.00
Gravas mal gradadas	167.00	20.00	2.20	-	43	2,300.00

2.3.1. Calculo de la capacidad de carga del suelo:

Aplicando la teoría de Terzaghi y Peck (1967) se determinó la capacidad portante para una cimentación cuadrada aplicando la siguiente relación:

$$q_{adm} = \frac{Df * \gamma_{m1} * Nq + 0.4 * \gamma_{m2} * B * N\gamma}{3}$$

Tomando en cuenta los parámetros del suelo mostrados en la tabla 2.2, obtenemos la capacidad admisible del suelo para diferentes valores de B, la cual se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Cuadro de Capacidad admisible para diferentes valores de B.

MATERIAL	COTA DE APOYO	Profundidad Df(m)	q_{adm} (kg/cm ²)					
			2x2	2.5x2.5	3x3	3.5x3.5	4x4	
Gravas mal gradadas	185.00	2.00	2.60	2.74	2.88	3.02	3.15	3.43
Gravas mal gradadas	184.50	2.50	3.11	3.25	3.39	3.53	3.67	3.94
Gravas mal gradadas	184.00	3.00	3.63	3.76	3.90	4.04	4.18	4.45
Gravas mal gradadas	183.50	3.50	4.14	4.28	4.41	4.55	4.69	4.97
Gravas mal gradadas	167.00	20.00	21.04	21.18	21.32	21.46	21.59	21.87

2.3.2. Calculo de los Asentamientos.

Las deformaciones del suelo que incide en la estabilidad de la cimentación son los llamados asentamientos inmediatos.

Para la determinación de los mismos, se aplica la teoría elástica con la siguiente relación:

$$\Delta H = \frac{B * q * (1 - \mu^2) * I_f}{E}$$

$$\mu = 0.3$$

$$B = 1.00 \text{ m}$$

$$L = 3.00 \text{ m}$$

$$q = 134.50 \text{ ton/m}^2$$

$$E = 23,000.00 \text{ ton/m}^2$$

$$I_f = 1.50$$

$$\Delta H = 7.98 \text{ mm}$$

Asentamiento permisible:

$$\Delta H = \frac{L}{250}$$

$$\Delta H = 12.00 \text{ mm}$$

El asentamiento inmediato de la estructura es menor al permisible, por lo cual cumple con éste parámetro.

CAPITULO III: ESTACIONES SUBTERRANEAS CONSTRUIDAS EN OTRAS CIUDADES.

El método de construcción Cortar y Cubrir es muy utilizado en la construcción de estaciones subterráneas, ya se aplicó este método en la construcción de la Estación Mexicaltzingo de la Línea 12 del Metro de México, así como también en la Estación 5 de Mayo de la Línea 1 del Metro de Panamá, Estación san Francisco del Metro de Quito, entre otros.

3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN MEXICALTZINGO DE LA LINEA 12 DEL METRO DE MEXICO.

En la ciudad de México se construyó la estación Mexicaltzingo de la Línea 12 del metro de México, Esta estación se construyó con el método constructivo Cortar y Cubrir siendo los principales procedimientos constructivos adoptados los siguientes:

3.1.1. Desvío de Tráfico y Liberación de Interferencias:

Andes de empezar con los trabajos en la zona de trabajo, se realizaron el desvío de tráfico, reubicación de las interferencias (agua, desagüe, electricidad y Telefonía) y expropiación de predios que se encuentran en la zona de afectación.

3.1.2. Nivelación del Terreno y Construcción de muros pantalla (muros Milán).

Luego de la liberación de interferencias se realizó la nivelación y compactación del área de trabajo, para posteriormente comenzar con la construcción de los muro guía y los muros diafragma, las pantallas se construyeron en módulos de 6 m, con anchos de 0.60 m y 0.80 m. con ayuda de Cucharas Bivalva.

Para la estabilización de la zanja excavada se usaron lodos bentoníticos, con una densidad de 1.07 ton/m³.

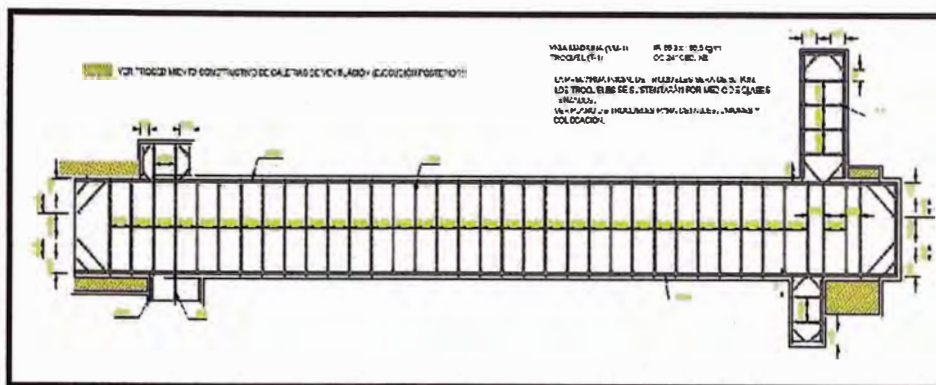


Figura 3.1: Vista en planta de la estación Mexicaltzingo.

Luego de la construcción de los muros pantalla se procede con el descabezado o demolición de la parte superior para la construcción de la viga de coronación.

3.1.3. Excavación hasta la losa de Vestíbulo:

Posterior a la construcción de la viga de coronación, se procede con la excavación hasta el nivel de losa de Vestíbulo, esta excavación se realiza mediante rampa de acuerdo al siguiente esquema.

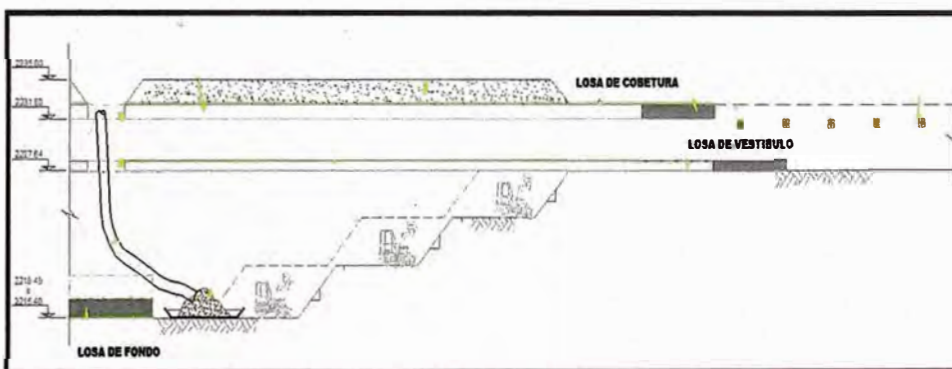


Figura 3.2: Esquema de excavación y construcción de losas de la estación Mexicaltzingo.

3.1.4. Construcción de la losa de Vestíbulo:

La losa de vestíbulo es construida in-situ, sobre el terreno empalmado al muro pantalla mediante dowels, la figura 3.2 muestra el esquema de avance de la construcción.

3.1.5. Construcción de la losa de Cobertura:

La Losa de cobertura se construye a la par con la losa de Vestíbulo, ésta losa se realiza con vigas y prelasas prefabricadas, sobre las

cuales se vacía una losa de concreto armado que une los prefabricados, sobre la losa de cobertura se realizan los trabajos de impermeabilización reposición de la superficie (ver Figura 3.2)

3.1.6. Excavación hasta la Losa de Fondo.

La excavación hasta la losa de fondo se realiza mediante andenes sucesivos tal como lo muestra la Figura 3.2, solamente una vez que la losa de Vestíbulo llega al 80% de su resistencia nominal, la extracción del material se realiza mediante fajas transportadoras o almejas de carga.

3.1.7. Construcción de la Losa de Fondo.

La construcción de la losa de fondo se realiza paralelo a la excavación (Ver figura 3.2), debajo de la losa de fondo se coloca un solado de 10 cm de espesor y sobre el un manto impermeabilizante.

Posteriormente se realizan los trabajos de construcción de las losa de andén, Escaleras de concreto, Instalación y montaje de equipos y sistemas electromecánicos y acabados arquitectónicos.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN 5 DE MAYO DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE PANAMÁ.

La estación 5 de mayo de la Línea 1 del metro de Panamá viene siendo construida, bajo el método constructivo Cortar y Cubrir modalidad de Arriba hacia Abajo, ésta estación tiene un cajón subterráneo de 129 m de longitud y 19 m de ancho y 20 metros de profundidad. Los procedimientos adoptados para su construcción se describen a continuación:

3.2.1. Desvío de Tráfico y Liberación de Interferencias.

Se realiza el desvío de tráfico de la av. Justo Arosemena, Y la liberación de interferencias de servicios públicos que podrían ser afectados (agua, electricidad, alcantarillado, telefonía).

3.2.2. Construcción de Muros Pantalla:

Se nivela la superficie alistando una plataforma de trabajo para la Hidrofresa y la Cuchara bivalva, se montan los equipos necesarios

para la excavación (Deposito de lodos, Desarenador, silos de bentonita, Mezclador de lodos), para posteriormente se construye los muros guía y se procede a la excavación de la zanja para los muros pantalla, luego se coloca la armadura de acero y se vacía el concreto mediante la tubería tremie.

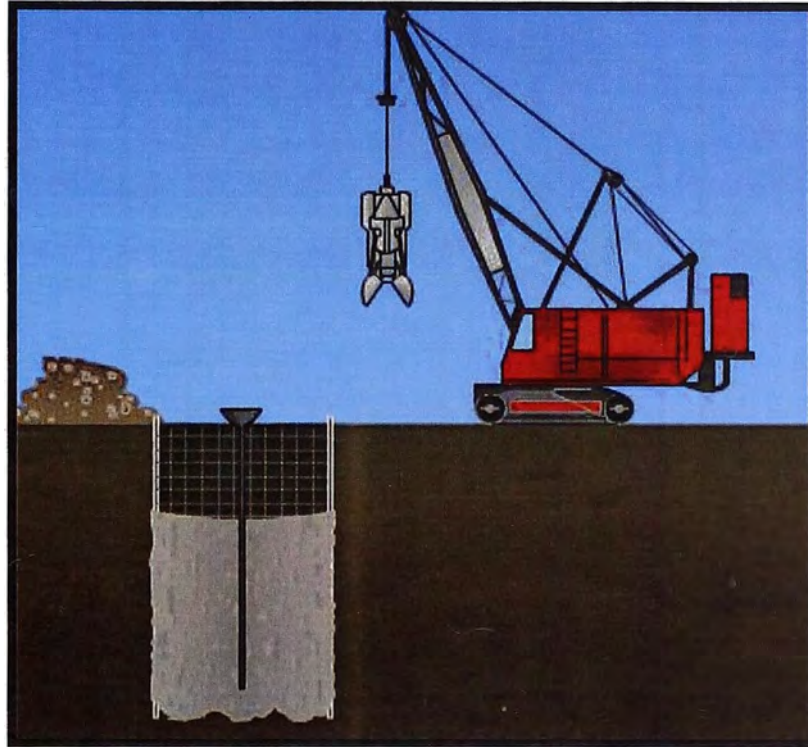


Figura 3.3: Vaciado de Concreto para el muro pantalla con tubería Tremie.

La parte superior de los muros pantalla son demolidos para sobre ellos construir la viga de atado o perimetral.

3.2.3. Construcción de la losa de Cobertura:

Se excava hasta 2 m por debajo del nivel de la losa de cobertura, se procede con el montaje de las vigas y losas prefabricadas, para sobre ellas armar la segunda etapa de la losa de cobertura, en la parte central se deja una abertura para suministro de materiales y evacuación del material excavado.

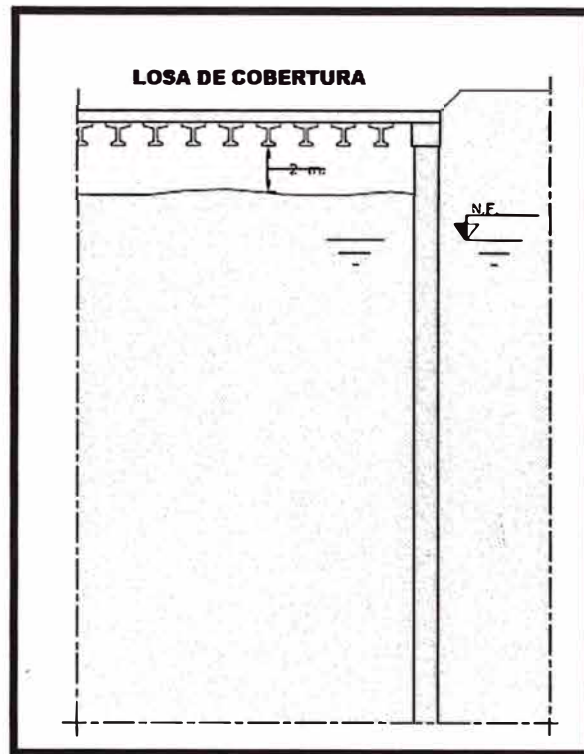


Figura 3.4: Losa de Cobertura con vigas prefabricadas.

Se impermeabiliza la losa y se repone parcialmente la superficie.

3.2.4. Excavación hasta el Nivel de Vestíbulo.

Terminada la losa de cobertura se procede con la excavación hasta el nivel de vestíbulo, la eliminación del material excavado se realiza por medio de una rampa lateral y por la abertura central de la losa de cobertura.



Figura 3.5: Excavación de la losa de Vestíbulo con excavadora.

3.2.5. Construcción de la Losa de Vestíbulo.

Culminada la excavación hasta el nivel de vestíbulo, se procede con la construcción de ésta losa sobre terreno, para lo cual se nivela la superficie y se vacía un solado de 10 cm de espesor, sobre ella se colocan tableros fenólicos que sirvan de encofrado, se ejecutan los dowels y el armado del acero de refuerzo.



Figura 3.6: Encofrado de la losa de Vestíbulo (Tableros fenólicos).

3.2.6. Excavación hasta el nivel de losa de fondo.

La excavación hasta el nivel de losa de fondo se realiza mediante equipos que permitan cumplir con los plazos especificados, la evacuación del material excavado se realiza por intermedio de una grúa autopropulsada y baldes de 4 m³.

3.2.7. Construcción de la losa de Fondo.

Culminada las excavaciones hasta el nivel de losa de fondo se procede con la nivelación de terreno y el vaciado de un solado de 10 cm de espesor, sobre ella se coloca mantos de geomembrana de 2 mm como impermeabilización, para posteriormente continuar con el armado del acero de refuerzo y el vaciado de concreto.



Figura 3.7: Construcción de la losa de fondo (armado de Acero de refuerzo y vaciado de concreto).

3.2.8. Actividades Posteriores Al paso de la Tuneladora.

Posterior al paso de la tuneladora se construyen la losa de Andén, las escaleras de concreto, el montaje de las escaleras mecánicas y los acabados arquitectónicos.

CAPÍTULO IV: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA ESTACIÓN CIRCUNVALACIÓN POR EL METODO CORTAR Y CUBRIR

4.1. ALCANCES Y PROPÓSITO

El presente capítulo tiene por finalidad describir los procedimientos constructivos de las principales actividades necesarias para la construcción de la estación Circunvalación, siendo estas:

- Muros de sostenimiento (Muros pantalla).
- Losa de Cobertura.
- Excavación entre pantallas hasta el nivel de Vestíbulo.
- Construcción de la losa de Vestíbulo.
- Excavación hasta el fondo de la Estación.
- Construcción de la losa de fondo.
- Actividades posteriores.

Antes de realizar cualquier actividad de construcción se debe realizar una adecuada liberación de interferencias (Servicios públicos y privados), expropiaciones de predios incluidos en el área de influencia y desvío de tráfico.

4.2. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO PANTALLA

Para disminuir el riesgo de derrumbe del terreno durante la construcción del muro, los distintos paneles se suelen ejecutar de forma alterna y la forma más continuada posible. Es decir: si el muro pantalla va a constar de 8 paneles, se empezará por el 1º, 3º, 5º y 7º, y se procurará que cuando se esté excavando la 7ª zanja, a la vez se estén colocando la armadura y las juntas en el 5º, se esté vaciando concreto en el 3º, y se haya concluido el primer panel. Una vez concluida la primera tanda se procedería con las restantes, finalizando el muro.

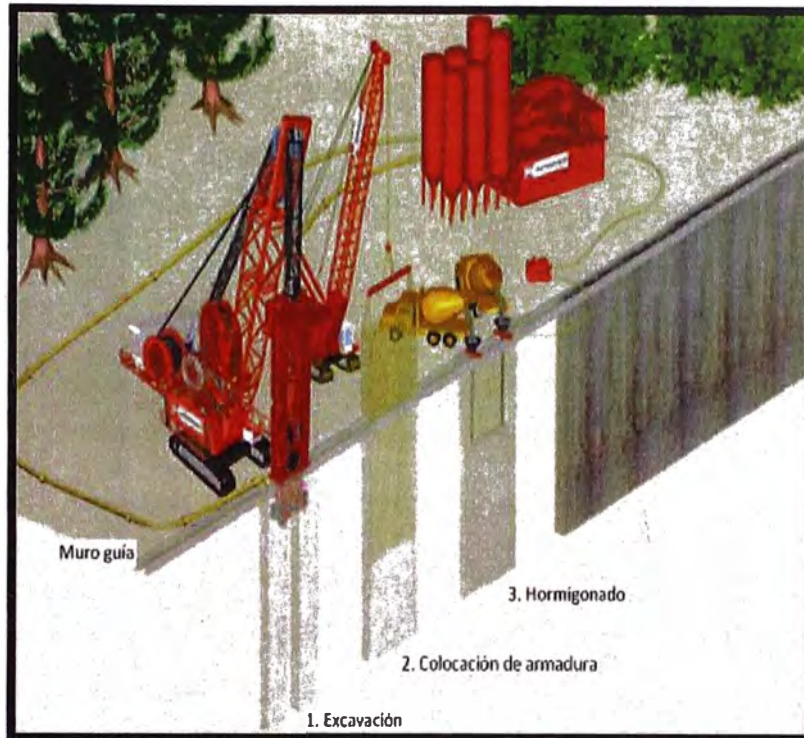


Figura 4.1: Etapas de la construcción de los muros anclados



Figura 4.2: Construcción de los módulos intermedios o de cierre.

El proceso constructivo se puede dividir en las siguientes fases:

4.2.1. Preparación y nivelación de la zona de trabajo:

Es necesario hacer una nivelación y compactación del terreno donde se realizaran los trabajos, las maquinarias a ser utilizadas necesitan de una superficie plana y nivelada para de ésta manera controlar la verticalidad de la excavación de forma adecuada.

Una vez nivelada la zona de trabajo se implanta el obrador con los equipos necesarios y las Áreas adecuadas:

Silos Bentoníticos, mezcladores (batidora) y desarenador.

Área de Reserva de Bentonita.

Área de Armado de acero de refuerzo para las pantallas.



Figura 4.3: Planta de Lodos bentoníticos

4.2.2. Construcción del muro guía:

El muro guía es un muro provisional que se realiza a ambos lados de la zanja donde se construirá la pantalla. Con dimensiones aproximadas de 100 cm de altura y 30 cm de espesor.

Las funciones del muro guía son:

Guiar la verticalidad de la excavación (cuchara al cable o equipo hidráulico).

Evitar el desmoronamiento o desprendimiento de terreno de la zona superior de la zanja por efecto del golpe del elemento excavador, y por ser una zona "descomprimida".

Facilitar que el lodo bentonítico se mantenga aproximadamente al nivel de la superficie de trabajo, haciendo que la presión del lodo sea superior que la del posible nivel freático, y permitiendo, con ello, que el lodo actúe correctamente sobre las paredes de la zanja (una vez excavada).

Servir de soporte a la armadura: la armadura de los paneles se colgará del muro guía.

A continuación replantean los paneles se construyen los muros guía en las cuatro alineaciones correspondientes al recinto.

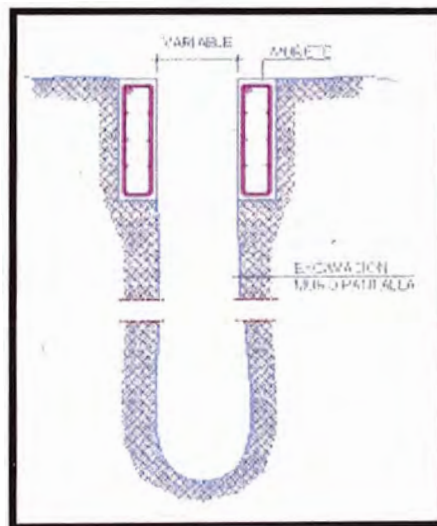


Figura 4.4: Esquema de Muros guía típicos

4.2.3. Excavación de la zanja por módulos:

Se ejecutan las pantallas por módulos que en principio están previstos de 3.00 m, si bien podrían ser de otra dimensión en función de las posibilidades de maquinaria disponible.

Las pantallas serán de 0.8m de espesor para algunos casos como las trincheras de accesos a los patios y de 1.00 m de espesor para las estaciones subterráneas.

La excavación se puede realizar de dos formas:

1. Cuchara bivalva: se emplea en terrenos que lo permitan (no demasiado duros). Dependiendo del fabricante, pueden llegarse a excavar terrenos que tengan una resistencia a compresión en torno a los 60 kg/cm². En caso de encontrar roca y suelos duros es necesario el uso de trépanos.

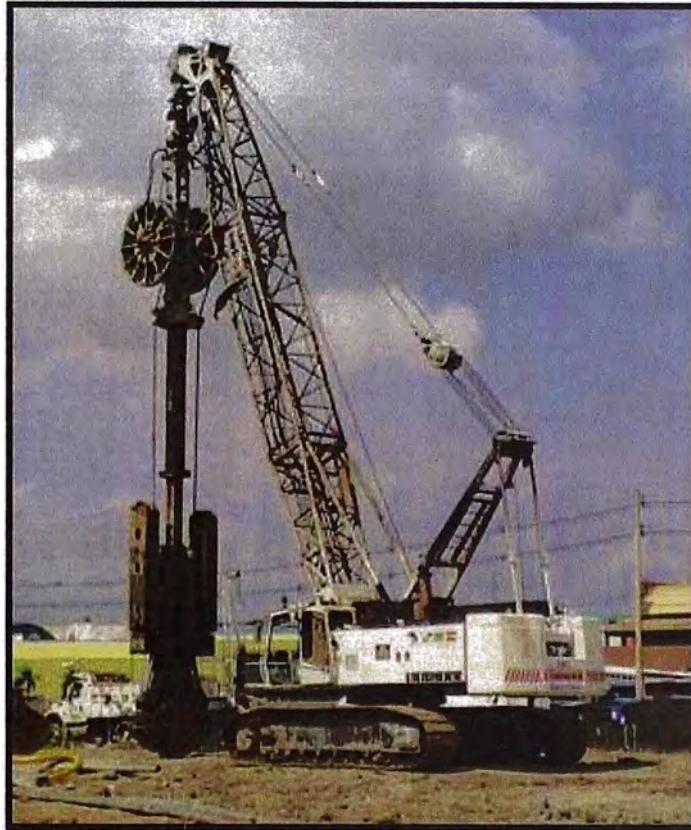


Figura 4.5: Cucharas Bivalva, utilizado para la construcción de muros pantalla

2. Hidrofresa: es un elemento excavador con ruedas dentadas que giran en sentidos contrarios, arrancando el terreno. Para mantener la estabilidad de la excavación y además por la elevada fricción que se produce en las ruedas dentadas se suele emplear como líquido refrigerante lodo bentonítico, que se inyecta mediante un dispositivo de la propia máquina. Los propios lodos se mezclan con los detritos de la excavación, gracias a lo cual se extraen del fondo de la zanja. Dado que los lodos bentoníticos se recirculan para permitir esta extracción, han de ser "reciclados", o limpiados, mediante la eliminación de los restos de terreno extraídos del fondo de la

zanja con el desarenador. La hidrofresa, a pesar de ser el mejor sistema pues apenas produce vibraciones y es el más rápido, presenta el inconveniente de ser una máquina cara, por lo que suele elevar el costo de la construcción de la pantalla. Además el funcionamiento de ésta maquinaria en suelos gravosos no es el adecuado por la presencia de piedras medianas que obstruyen los dientes de la maquinaria.



Figura 4.6: Equipo Hidrofresa, usado para la excavación de muros pantallas.

Para la estación Circunvalación está previsto que su excavación sea con cuchara bivalva utilizando lodos bentoníticos, con utilización puntual de trépano ante la presencia de alguna piedra de grandes dimensiones.

Para la estabilización de las zanjas de excavación se utilizará lodos bentoníticos con las características mencionadas en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Límites mínimos permisibles para lodos bentoníticos.

CARACTERÍSTICA	LIMITE
Límite líquido, Norma de Ensayo UNE 7.377	Mínimo 300
Ph, Norma de Ensayo UNE 7.377	Entre 7 y 11
Contenido de arena 8% retenido en tamiz de 80 micrones	Máximo 5%
Contenido de humedad, Norma de Ensayo UNE 7.377	Máximo 15%
Rendimiento volumétrico del lodo (mezcla)	20 a 25 m ³ por Tn de bentonita

Durante la excavación se realiza un control periódico de la Viscosidad, Ph y Peso específico del lodo bentonítico.

Al iniciar la perforación se centrará la cuchara entre los dos muretes guía, aplomando la cuchara de excavación, de forma que se garantice un comienzo de excavación perfectamente vertical. Durante la excavación se comprobará periódicamente el centrado de la cuchara entre los muretes, de forma que se eviten desvíos por falta de aplomado.

Las tolerancias para la excavación se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Tolerancias admisibles durante la excavación de los muros diafragma.

DESCRIPCIÓN	TOLERANCIA
Dimensiones útil de perforación	Variaciones: menor o igual a 2 cm en lado a excavar; Variaciones: menor o igual a 5 cm. en la dirección opuesta
Longitud y profundidad	Variaciones menor o igual a 5 cm. de lo especificado
Desplome	Desviación de la vertical

	inferiores +ó - 2,5%
Desviación en planta	Inferiores a 5 mm/m

Cuando durante la perforación aparezcan oquedades o derrumbes, la zona afectada se rellenará con mortero de baja resistencia y se continuará con la perforación cuando las paredes se estabilicen.

La profundidad se comprobará con cadena o con cinta métrica.

Desde el comienzo de la perforación hasta el final del periodo de endurecimiento del concreto, no se permitirá apilar en las proximidades cargas cuyo peso ponga en peligro la estabilidad del terreno.

4.2.4. Colocación de la armadura de refuerzo:

Una vez excavado el modulo se procede a la colocación de la armadura, la cual ha de estar previamente armada. Para su colocación, se eleva la armadura con una grúa autopropulsada (Figura 4.7), y se coloca en el interior del módulo excavado. La armadura no puede apoyarse en el fondo de la zanja, dado que se flectaría, y al entrar en contacto con las paredes de la excavación perdería el recubrimiento de hormigón lateral. Por ello ha de quedar colgada del muro guía, para lo que suele emplearse algún elemento metálico, y lateralmente se colocan separadores en la armadura para evitar el contacto con el terreno.

Si ha transcurrido un tiempo considerable desde el final de la excavación hasta el comienzo del montaje o si se han utilizado lodos de polímero sin bentonita, se medirá la profundidad del panel para comprobar si ha habido decantación. Si es así, se procederá a introducir la cuchara para extraer dicha decantación.



Figura 4.7: Izaje de la armadura de refuerzo de los muros pantalla.

4.2.5. Colocación de las juntas o encofrados laterales:

Antes de vaciar el concreto, se colocan unos encofrados laterales o juntas entre el panel excavado y el panel que se excavará posteriormente.

La misión de estas juntas es evitar que se produzcan problemas a la hora de excavar los paneles contiguos. De no colocarse, habría irregularidades entre los paneles, que darían lugar a filtraciones que podrían resultar antiestéticas, o incluso peligrosas.

Estas juntas pueden ser láminas o tubos metálicos (Figura 4.8).

En ocasiones se dispone longitudinalmente, y a través de la junta, un elemento de goma (water stop) de entre 30 y 40 centímetros de anchura. Cuando ha fraguado el hormigón, se retira la junta y al ejecutar el nuevo panel, el elemento de goma (water stop) evita

que puedan producirse filtraciones en la unión entre ambos paneles.

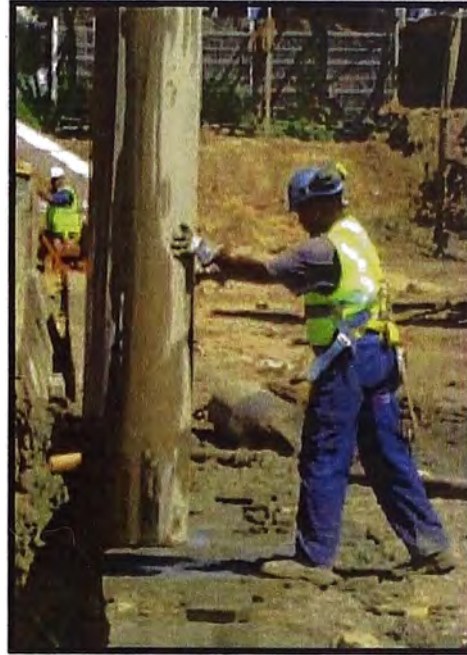


Figura 4.8: Colocación de las Juntas para la construcción de los muros pantalla.

4.2.6. Vaciado de Concreto:

La zanja ya con la armadura de acero colocada también está llena de lodo bentonítico, para evitar que el concreto se contamine al mezclarse con el lodo, se realiza el vaciado de concreto de abajo hacia arriba mediante un tubo tremie; como la densidad del hormigón es superior a la de los lodos bentoníticos, quedará por debajo del lodo, y éstos se pueden ir extrayendo desde la superficie.

La tubería de tremie se introduce por tramos hasta llegar a una distancia del fondo de unos 20 cm.

La tubería deberá estar colocada en una jaula porta tubos apropiada que evite la suciedad en las uniones. Cada vez que se extraiga un tubo, se deberá limpiar en el momento con agua abundante que evite que fragüe la lechada de cemento.

La longitud normal de los tubos es de 3 m, pero es conveniente tener un tramo de 1 m y otro de 2 m, que se colocarán en la parte

superior de la columna, con el fin de cortar tubo si tiende a subir la armadura por el empuje ascendente del concreto.

La tubería de tremie nunca se apoyará en el fondo, sino que se dejará suspendida a una altura apropiada para tal fin, que podrá ser de distintos modelos que la experiencia ha sancionado como idóneos. Durante el proceso de vaciado de concreto, la tubería deberá estar introducida como mínimo 2 metros en la masa del concreto.

El slump recomendado para el concreto de los muros pantalla esta entre 7 y 8 pulgadas; y se deberá asegurar una velocidad de vaciado mínimo de 15 m³/h.

El concertó deberá presentar las siguientes características:

Tabla 4.3: Características de Diseño del concreto para Muros Pantalla.

Características	Diseño	Unidad
Resistencia f'c (kg/cm ²)	280,00	kg/cm ²
Agua / Cementante	0,49	
Tipo de cemento	I	
Agregado fino	57,90	%
Agregado grueso (Huso 67)	42,10	%
Peso Unitario	2.361,40	kg/m ³
Slump	>8	pulg

Concreto F'c= 280 kg/cm², cemento Tipo I con retardo a 4 horas, piedra Huso 67, Slump mayor a 8", Aditivos: Delvo estabilizador y Rheobuild 1000.

Dado que el concreto de la parte superior del muro pantalla estará contaminada con lodo bentonítico, ésta será demolida, descubriendo los refuerzos verticales del muro, los cuales serán empalmados a la viga de coronación.



Figura 4.9: Proceso de Vaciado de Concreto para los muros pantalla.

4.2.7. Extracción de las juntas o encofrados laterales:

Cuando el concreto haya endurecido lo suficiente como para mantener su forma, se procede al retiro de la junta. Este retiro se realiza tirando de ellos con la misma grúa de perforación o por medios de gatos hidráulicos, los cuales se apoyan en el muro guía. Una vez retirados la junta, se procede a la excavación del panel contiguo. Precisamente, la forma circular de la superficie del panel anterior facilita la excavación con las cucharas de tipo semicircular. Realizada la excavación del segundo panel, se coloca de nuevo el tubo en su extremo no contiguo al panel anterior, se introduce la armadura, se vacía concreto en el panel y una vez endurecido el concreto, se retira la junta, y así sucesivamente. De este modo, se construyen las juntas de los muros pantalla.

4.2.8. Demolición de la parte superior de los muros pantalla:

Para la continuación de la construcción de la estación se demuele la parte superior de los muros pantalla (aproximadamente la altura de los muros guía o 1 m, Figura 4.10), se descubre el refuerzo de los muros pantalla para ser empalmados con la viga de coronación o vigas de atado que une todos los módulos construidos.

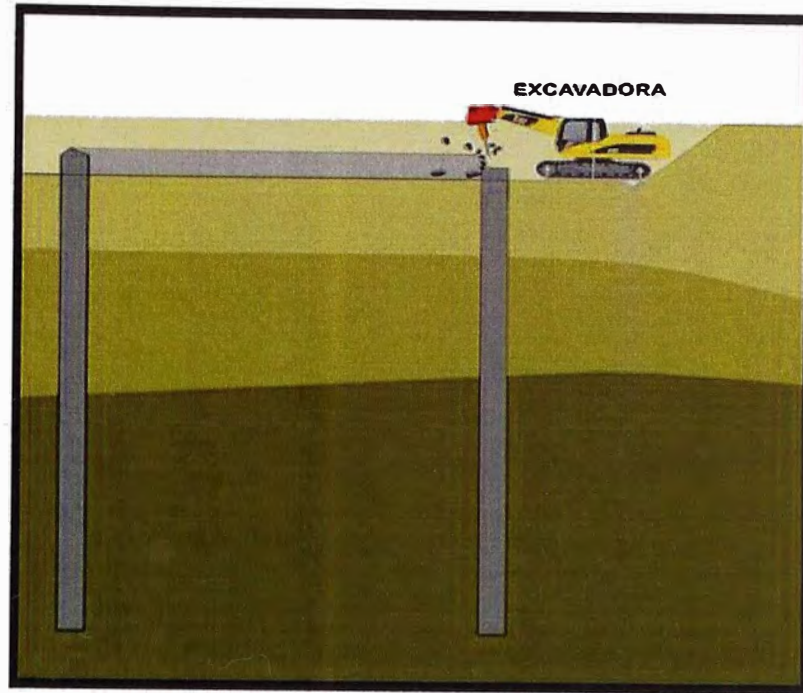


Figura 4.10: Demolición de la parte superior de los muros pantalla con Picotón.

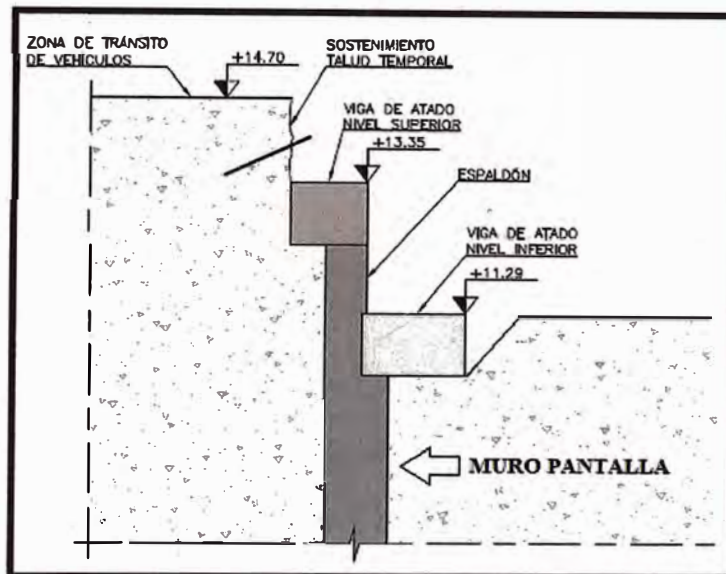


Figura 4.11: Detalle de la Viga de Atado y su empalme con el muro pantalla.

4.3. CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DE COBERTURA:

La construcción de la losa de cobertura se realiza sobre el terreno, para lo cual es necesario:

Nivelar y compactar el terreno.

- Vaciado un solado de 10 cm espesor para nivelar la superficie.

- Colocar paneles fenólicos, los cuales formaran la base o encofrado del fondo de la losa de cobertura, posteriormente en el momento de la excavación este encofrado de losa sobre el terreno será demolido.
- Sobre el encofrado sobre el terreno se realiza el armado del refuerzo de acero (Figura 4.11).

Una vez terminado el armado de acero se empieza a vaciar concreto sobre ella, el slump recomendado para este tipo de estructuras es de 6 a 7 pulgadas para asegurar la fluidez del concreto siendo una losa peraltada y de alto grado de confinamiento.



Figura 4.12: Arado del Acero de refuerzo de la Losa de Cobertura.

La losa de cobertura tendrá una abertura central por donde se evacuará el material de excavación, también será utilizada como abertura para suministro de materiales (acero, paneles de encofrados, equipos, etc.).

La otra mitad de la losa de cobertura será habilitada para el paso de vehículos y de esta manera aliviar el tránsito de vehículos.

4.4. EXCAVACIÓN HASTA EL NIVEL DE LA LOSA DE VESTIBULO.

Una vez terminada la losa de cobertura se monta sobre ella una grúa pórtico de 25 ton (Figura 4.13) con la finalidad de evacuar el material

excavado mediante baldes metálicos de 5 m³ de capacidad, El ciclo de evacuación del material tiene una productividad entre los 25 a 30 m³/h, por esta razón la grúa es la que da el ritmo de excavación. El balde es vaciado directamente en el camión volquete mediante una estructura de volteo.



Figura 4.13: Grúa Pórtico para la excavación de la estación.

4.5. CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DE VESTIBULO.

Una vez terminada la excavación hasta el nivel de vestíbulo se realiza la construcción de la losa de Vestíbulo, al igual que la losa de cobertura ésta losa también es construida sobre el terreno, por lo cual el procedimiento descrito anteriormente es válido, con la diferencia de que el vaciado de concreto se realiza mediante bombas de concreto estacionarias, debido a la dificultad de entrada para las bombas telescópicas.

Para fijar ésta losa a los muros diafragma se realizan dowels o varillas ancladas a muros con resina epóxica.



Figura 4.14: Armado de Acero para el refuerzo de la losa de Vestíbulo y dowels en el muro pantalla.

4.6. EXCAVACIÓN HASTA EL NIVEL DE LOSA DE FONDO.

Una vez terminada la losa de vestíbulo se continúa la excavación mediante balde y grúa, hasta evacuar la totalidad del material excavado.

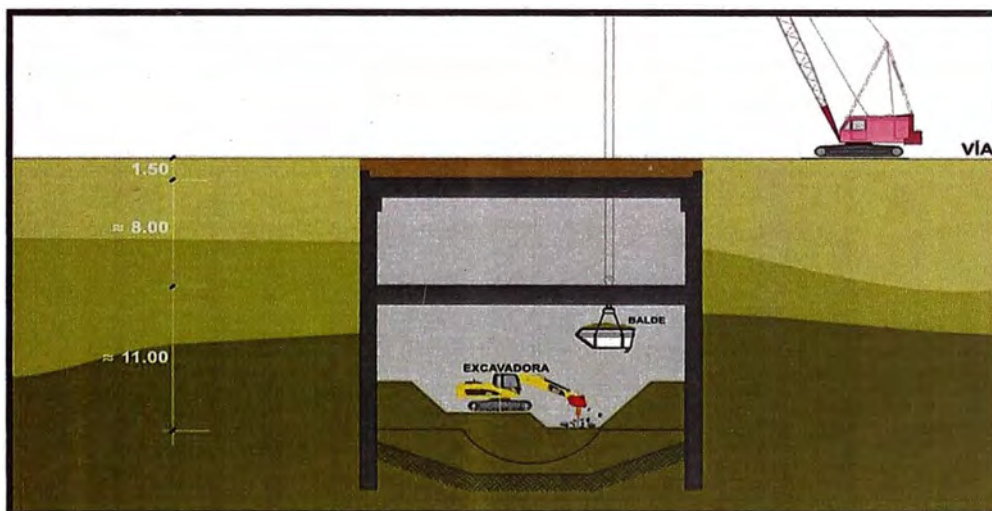


Figura 4.15: Esquema de la Excavación hasta el nivel de losa de fondo.

4.7. CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DE FONDO.

Posteriormente a la excavación se construye la losa de fondo para lo cual se realizan las siguientes actividades:

- Sistema de Aterramiento de la estación.
- Nivelación y Compactación del terreno.
- Solado de 10 cm de espesor.

- Tendido de Geotextil y Geomembrana para la impermeabilización de la losa de fondo.
- Armado de acero de refuerzo.
- Vaciado de Concreto mediante bomba estacionaria de concreto.

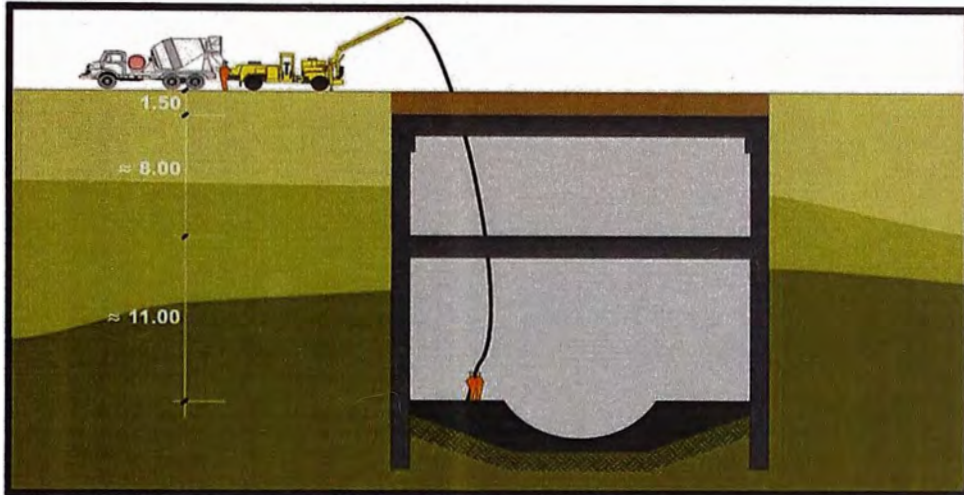


Figura 4.16: Esquema del Vaciado de la losa de fondo con bomba de concreto estática.

Una vez realizada la losa de fondo, se deja el paso de la Tuneladora y posteriormente se realiza la losa de andén y de Mezanine, ver Figura 4.17.



Figura 4.17: Construcción de la Losa de Mezanine.

Se complementa con la construcción de las escaleras de concreto y el montaje de las escaleras mecánicas. Culminada estas actividades se procede a cerrar la

abertura de la parte central de la cobertura para posteriormente restablecer el tránsito por la av. Circunvalación.

Los trabajos de Instalaciones electromecánicas y Arquitectónicas continúan bajo la superficie hasta la culminación de la estación.



Figura 4.18: Acabados Arquitectónicos de la Estación.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES:

- El método constructivo “Cortar y Cubrir” modalidad de Arriba Hacia Abajo nos permite reponer la superficie lo más pronto posible.
- Por la falta de espacio para la construcción de la estación Circunvalación, se opta por la excavación vertical con muros de sostenimiento (muros pantalla) que contengan los esfuerzos laterales y eviten las deformaciones del suelo pudiendo generar posibles asentamientos en las edificaciones vecinas.
- Para la ejecución de los muros pantalla se usaran las Cucharas Bivalva al tener un mejor comportamiento para suelos gravosos.
- La evacuación del material excavado del interior de la estación se realizará mediante grúa y balde al no ser posible hacer una rampa de acceso hasta el fondo.
- Para el vaciado de las estructuras internas de la estación se realizaran con bomba de concreto estacionaria por solo tenerse acceso por la parte central de la losa de cobertura.

5.2. RECOMENDACIONES:

- Es necesario realizar una adecuada nivelación y compactación del terreno donde se apoyará la Cuchara Bivalva para evitar desviaciones al momento de hacer la excavación.
- Se recomienda evacuar el material excavado con grúa pórtico debido a que las grúas de autopropulsadas son de baja maniobrabilidad.
- Procurar realizar el vaciado de la losa de vestíbulo sobre un encofrado sobre el terreno, para de esta manera poder ahorrar el uso de cimbras metálicas para poder completar este nivel.
- Se recomienda usar Barras de Polímero reforzado con fibra de vidrio en la zona que será atravesada por la Tuneladora con la finalidad de que será atravesada con facilidad y no dañe la estructura construida.
- Se recomienda terminar la losa de fondo de la estación antes de la llegada de la Tuneladora para no llegar a sobrecostos por la demolición de las dovelas que ésta coloca a su paso.

BIBLIOGRAFÍA

- BAUER SPEZIALTIEFBAU, Catálogo de ingeniería de cimentaciones profundas, Abril 2013.
- HOFFMANN, Danilo, Melhores Práticas, Brasil, 2ª Edición (2011).
- PROINVERSION, “Estudio de factibilidad de la Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”, Lima 10 agosto del 2013.
- METRO DE PANAMÀ LINEA 1, “Propuesta Técnica: Parte 1 – Documentos Técnicos Volumen IX”, setiembre 2010.
- Norma DIN 4126, “Paredes Moldeadas de Hormigón In Situ, Construcción y ejecución”.
- Norma europea y francesa NF EN 1538.

ANEXOS

- PRESUPUESTO DE OBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN CIRCUNVALACIÓN.
- LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN CIRCUNVALACIÓN.
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES.

PLANILLA DE PRESUPUESTO

Presupuesto ESTACIÓN CIRCUNVALACIÓN - ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
 Fecha mar-13
 Cliente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Item Alterno	Descripción	Und.	Metrado	Precio (US\$)	Parcial (US\$)
01.01.01.02	ESTACION TIPO 1B CIRCUNVALACION KM 16+682				32,254,520.72
01.01.01.02.01	INSERCIÓN URBANA				185,017.97
01.01.01.02.01.01	Inserción Urbana Estación Circunvalacion	GLB	1.00	185,017.97	185,017.97
01.01.01.02.02	TRATAMIENTO DE TERRENOS				64,334.16
01.01.01.02.02.01	TRATAMIENTO DE TERRENOS				64,334.16
01.01.01.02.02.01	INSTALACION DE SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS DE FILTRACION	UD	3.00	3,499.28	10,497.84
01.01.01.02.02.01	POZO DE BOMBEO PROVISIONAL	UD	3.00	10,603.24	31,809.72
01.01.01.02.02.01	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA ESTACION DE BOMBEO	MES	18.00	1,223.70	22,026.60
01.01.01.02.03	PANTALLAS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES VERTICALES				15,032,378.07
01.01.01.02.03.01	ACCESOS				1,617,115.55
01.01.01.02.03.01	PANTALLA DE 0,80 M DE ANCHO, EXC. CUCHARA Y H. ARMADO f'c = 300 kg/cm2	M2	2,066.53	386.22	798,135.22
01.01.01.02.03.01	REGULARIZACION Y LIMPIEZA DE PARAMENTOS EN PANTALLAS	M2	1,875.98	3.28	6,153.21
01.01.01.02.03.01	ACERO F'Y=4200 KG/CM2 EN PANTALLAS	KG	281,048.47	1.55	435,625.13
01.01.01.02.03.01	TRATAMIENTO DE JUNTAS, INCLUSO PICADO Y LIMPIEZA CON CHORRO ARENA	M2	78.85	10.07	794.02
01.01.01.02.03.01	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 30 MPa EN MUROS	M3	335.11	128.67	43,118.60
01.01.01.02.03.01	ENCOFRADO PLANO EN MUROS	M2	3,351.13	31.86	106,767.00
01.01.01.02.03.01	ACERO F'Y=4200 KG/CM2	KG	54,623.49	1.65	90,128.76
01.01.01.02.03.01	DEMOLICIÓN DE PANTALLAS	M3	89.36	72.01	6,434.81
01.01.01.02.03.01	ANCLAJE DE ACERO CORRUGADO D=25mm L=1.20m	UND	573.00	31.70	18,164.10
01.01.01.02.03.01	ANCLAJE DE ACERO CORRUGADO D=32mm L=1.40m	UND	2,235.00	50.02	111,794.70
01.01.01.02.03.02	ESTACION				13,415,262.52
01.01.01.02.03.02	ROZA PERIMETRAL EN PANTALLAS	M	2,099.35	36.31	76,227.40
01.01.01.02.03.02	PANTALLA DE 0,80 M DE ANCHO, EXC. CUCHARA Y H. ARMADO f'c = 300 kg/cm2	M2	166.33	386.22	64,239.97
01.01.01.02.03.02	PANTALLA DE 1,00 M DE ANCHO, EXC. CUCHARA Y H. ARMADO f'c = 300 kg/cm2	M2	10,531.84	418.94	4,412,209.05
01.01.01.02.03.02	REGULARIZACION Y LIMPIEZA DE PARAMENTOS EN PANTALLAS	M2	5,423.06	3.28	17,787.64
01.01.01.02.03.02	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 400 kg/cm2 EN MUROS	M3	1,620.76	166.79	270,326.56
01.01.01.02.03.02	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 300 kg/cm2 EN MUROS	M3	7,407.23	128.67	953,088.28
01.01.01.02.03.02	ENCOFRADO PLANO EN MUROS	M2	16,231.30	31.86	517,129.22
01.01.01.02.03.02	ACERO A572-07 (GRADO 42) SUMINISTRO Y COLOCADO.	KG	290,905.99	3.50	1,018,170.97
01.01.01.02.03.02	ACERO F'Y=4200 KG/CM2 EN PANTALLAS	KG	1,813,034.14	1.55	2,810,202.92
01.01.01.02.03.02	ACERO F'Y=4200 KG/CM2	KG	1,471,561.46	1.65	2,428,076.41
01.01.01.02.03.02	TRATAMIENTO DE JUNTAS, INCLUSO PICADO Y LIMPIEZA CON CHORRO ARENA	M2	1,954.74	10.07	19,684.23
01.01.01.02.03.02	DEMOLICIÓN DE PANTALLAS	M3	150.86	72.01	10,863.43
01.01.01.02.03.02	ANCLAJE DE ACERO CORRUGADO D=25mm L=1.20m	UND	3,072.00	31.70	97,382.40
01.01.01.02.03.02	ANCLAJE DE ACERO CORRUGADO D=32mm L=1.40m	UND	7,594.00	50.02	379,851.88
01.01.01.02.03.02	IMPERMEABILIZACION DE MUROS Y LOSAS	M2	10,685.80	31.82	340,022.16
01.01.01.02.04	MOVIMIENTOS DE TIERRAS				2,135,300.58
01.01.01.02.04.01	ACCESOS				147,822.37
01.01.01.02.04.01	EXCAVACIÓN MASIVA	M3	1,175.57	1.56	1,833.89
01.01.01.02.04.01	EXCAVACIÓN CONFINADA ENTRE PANTALLAS	M3	5,448.86	12.24	66,694.05
01.01.01.02.04.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	6,624.43	11.97	79,294.43
01.01.01.02.04.02	ESTACIÓN				1,987,478.21
01.01.01.02.04.02	EXCAVACIÓN MASIVA	M3	3,525.53	1.56	5,499.83
01.01.01.02.04.02	EXCAVACIÓN CONFINADA ENTRE PANTALLAS	M3	80,122.85	12.24	980,703.68
01.01.01.02.04.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	83,648.68	11.97	1,001,274.70
01.01.01.02.05	ESTRUCTURAS				5,210,106.30
01.01.01.02.05.01	ACCESOS				161,830.02
01.01.01.02.05.01	LOSA DE CUBIERTA				161,830.02
01.01.01.02.05.01	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 300 kg/cm2 EN LOSAS Y VIGAS	M3	352.67	128.67	45,378.05
01.01.01.02.05.01	ACERO F'Y=4200 KG/CM2	KG	52,195.31	1.65	86,122.26
01.01.01.02.05.01	ENCOFRADO DE LOSAS SOBRE EL TERRENO	M2	1,175.57	25.80	30,329.71
01.01.01.02.05.02	ESTACIÓN				5,048,276.28
01.01.01.02.05.02	NIVEL LOSA DE COBERTURA				2,024,255.42
01.01.01.02.05.02	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 300 kg/cm2 EN LOSAS Y VIGAS	M3	5,154.50	128.67	663,229.52
01.01.01.02.05.02	ACERO F'Y=4200 KG/CM2	KG	762,866.00	1.65	1,258,728.90
01.01.01.02.05.02	ENCOFRADO DE LOSAS SOBRE EL TERRENO	M2	3,965.00	25.80	102,297.00
01.01.01.02.05.02	NIVEL LOSA DE VESTÍBULO				794,564.06
01.01.01.02.05.02	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 300 kg/cm2 EN LOSAS Y VIGAS	M3	2,440.03	128.67	313,958.66
01.01.01.02.05.02	ACERO F'Y=4200 KG/CM2	KG	248,883.47	1.65	410,657.73
01.01.01.02.05.02	ENCOFRADO DE LOSAS SOBRE EL TERRENO	M2	2,711.15	25.80	69,947.67

PLANILLA DE PRESUPUESTO

Presupuesto ESTACIÓN CIRCUNVALACIÓN - ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
 Fecha mar-13
 Cliente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Item Alterno	Descripción	Und.	Metrado	Precio (US\$)	Parcial (US\$)
01.01.01.02.05.02	NIVEL MEZANINE				373,707.04
01.01.01.02.05.02	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 300 kg/cm2 EN LOSAS Y VIGAS	M3	888.43	128.67	114,314.29
01.01.01.02.05.02	ACERO F'Y=4200 K'G/CM2	KG	90,619.82	1.65	149,522.70
01.01.01.02.05.02	ENCOFRADO PLANO HORIZONTAL	M2	1,010.95	108.68	109,870.05
01.01.01.02.05.02	NIVEL ANDEN				209,569.42
01.01.01.02.05.02	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 300 kg/cm2 EN LOSAS Y VIGAS	M3	493.79	128.67	63,535.96
01.01.01.02.05.02	ACERO F'Y=4200 KG/CM2	KG	50,366.58	1.65	83,104.86
01.01.01.02.05.02	ENCOFRADO PLANO CARAVISTA	M2	1,975.16	31.86	62,928.60
01.01.01.02.05.02	NIVEL BAJO ANDEN				1,345,968.92
01.01.01.02.05.02	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 300 kg/cm2 EN LOSAS Y VIGAS	M3	4,209.74	128.67	541,667.25
01.01.01.02.05.02	ACERO F'Y=4200 K'G/CM2	KG	429,393.89	1.65	708,499.92
01.01.01.02.05.02	ENCOFRADO PLANO CARAVISTA	M2	3,006.96	31.86	95,801.75
01.01.01.02.05.02	CONTRABÓVEDA				300,211.42
01.01.01.02.05.02	HORMIGÓN PARA ARMAR f'c = 300 kg/cm2 EN LOSAS Y VIGAS	M3	745.74	128.67	95,954.37
01.01.01.02.05.02	ACERO F'Y=4200 K.G/CM2	KG	123,792.15	1.65	204,257.05
01.01.01.02.06	ARQUITECTURA				2,135,713.67
01.01.01.02.06.01	REVOQUES Y ENLUCIDOS				153,601.59
01.01.01.02.06.01	TARRAJEO FROTACHADO DE MURCS	M2	16,025.43	9.46	151,600.57
01.01.01.02.06.01	VESTIDURA DE DERRAMES Y PUERTAS	ML	311.20	6.43	2,001.02
01.01.01.02.06.02	CIELORASOS				29,805.91
01.01.01.02.06.02	ENLUCIDO DE CIELORASO, CON TARRAJEO	M2	3,150.73	9.46	29,805.91
01.01.01.02.06.03	PISOS, PAVIMENTOS Y PARED				1,247,554.93
01.01.01.02.06.03	CONTRAPISOS FROTACHADOS DE 2"	M2	5,643.48	12.21	68,906.89
01.01.01.02.06.03	PISO INDUSTRIAL	M2	1,429.54	43.77	62,570.97
01.01.01.02.06.03	PISO EN MARMOL	M2	3,265.59	137.49	448,985.97
01.01.01.02.06.03	PISO SOBRELEVADO	M2	135.59	147.31	19,973.76
01.01.01.02.06.03	PISO EN GRESS 30x30	M2	277.79	34.17	9,492.08
01.01.01.02.06.03	PISO EN CERAMICA 20x20	M2	145.26	32.83	4,768.89
01.01.01.02.06.03	PISO DE ESCALERA EN MARMOL	M2	210.26	153.86	32,350.60
01.01.01.02.06.03	PISO DE ESCALERA EN HORMIGON	M2	179.45	30.66	5,501.94
01.01.01.02.06.03	PARED CON TRAVERTINO H=2.1M + SEÑAL H=40CM + RESINA ACRILICA	M2	62.98	114.84	7,232.62
01.01.01.02.06.03	PARED CON CERAMICA	M2	397.59	32.83	13,052.88
01.01.01.02.06.03	PARED DIAFRAGMA	M2	811.80	31.10	25,246.98
01.01.01.02.06.03	PARED DE BLOQUES DE HORMIGON RESISTENTE AL FUEGO	M2	709.48	147.32	104,520.59
01.01.01.02.06.03	PARED DE BLOQUES DE HORMIGON DE 20CM	M2	2,026.65	112.85	228,707.45
01.01.01.02.06.03	TABIQUE EN REJILLA	M2	358.50	32.10	11,507.85
01.01.01.02.06.03	REVOQUE EN PAREDES	M2	1,618.30	9.46	15,309.12
01.01.01.02.06.03	PARED CON PANELES DE ALUMINIO H=2.1M + SEÑAL H=40CM+ RESINA ACRILICA	M2	2,502.66	75.69	189,426.34
01.01.01.02.06.04	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS				2,172.76
01.01.01.02.06.04	INODORO TANQUE BAJO CON FLUXOR	UD	8.00	130.67	1,045.36
01.01.01.02.06.04	LAVATORIO DE PARED CON SEMIPEDESTAL	UD	6.00	103.84	623.04
01.01.01.02.06.04	GRIFERÍA TEMPORIZADA 1 AGUA	UD	6.00	84.06	504.36
01.01.01.02.06.05	BARANDAS Y ESTRUCTURAS METALICAS				71,224.00
01.01.01.02.06.05	BARANDA METALICA DESNIVEL 0.30M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	8.00	1,885.00	15,080.00
01.01.01.02.06.05	BARANDA METALICA DESNIVEL 4.80M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	8.00	1,392.00	11,136.00
01.01.01.02.06.05	BARANDA METALICA DESNIVEL 0.10M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	16.00	1,769.00	28,304.00
01.01.01.02.06.05	BARANDA METALICA ESCAPE DESNIVEL 6.50M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	4.00	942.50	3,770.00
01.01.01.02.06.05	BARANDA METALICA ESCAPE DESNIVEL 4.80M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	4.00	696.00	2,784.00
01.01.01.02.06.05	BARANDA METALICA ESCAPE DESNIVEL 6.10M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	4.00	884.50	3,538.00
01.01.01.02.06.05	PASAMANOS ESCAPE DESNIVEL 0.30M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	4.00	617.50	2,470.00
01.01.01.02.06.05	PASAMANOS ESCAPE DESNIVEL 4.80M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	4.00	456.00	1,824.00
01.01.01.02.06.05	PASAMANOS ESCAPE DESNIVEL 0.10M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	4.00	579.50	2,318.00
01.01.01.02.06.06	CARPINTERIA DE MADERA				22,200.00
01.01.01.02.06.06	PUERTA CONTRAPLACADA DE MADERA 1.20MX2.20M	UND	40.00	375.00	15,000.00
01.01.01.02.06.06	PUERTA CONTRAPLACADA DE MADERA 1.10MX2.20M	UND	20.00	360.00	7,200.00
01.01.01.02.06.07	CARPINTERÍA METALICA				128,760.00
01.01.01.02.06.07	PUERTA CONTRAFUEGO 1.20X2.20M	UND	36.00	850.00	30,600.00
01.01.01.02.06.07	PUERTA CONTRAFUEGO 2.20X2.20M	UND	31.00	1,650.00	51,150.00
01.01.01.02.06.07	PUERTA CONTRAFUEGO INGRESO 1.20X2.20M	UND	4.00	465.00	1,860.00
01.01.01.02.06.07	MARIPOSA DE INGRESO: 2 PERSONAS	UND	31.00	700.00	21,700.00

PLANILLA DE PRESUPUESTO

Presupuesto ESTACIÓN CIRCUNVALACIÓN - ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
 Fecha mar-13
 Cliente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Item Alterno	Descripción	Und	Metrado	Precio (US\$)	Parcial (US\$)
01.01.01.02.06.07	MARIPOSA DE SALIDA: 2 PERSONAS	UND	31.00	700.00	21,700.00
01.01.01.02.06.07	LECTORA DE TARJETA: CONTROL DE PASAJEROS	UND	2.00	750.00	1,500.00
01.01.01.02.06.07	TRINQUETE PRINCIPAL Y ACCESORIOS	UND	1.00	250.00	250.00
01.01.01.02.06.08	FALSOS TECHOS				233,311.55
01.01.01.02.06.08	FALSO TECHO EN ALUMINIO TIPO LINEAR MULTI BOX + HIDRO PINTURA EN RESINA ACRILICA	M2	2,145.47	60.00	128,728.20
01.01.01.02.06.08	FALSO TECHO EN FIBRA MINERAL	M2	435.28	40.00	17,411.20
01.01.01.02.06.08	FALSO TECHO EN ALUMINIO TIPO SCREEN BAFFLE + HIDRO PINTURA EN RESINA ACRILICA	M2	246.72	65.00	16,036.80
01.01.01.02.06.08	FALSO TECHO EN RESINA ACRILICA	M2	1,094.39	65.00	71,135.35
01.01.01.02.06.09	VIDRIERÍA				153,289.72
01.01.01.02.06.09	VIDRIO LAM SEG 8+8 BUTIRAL	M2	175.62	131.40	23,076.47
01.01.01.02.06.09	VIDRIO CRISTALIZADO + RESINA EPOXICA	M2	296.18	124.41	36,847.75
01.01.01.02.06.09	BALAUSTRADA DE CRISTAL	ML	213.79	211.42	45,199.48
01.01.01.02.06.09	BARANDILLA VIDRIO 15+15	M	193.50	248.92	48,166.02
01.01.01.02.06.10	PINTURA				93,594.46
01.01.01.02.06.10	PINTURA DE CIELO RASO	M2	1,373.09	6.19	8,499.43
01.01.01.02.06.10	PINTURA DE MUROS INTERIORES	M2	16,025.43	5.31	85,095.03
01.01.01.02.06.11	EQUIPAMIENTO Y VARIOS				198.75
01.01.01.02.06.11	ESPEJO INCOLORO MIRALITE EVOLUTION 5 mm	M2	7.95	25.00	198.75
01.01.01.02.07	SANEAMIENTO				51,247.63
01.01.01.02.07.01	AGUA FRIA				40,880.25
01.01.01.02.07.01	INSTALACIONES DE AGUA POTABLE ESTACION TIPO 1B	GLB	1.00	40,880.25	40,880.25
01.01.01.02.07.02	DESAGUE				10,367.38
01.01.01.02.07.02	INSTALACIONES DE DESAGUE ESTACION TIPO 1B	GLB	1.00	10,367.38	10,367.38
01.01.01.02.08	EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO				4,773,842.34
01.01.01.02.08.01	VENTILACION				580,180.05
01.01.01.02.08.01	Sistema de Ventilacion: Estación C&C 1B	GLB	1.00	580,180.05	580,180.05
01.01.01.02.08.02	CONTRAINCENDIO				369,259.80
01.01.01.02.08.02	Sistema Contraincendio: Estación C&C 1B	GLB	1.00	220,301.00	220,301.00
01.01.01.02.08.02	Sistema de Detección Contraincendio: Estación C&C 1B	GLB	1.00	148,958.80	148,958.80
01.01.01.02.08.03	ELECTRICIDAD				2,578,652.49
01.01.01.02.08.03	Sistema Electrico: Equipos de MT: Estación C&C 1B	GLB	1.00	169,400.00	169,400.00
01.01.01.02.08.03	Sistema Electrico: Cables de Distribución de MT: Estación C&C 1B	GLB	1.00	107,907.00	107,907.00
01.01.01.02.08.03	Sistema Electrico: Equipos de BT, UPS, Baterías: Estación C&C 1B	GLB	1.00	133,300.00	133,300.00
01.01.01.02.08.03	Sistema Electrico: Cable de Distribución BT: Estación C&C 1B	GLB	1.00	1,361,875.90	1,361,875.90
01.01.01.02.08.03	Sistema Electrico: Distribución Secundaria BT: Estación C&C 1B	GLB	1.00	351,735.39	351,735.39
01.01.01.02.08.03	Sistema Electrico: Sistema de Puesta de Tierra: Estación C&C 1B	GLB	1.00	226,800.00	226,800.00
01.01.01.02.08.03	Sistema Electrico: Iluminación y Tomas FM: Estación C&C 1B	GLB	1.00	165,484.20	165,484.20
01.01.01.02.08.03	Sistema Electrico: Biglietteria y Gate: Estación C&C 1B	GLB	1.00	62,150.00	62,150.00
01.01.01.02.08.04	ESCALERAS Y ASCENSORES				1,245,750.00
01.01.01.02.08.04	ASCENSOR CAP 12P DESNIVEL HASTA 10.00M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	1.00	36,450.00	36,450.00
01.01.01.02.08.04	ASCENSOR CAP 12P DESNIVEL 10.00M A 20.00M: SUMINISTRO E INSTALACION	UND	2.00	72,650.00	145,300.00
01.01.01.02.08.04	ESCALERA MECANICA DESNIVEL HASTA 6.0M: FABRICACION E INSTALACION	UND	4.00	54,500.00	218,000.00
01.01.01.02.08.04	ESCALERA MECANICA DESNIVEL 6.0M A 8.0M: FABRICACION E INSTALACION	UND	12.00	70,500.00	846,000.00
01.01.01.02.09	EQUIPAMIENTO DE SISTEMA				2,500,000.00
01.01.01.02.09.01	PUERTAS CORREDIZAS EN ADEN				2,500,000.00
01.01.01.02.09.01	Sistema de Puerta para Anden de Estación (2 lados)	GLB	1.00	2,500,000.00	2,500,000.00
01.01.01.02.10	MEDIO AMBIENTE				166,580.00
01.01.01.02.10.01	GESTIÓN DE RESIDUOS				166,580.00
01.01.01.02.10.01	GESTIÓN DE RESIDUOS: Tratamiento de la Bentonita Excedente	UD	1.00	166,580.00	166,580.00
COSTO DIRECTO ESTACION CIRCUNVALACION					32,254,520.72

**RELACION DE INSUMOS Y MATERIALES A SER UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA ESTACION
CIRCUNVALACION**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad
	MANO DE OBRA		
101010001	Capataz Civil	hh	40,987.69
101010003	Operador Pesado	hh	16,367.22
101010004	Operador Mediano	hh	32,393.73
101010005	Operador Liviano	hh	9,291.46
101010006	Operario	hh	260,164.60
101010007	Oficial	hh	89,894.94
101010008	Peón	hh	230,579.36
	MATERIALES		
201010002	Cemento Tipo I	KG	339,240.46
201020001	Arena Gruesa	M3	662.32
201020011	Arena	M3	89.56
201030002	Alambre Negro N° 16	KG	236,735.60
201030003	Fierro Corrugado	KG	5,843,120.38
201030007	Clavo	KG	782.98
201080001	Petróleo Diesel	GLN	15,561.77
201090001	MADERA TORNILLO	P2	18,698.35
201090003	TRIPLAY 18MM (1.20M X 2.40M)	M2	1,504.45
201090004	TRIPLAY 4MM Plywood (1.20M X 2.40M)	M2	7,868.10
201100008	Curador Químico	KG	3,008.89
201100009	Desmoldante para Encofrado Madera	KG	181.21
201100010	Desmoldante para Encofrado Metálico	KG	601.78
201100013	Igol Imprimante	KG	10,295.16
201150001	Materiales Varios	GLB	184,245.29
201150005	Agua	M3	8,137.48
201150011	Geotextil 300gr/m2	M2	23,678.87
201150012	Anclaje de Acero	KG	120,767.68
201150013	Resina	KG	11,727.83
201150016	Geomembrana 1.5mm	M2	5,000.00
201150045	Taller de Acero: Galpon Techado	M2	205.86
201150051	Ceramico Rustico de 42x42	M2	284.38
201150054	Geomembrana 3.0mm	M2	10,295.16
201150055	Marmol E=2.0cm	M2	3,595.33
201150056	Ceramico 20X20	M2	560.36
201150057	Travertino E=1.0cm	M2	69.28
201180003	Pintura esmalte	GLN	1,533.22
201200016	INODORO TANQUE BAJO CON FLUXOR	UND	8.00
201200019	GRIFERIA TEMPORIZADA AGUA	UND	6.00
201200078	LAVABO DE PARED CON SEMIPEDESTAL	UND	6.00
201210008	Barandilla Vidrio 15+15	ML	193.50
201210029	ESPEJO INCOLORO MIRALITE EVOLUTION 5MM	M2	7.95
201210030	Falso techo en aluminio tipo Linear + Hidro pintura en resina acrilica	M2	2,035.54
201210031	Falso techo en Fibra mineral	M2	404.21
201210032	Falso techo en Aluminio tipo Screen Baffle + Hidro pintura en Resina	M2	289.71
201210033	Falso techo en Resina Acrilica	M2	1,094.39
201220001	Vidrio LAM SEG 8+8 BUTIRAL	M2	170.82
	EQUIPOS		
301010001	Tractor de Orugas 300HP	HM	683.75
301010002	Tractor de Orugas 160-190HP	HM	1,547.74
301020001	Cargador Frontal 200-225HP	HM	4,079.73
301030002	Excavadora sobre Orugas CAT 330	HM	501.81
301030004	Excavadora sobre Orugas CAT 330 con Martillo	HM	38.62
301040001	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 10-12 Ton	HM	78.68

RELACION DE INSUMOS Y MATERIALES A SER UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA ESTACION CIRCUNVALACION

Código	Recurso	Unidad	Cantidad
301040002	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 1-2 Ton	HM	39.34
301040006	Plancha Compactadora 8HP	HM	22.60
301050001	Camión Volquete 15M3	HM	22,974.10
301050003	Camión Cisterna 5000 Gal	HM	846.86
301050006	Camión Grúa de 8 Ton	HM	8,572.77
301050010	Camión Cama Alta 35T	HM	823.45
301070002	Martillos Neumáticos 25-29Kg	HM	2,644.46
301080005	Bomba de Concreto Estacionaria 20-30 m3/h	HM	2,479.71
301080006	Vibrador	HM	10,165.36
301080007	Dumper de Concreto 1 M3	HM	122.74
0301080011	Equipo Arenador	HM	447.79
301110001	Compresora Diesel 250PCM	HM	447.79
301110002	Compresora Diesel 750PCM	HM	880.73
301120002	Motoniveladora 145-150HP	HM	78.68
301130009	Cizalla a Palanca	HM	31,389.81
301130015	Grupo Electrónico 350KW	HM	2,470.54
301130024	Grua Telescópica de 100 Ton	HM	1,562.45
301130026	Grua Telescópica de 25 Ton	HM	4,514.42
301130027	Taladro Eléctrico	HM	9,511.90
301130030	Dobladora	HM	18,733.50
301130031	Grua Telescópica de 40 Ton	HM	4,852.61
301130037	Soldadora Electrica de 300 A	HM	9,057.95
	SUBCONTRATOS		
401020007	Tratamiento de la Bentonita	M3	2,000.00
401040001	Encofrado Metálico para Muros - Alquiler	M2-DIA	145,216.13
401040002	Encofrado Metálico para Losas de Fondo - Alquiler	M2-DIA	26,144.92
401040003	Armazón metálico (Castillo)	M3-DIA	144,194.43
401050117	Canon por uso del Botadero	M3	2,000.00
401050204	Estructura Metálica Acero A36: Suministro y colocado	KG	-
401050205	Estructura Metálica Acero A572-07: Suministro y colocado	KG	96,968.66
401050216	Sellado de Junta con Caucho 25x25	ML	-
401050217	Instalación de Sistema de Agotamiento de Aguas	UND	3.00
401050219	Alquiler Diario de Bomba Sumergible de Pozo, Potencia 3CV	UND	540.00
401050263	Servicio de Soldado de Geomembrana con Maquina Estrusora	M2	25,295.16
401050270	Pegamento para Cerámico	KG	3,839.71
401050272	Persiana de Silicona Estructural de 20mm con Perfil de Aluminio	M2	2,623.33
401050306	Perforación de Pozo D=0.80m L=30m	ML	90.00
401050307	Tubo de Acero D=0.80m	KG	5,326.89
401050308	Instalaciones Temporales para Iluminación:Postes+Linea exteriores, Cables	GLB	62,773.72
401050319	Salida de Agua Fria D=1/2"	PTO	19.00
401050320	Tubería PVC Agua Clase 10 D=2"	ML	15.00
401050321	Tubería PVC Agua Clase 10 D=1"	ML	110.00
401050322	Tubería PVC Agua Clase 10 D=3/4"	ML	21.50
401050323	Tubería PVC Agua Clase 10 D=1/2"	ML	43.00
401050325	Codo PVC Agua Clase 10 D=1"	UND	9.00
401050326	Codo PVC Agua Clase 10 D=3/4"	UND	20.00
401050327	Codo PVC Agua Clase 10 D=1/2"	UND	42.00
401050329	Tee PVC Agua Clase 10 D=1"X3/4"	UND	3.00
401050330	Tee PVC Agua Clase 10 D=3/4"	UND	7.00
401050331	Tee PVC Agua Clase 10 D=1/2"	UND	9.00
401050332	Valvula Compuerta D=3/4"	UND	4.00
401050333	Valvula Compuerta D=1"	UND	1.00
401050334	Valvula Check D=3/4"	UND	6.00
401050335	Prueba y desinfección de Tubería de Agua	GLB	300.00
401050336	Cisterna de Agua Potable de 2.40mX4.20mX7.00m	UND	1.00

RELACION DE INSUMOS Y MATERIALES A SER UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA ESTACION CIRCUNVALACION

Código	Recurso	Unidad	Cantidad
401050337	Cisterna de Agua de Emergencia de 4.20mX8.30mX7.00m	UND	1.00
401050338	Electrobomba de agua 2HP	UND	4.00
401050341	Salida de Desague PVC SAL D=2"	PTO	11.00
401050342	Salida de Desague PVC SAL D=4"	PTO	8.00
401050343	Codo PVC Desague SAL D=2"X90°	UND	13.00
401050344	Codo PVC Desague SAL D=4"X90°	UND	8.00
401050345	Codo PVC Desague SAL D=6"X90°	UND	1.00
401050346	Codo PVC Desague SAL D=2"X45°	UND	5.00
401050347	Codo PVC Desague SAL D=4"X45°	UND	4.00
401050348	Yee PVC Desague SAL D=2"	UND	9.00
401050349	Yee PVC Desague SAL D=4"	UND	6.00
401050350	Yee PVC Desague SAL D=4"X2"	UND	5.00
401050351	Tee PVC Desague SAL D=2"	UND	15.00
401050352	Tee PVC Desague SAL D=4"	UND	12.00
401050353	Reducción PVC Desague SAL D=4"X2"	UND	7.00
401050354	Sumidero de Bronce D=2"	UND	2.00
401050355	Registro de Bronce Cromado D=2"	UND	1.33
401050356	Registro de Bronce Cromado D=4"	UND	5.00
0401050358	Sombrero de Ventilación PVC D=4"	UND	24.00
401050359	Tubería PVC Desague SAL D=2"	ML	330.30
401050360	Tubería PVC Desague SAL D=4"	ML	300.00
401050361	Tubería PVC Desague SAL D=6"	ML	237.00
401050362	Caja de Registro 24"X24" Albañilería y Tapa de Concreto	UND	4.00
401050363	Electrobomba de agua 1 1/2HP, para Bombeo de Desague	UND	2.00
401050378	Baranda Metalica: Pasajeros Desnivel 6.50m	UND	8.00
401050379	Baranda Metalica: Pasajeros Desnivel 4.80m	UND	4.00
401050380	Baranda Metalica: Pasajeros Desnivel 6.10m	UND	10.00
401050381	Baranda Metalica: Escape Desnivel 6.50m	UND	4.00
401050382	Baranda Metalica: Escape Desnivel 4.80m	UND	4.00
401050383	Baranda Metalica: Escape Desnivel 6.10m	UND	4.00
401050384	Pasamanos: Escape Desnivel 6.50m	UND	4.00
401050385	Pasamanos: Escape Desnivel 4.80m	UND	4.00
401050386	Pasamanos: Escape Desnivel 6.10m	UND	4.00
401050411	Ascensor Cap 12p Desnivel hasta 10.00m	UND	2.00
401050412	Ascensor Cap 12p Desnivel 10.00 a 20.00m	UND	2.00
401050413	Escalera Mecánica Desnivel hasta 6.0m	UND	4.00
401050414	Escalera Mecánica Desnivel 6.0 a 8.0m	UND	8.00
401050493	Canon por uso del Botadero Costa Verde	M3	-
401050494	Grapas de Fijación del Acero para Izaje en Pantallas y Pilotes	GLB	20,586.26
401050495	Canon por uso del Botadero de la Carretera a Cieneguilla	M3	98,941.90
401050512	Inserción Urbana Estación Nicolas Ayllon	GLB	0.33
401050513	Inserción Urbana Estación Circunvalación	GLB	0.33
401050514	Inserción Urbana Estación Nicolas Arriola	GLB	0.33
401050538	Sistema de Puerta para Anden de Estación (2 lados)	GLB	1.00
401070003	Pantalla Bentonítica E=0.60m: Excavación y colocación de Concreto	M2	-
401070004	Bentonita (Subcontrato)	KG	282,245.30
401070005	Incidencia Movilización de Equipo de Pantalla (Subcontrato)	M2	12,549.81
401070006	Pantalla Bentonítica E=0.80m: Excavación y colocación de Concreto	M2	2,201.23
401070007	Pantalla Bentonítica E=1.00m: Excavación y colocación de Concreto	M2	10,348.58
401070008	Pantalla Bentonítica E=1.20m: Excavación y colocación de Concreto	M2	-
401100001	Suministro del Concreto Premezclado de 300 kg/cm2	M3	22,832.10
401100002	Suministro del Concreto Premezclado de 400 kg/cm2	M3	1,688.76
401100003	Suministro del Concreto Premezclado de 150 kg/cm2	M3	-
401100004	Suministro del Concreto Premezclado de 250 kg/cm2	M3	619.32
401100005	Suministro del Concreto Premezclado de 210 Kg/cm2	M3	832.65

**RELACION DE INSUMOS Y MATERIALES A SER UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA ESTACION
CIRCUNVALACION**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad
401100006	Suministro de Mortero	M3	472.09
401100009	Suministro del Concreto Premezclado de 300 kg/cm2 Tipo Tremie con	M3	13,615.54
401120156	Energía de la Red Pública	KWH	659,902.35
401180003	Loseta Hidraulica de color gris Lisa de 25x25x1cm	M2	1,460.00
401220034	Puerta de Madera 1.20mX2.20m: Fabricación, Instalación y Acabado	UND	40.00
401220035	Puerta de Madera 1.10mX2.20m: Fabricación, Instalación y Acabado	UND	20.00
401220036	Puerta Contrafuego 1.20mX2.20m: Fabricación, Instalación y Acabado	UND	36.00
401220037	Puerta Contrafuego 2.20mX2.20m: Fabricación, Instalación y Acabado	UND	31.00
401220038	Puerta Contrafuego Ingreso 1.20mX2.20m: Fabricación, Instalación y	UND	4.00
401220041	Mariposa de Ingreso: 2 personas	UND	31.00
401220042	Mariposa de Salida: 2 personas	UND	31.00
401220043	Lectora de Tarjeta: Control de Pasajeros	UND	2.00
401220044	Trinquete principal y accesorios	UND	3.00
402010026	Sistema de Ventilación: Estación C&C	GLB	1.00
402010027	Sistema Electrico: Equipo MT: Estación C&C	GLB	1.00
402010030	Sistema Electrico: Cable de Distribución de BT: Estación C&C	GLB	1.00
402010031	Sistema Electrico: Distribución Secundaria BT: Estación C&C	GLB	1.00
402010032	Sistema Electrico: Sistema de Puesta de Tierra: Estación C&C	GLB	1.00
402010033	Sistema Electrico: Iluminación y Toma FM: Estación C&C	GLB	1.00
402010034	Sistema Electrico: Biglietteria y Gate: Estación C&C	GLB	1.00
402010035	Sistema Contra incendio: Estación C&C	GLB	1.00
402010046	Sistema de Detección Contra incendio: Estación C&C	GLB	1.00
402010047	Sistema de Ventilación: Estación C&C 1B	GLB	1.00
402010048	Sistema Electrico: Equipo MT: Estación C&C 1B	GLB	1.00
402010049	Sistema Electrico: Cables de Distribución de MT: Estación C&C 1B	GLB	1.00
402010050	Sistema Electrico: Equipos de BT, UPS, Baterias: Estación C&C 1B	GLB	1.00

ANEXO 06 – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.26 – Concreto

Índice

1	GENERALIDADES	3
1.1	ALCANCE.....	3
1.2	REFERENCIAS.....	4
1.3	CONTROL DE CALIDAD.....	4
2	PRODUCTOS	5
2.1	MATERIALES DEL CONCRETO.....	5
2.2	REQUISITOS DE LOS MATERIALES.....	5
2.3	MATERIALES MISCELÁNEOS.....	6
2.4	ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO.....	6
2.5	CONSISTENCIA.....	7
2.6	ENSAYOS DE LA MEZCLA EXPERIMENTAL.....	7
2.7	MEDICIÓN DEL PESO DEL CEMENTO Y AGREGADOS.....	8
3	EJECUCIÓN	8
3.1	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE A HORMIGONAR.....	8
3.2	ACARREO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO.....	10
3.3	SECUENCIA DEL HORMIGONADO.....	11
3.4	APISONAMIENTO Y VIBRACIÓN.....	12
3.5	CURADO.....	12
3.6	PROTECCIÓN.....	13
3.7	TRATAMIENTO DE DEFECTOS SUPERFICIALES.....	14

1 GENERALIDADES

1.1 ALCANCE

- A. Esta ET incluye los requerimientos para la Ingeniería de Detalle, el suministro de toda la mano de obra, los materiales y los equipos requeridos para la fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabados de todo concreto colado in-situ o premoldeado (pre fabricado) que se utilice para la estructura de los túneles, las estaciones y de las estructuras en general incluidas en el Proyecto.
- B. El Concesionario proveerá todos los materiales para fabricar el concreto de acuerdo a los requerimientos especificados en esta sección, y deberá dosificar, mezclar, transportar, colocar, compactar, curar, reparar y terminar todos los trabajos requeridos para construir las estructuras de concreto armado.
- C. Las estructuras definitivas deben ser realizadas para un tiempo de vida de 120 años, como esta detallado en la ET 01 Especificaciones Técnicas Prestacionales.
- D. Los tipos de concreto incluidos en esta ET, identificados por el valor de su Resistencia característica de rotura a compresión a la edad de 28 (veintiocho) días (de acuerdo con la MTC E 704), son los siguientes:
 - 1) Concreto simple tipo F: Concreto simple únicamente para usar como Concreto para rellenos no estructurales o en los casos en que se especifique su uso. No se puede utilizar en estructuras armadas.
 - 2) Concreto reforzado tipo A, B, C, D normal: Concreto estructural de Cemento Portland normal, en el caso de obras que no sean expuestas a suelos o aguas selenitosas o que contienen sulfatos, para estructuras internas o en los casos que se especifique su uso. Requerido para garantizar la durabilidad del concreto.
 - 3) Concreto reforzado tipo A, B, C, D "marino": Concreto estructural de Cemento Portland con una alta resistencia al ataque de sulfatos, en el caso de obras expuestas a ambiente con suelos o aguas selenitosas o que contienen sulfatos. Requerido para garantizar la durabilidad del concreto para estructuras subterráneas.
 - 4) Concreto reforzado tipo A o B: Concreto a usar en la fabricación de los elementos premoldeados que formarán parte del revestimiento de los túneles y en elementos premoldeados pretensados, si se utilizaran.

1.2 REFERENCIAS

El Concesionario deberá ejecutar los trabajos de manera que se cumpla con lo dispuesto por la ley peruana, con las presentes Especificaciones Técnicas, y en el marco establecido por las Directivas, los Reglamentos y los Manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

En particular, los requerimientos para el control de calidad deben cumplir con el marco establecido por el siguiente manual para carreteras, que contiene mayor detalle para la presente Especificación Técnica para el proyecto específico:

Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) RD N° 03-2013-MTC/14 (16.02.2013) -

Para los Ensayos se deberá tener en cuenta el proyecto de Actualización del Manual de Ensayo de Materiales para Obras Viales (EM 2012) aprobado con RD N° 01-2013-MTC/14 (09.01.2013) y, además, Manual vigente aprobado con RD N° 28-2001-MTC/15.17

Para el diseño, el Reglamento Nacional de Construcciones y, en particular, la Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado".

Para ensayos no cubiertos por estas Normas serán de aplicación las Normas ASTM, CEN (Comité de Normalización Europeo), FIB (Federación Internacional du Betòn), ACI (American Concrete Institute) o equivalentes aceptados por el Supervisor de Obra.

1.3 CONTROL DE CALIDAD

1) Generalidades

- 1) Los ensayos de todos los materiales; la evaluación de la resistencia de rotura a compresión del concreto y la determinación de la penetración de agua a presión en el concreto endurecido, se harán según las Normas Técnicas Peruanas que se aplique a cada caso, u otras recomendaciones y exigencias establecidas por Instituciones Técnicas reconocidas Internacionalmente como AASHTO, ASTM, según aprobación por el Supervisor de Obra.
- 2) El costo de todos los ensayos requeridos para evaluar la aptitud y características de todos los materiales componentes del concreto y del concreto fresco y endurecido los cubrirá el Concesionario. De la misma forma el Concesionario cubrirá los gastos de todos los ensayos y/o investigaciones adicionales que hagan falta para obtener los materiales y el concreto de la calidad requerida por estas especificaciones.
- 3) El Concesionario proveerá la mano de obra especializada, el material y los elementos necesarios para preparar las probetas que se confeccionen para los ensayos requeridos. El embalaje, la custodia y envío de las probetas también correrá por cuenta del Concesionario.

- 4) El Concesionario deberá mantener permanentemente en obra un profesional especializado en Tecnología del Concreto que tendrá bajo su responsabilidad la supervisión y dirección de todas las tareas relacionadas con los trabajos de elaboración, colocación y curado del concreto y todos los ensayos necesarios para verificar la calidad de los materiales y del concreto antes y durante la ejecución de las estructuras. Asimismo será también de su competencia el mantenimiento y verificación de las balanzas y demás equipos de la planta de elaboración del concreto.
- 5) El Plan de Control de la Calidad del concreto en obra, que deberá contar con la aprobación previa del Supervisor de Obra, se ajustará como mínimo a lo establecido en las EG -2000. El juzgamiento de la resistencia potencial de rotura a compresión de los concretos colocados en obra, y la cantidad de muestras a extraer, y otros ensayos especificados se hará según se especifica en las EG -2000 y normas de ensayo referidas en las mismas.
- 6) El ensayo de consistencia o asentamiento se realizará según la norma de ensayo MTC E 705. La consistencia del concreto se deberá encontrar dentro de los siguientes límites generales:
 - Asentamiento Máximo: 4
 - Asentamiento Mínimo: 1

En cada caso específico el valor de la consistencia del concreto deberá ser previamente detallado en la Ingeniería de Detalle presentada y aprobada por el Supervisor de Obra.

Los requerimientos de diseño constructivo de las estructuras serán los indicados en la ET 02 "Estudios definitivos - contenidos mínimos y plazos de entrega".

2 PRODUCTOS

2.1 MATERIALES DEL CONCRETO

1) Generalidades

- 1) Todos los materiales que se incorporen a las obras deberán ser de un mismo proveedor, de la mejor calidad dentro de su tipo, y previamente aprobados por el Supervisor de Obra. No se permitirá el uso de materiales que no hubieran sido aprobados por el Supervisor de Obra.
- 2) En los casos previstos en esta especificación o cuando lo ordene el Supervisor de Obra, las muestras de los materiales a usar deberán ser sometidas a ensayos y análisis.

2.2 REQUISITOS DE LOS MATERIALES

Generalidades

Solo se podrán utilizar materiales que satisfagan los requisitos establecidos en las EG-2000. La verificación de las características y calidad de los materiales como los ensayos a realizar se efectuarán de acuerdo con las EG-2000, y las normas referidas en las mismas.

1) Cemento

- 1) Para la ejecución de estructuras de concreto armado sólo podrán utilizarse cementos del tipo portland, de marcas aprobadas oficialmente, que cumplan los requisitos de calidad contenidos en las EG-2000, y las normas referidas en las mismas.
- 2) Para los concretos estructurales se utilizarán cemento de categoría marina o normal.
- 3) El Concesionario deberá justificar el tipo de cemento utilizado.

2) Agua

Tanto el agua empleada para mezclar y curar el concreto, como la utilizada para lavar los agregados deberá cumplir con las condiciones establecidas en las EG-2000, y las normas referidas en las mismas.

3) Agregado Fino

La granulometría del agregado fino deberá estar comprendida entre los límites que fija la curva de las EG-2000, y las normas referidas en las mismas. El agregado fino deberá ser suministrado por un proveedor cuyas instalaciones y material cumplirá con todos los requisitos de las EG-2000, y las normas referidas en las mismas.

4) Agregado Grueso

El agregado grueso deberá ser suministrado por un proveedor cuyas instalaciones y yacimiento hayan sido previamente aprobados por el Supervisor de Obra. El material cumplirá con los requisitos de las EG-2000, y las normas referidas en las mismas y su granulometría estará comprendida entre los límites fijados para las mismas

5) Aditivos Químicos

- 1) El Concesionario podrá utilizar aditivos que mejoren la calidad y trabajabilidad del concreto, los que deberán ser previamente aprobados por el Supervisor de Obra, el cual solicitará los ensayos normalizados convenientes.
- 2) Los aditivos no deberán contener cloruros.

2.3 MATERIALES MISCELÁNEOS

Agentes adhesivos se deberán usar con el fin de lograr una unión monolítica entre concreto fresco y concreto endurecido. Estos deberán ser adhesivos epoxídicos del tipo Sikadur Gel o equivalente.

2.4 ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO

- 1) Generalidades: El concreto a usar en la obra deberá estar compuesto de cemento, agregado grueso y fino, agua y aditivos. Estos materiales deberán ser de la calidad

especificada por el Proyecto de la Ingeniería de Detalle en acuerdo con las EG-2000, y las normas referidas en las mismas. Las proporciones exactas en que estos materiales serán usados en las diferentes partes de la obra serán determinadas cuando se haga la mezcla experimental. La consistencia de la mezcla fresca de concreto deberá ser tal que con los medios adecuados para cada situación particular se pueda colocar la mezcla manteniendo su homogeneidad y obtener su máxima densidad y mínima retracción.

- 2) El porcentaje de arena con respecto al peso total del agregado fino no deberá ser mayor de lo establecido en las EG-2000, y las normas referidas en las mismas. Si se utiliza aditivos superfluidificantes y/o la colocación del concreto se efectúa por bombeo, el porcentaje de agregado fino se determinará de acuerdo.
- 3) Cambios en la Mezcla de Concreto: Las mezclas a usar podrán ajustarse cuando sea necesario para obtener las características requeridas por las estructuras, tales como la resistencia a compresión, densidad, facilidad de trabajo y acabado final. El Concesionario no será recompensado por los cambios que se le hagan a las mezclas. Todo cambio más allá de los ajustes por la humedad de los agregados deberá ser aprobada previamente por el Supervisor de Obra.
- 4) El juzgamiento de la resistencia potencial de rotura a compresión de todos los concretos y el número de muestras a extraer con esa finalidad, se harán de acuerdo con lo especificado en las EG-2000, y las normas referidas en las mismas.

2.5 CONSISTENCIA

- 1) La cantidad de agua de empaste del concreto deberá ser la mínima necesaria para producir una mezcla de concreto que pueda ser colocada apropiadamente sin sufrir segregación de los agregados, y que pueda ser compactada con los métodos de vibración especificados para darle la requerida densidad, impermeabilidad y suavidad a la superficie de concreto terminada.
- 2) La cantidad de agua de empaste podrá ser alterada cuanto sea necesario, teniendo siempre en consideración la máxima relación agua/cemento especificada. La cantidad de agua deberá ajustarse en función de la granulometría y contenido de humedad de los agregados, para mantener una producción uniforme de la consistencia deseada.
- 3) La consistencia del concreto fresco deberá ser determinada por el ensayo MTC E 705. La consistencia del concreto se deberá encontrar dentro de los siguientes límites generales:
 - Asentamiento Máximo: 4
 - Asentamiento Mínimo: 1

2.6 ENSAYOS DE LA MEZCLA EXPERIMENTAL

- 1) Mezcla de Concreto Experimental: El Concesionario deberá confeccionar a escala de obra las mezclas experimentales de los concretos que se propone utilizar en la construcción de las diferentes estructuras para verificar las características de las mismas en estado fresco y endurecido. Deberá proveer la mano de obra, los materiales y los elementos necesarios

para efectuar todos los ensayos especificados, con los materiales componentes de la mezcla y con el concreto en estado fresco y endurecido. El costo de todo el operativo y los ensayos los cubrirá el Concesionario. A continuación y solo a título orientativo se mencionan algunos ensayos, aclarando que el alcance de los estudios previos y ensayos se encuentra definido en el RNE, y en las EG-2000, y las normas referidas en las mismas.

- 2) Ensayo de Compresión: Se deberá determinar la resistencia de rotura a compresión
- 3) Análisis de Granulometría: Se deberá efectuar el ensayo de granulometría de los agregados. Se deberán dar valores del porcentaje de agregado que pasa cada tamiz.
- 4) Ensayo de Penetración de agua a presión en el concreto endurecido.

2.7 MEDICIÓN DEL PESO DEL CEMENTO Y AGREGADOS

- 1) La cantidad de cemento y cada agregado a usar en la mezcla de la obra deberá ser determinada con equipo de medición que el Concesionario proveerá y que deberá ser aprobado por el Supervisor de Obra.
- 2) La tolerancia permitida por peso total de material será la siguiente:

Material	% del peso total
Arena	±3
Cada fracción de Ag. Grueso	±3
Cemento	±1
Agua	±1
Aditivo	±5

El cemento se pesará separadamente de los agregados, en una balanza exclusiva.

La cantidad de agua se determinará utilizando un equipo de medición con error del orden de ±1%. El sistema de medición deberá ser aprobado por el Supervisor de Obra.

3 EJECUCIÓN

3.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE A HORMIGONAR

- 1) Generalidades: En casos excepcionales en que el concreto se coloque directamente en el suelo, este deberá estar compactado, nivelado y humedecido con rociadores antes de colocar el concreto y no habrá agua libre en la superficie al colocar el concreto

- 2) No se deberá colocar el concreto hasta que todo el encofrado, armadura y materiales a ser insertados estén debidamente colocados y hayan sido Inspeccionados y aprobados por el Supervisor de Obra por lo menos 4 horas antes del hormigonado.
- 3) Siempre que un concreto fresco deba ponerse en contacto con otro ya endurecido, o cuyo endurecimiento se ha iniciado, la superficie de contacto del concreto existente será tratada para asegurar una buena adherencia.

El tratamiento de las superficies y juntas de construcción se iniciará tan pronto como sea posible sin que se perjudique la calidad del concreto colocado.

De acuerdo con el grado de endurecimiento del concreto colocado y el tamaño de la junta de construcción, la limpieza de su superficie se realizará mediante rasqueteo con cepillos de alambre, chorro de agua a presión, o chorro de arena y agua a presión. Esta operación se continuará hasta eliminar la lechada, mortero u concreto poroso y toda sustancia extraña, hasta dejar al descubierto el concreto de buena calidad y las partículas de agregado grueso de mayor tamaño, cuya adherencia no debe verse perjudicada, obteniendo una superficie lo más rugosa posible pero no poceada.

La superficie de la junta será luego lavada enérgicamente hasta eliminar todo resto de material suelto.

La adherencia entre el concreto fresco a colocar y el concreto endurecido existente se logrará:

- a) Colocando sobre la superficie de la junta previamente humedecida pero sin agua libre una capa de mortero de la misma proporción cemento/arena y de razón agua/cemento menor o igual que la del concreto. Este mortero se debe colocar de manera que penetre en todos los huecos e irregularidades de la superficie. Una vez finalizada la colocación del mortero el espesor del mismo debe ser menor que 1 (un) cm.
- b) Idem punto a) pero utilizando un material cementicio pre-elaborado para esta finalidad. Este material debe ser previamente aprobado por el Supervisor de Obra.
- c) Cuando sea necesario mejorar la adherencia entre ambos concretos, se colocará sobre la superficie seca un adhesivo en base a resinas epoxy de marca reconocida. Se procederá de esta manera cuando así se indique en los planos o cuando lo ordene el Supervisor de Obra.

Tanto el tratamiento de las superficies, como el puente de adherencia y el procedimiento de aplicación deberá ser previamente y para cada caso particular aprobado por el Supervisor de Obra.

- 4) Cañerías, conductos, o cualquier otro material metálico a ser insertado en el concreto, deberá colocarse de manera que tenga por lo menos 5 cm entre este material y la armadura. No se permitirá que estos insertos sean atados o soldados de ninguna forma a la armadura. Estos materiales metálicos deberán estar limpios, libres de cualquier sustancia extraña cuando el concreto sea colocado.
- 5) Las aberturas para cañerías deberán hacerse durante la colocación del concreto, garantizando su estanqueidad. La colocación de las cañerías deberá ser aprobada por el Supervisor de Obra.

- 6) Las losas de piso o plateas y las fundaciones que se construyan en excavaciones a cielo abierto se deberán colocar sobre una base de concreto simple (tipo H-21, que tendrá un espesor mínimo de 10,0 cm y un sobrecancho mínimo de 15 cm respecto al borde de la estructura de fundación.

3.2 ACARREO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO

El transporte, colocación, compactación y curado del concreto se efectuará de acuerdo con las disposiciones de las EG-2000, y las normas referidas en las mismas, siendo su cumplimiento obligatorio en todos los aspectos que no se contradigan con las presentes Especificaciones Técnicas.

- 1) **Materiales Rechazados en Obra:** El concreto que no cumpla con los requerimientos de estas especificaciones y/o con las Normas y Reglamentos citados, o que sea de inferior calidad se rechazará y deberá removerse inmediatamente de la obra y reemplazarlo. El Concesionario cubrirá todo el costo de esta operación.
- 2) **Colocación Autorizada:** El concreto de la obra no será colocado sin la presencia de un representante autorizado del Supervisor de Obra. El Concesionario deberá notificar al Supervisor de Obra mediante un "Pedido de hormigonado", por lo menos 24 horas antes de la fecha y hora prevista para comenzar el hormigonado.
- 3) **Colocación del Concreto en Encofrados Profundos:** Se deberá tener especial cuidado al depositar concreto en encofrados profundos para no causar la acumulación excesiva de concreto en el encofrado. La caída libre (sin interferencias de ningún tipo) del concreto deberá ser menor de 120 cm. El flujo o desplazamiento horizontal del concreto se limita a 200 cm. El concreto se depositará en capas horizontales con un máximo de espesor de 50 cm. siempre y cuando este espesor pueda ser adecuadamente compactado y cada capa se depositará cuando la anterior esté todavía fresca. En cada hora de trabajo no se deberá depositar más de 150 cm. en dirección vertical. Las trompas de elefante o tremies deben usarse en muros y columnas para evitar la caída libre del concreto y para que se pueda colocar el mismo a través de las armaduras. Estos dispositivos deben moverse a intervalos cortos, para evitar el amontonamiento del concreto y el consecuente uso de vibradores para desplazarlo horizontalmente.
- 4) **Equipo para Colocar Concreto:** El equipo deberá ser aprobado por el Supervisor de Obra. Se permite el bombeo del concreto solo mediante la aprobación del Supervisor de Obra del equipo y la mezcla.
- 5) **Colocación del Concreto en Losas:** El procedimiento de colocación del concreto en losas con pendiente deberá ser de abajo hacia arriba. El concreto deberá ser vibrado y su superficie cuidadosamente emparejada de abajo hacia a arriba.
- 6) Se deberá asegurar que no se pueda desplazar la armadura y los insertos durante el hormigonado.
- 7) Antes de hormigonar se deberá obtener la aprobación del Supervisor de Obra del método propuesto para la protección del concreto durante su colocación y curado.

- 8) Se deberá mantener registros precisos de los concretos colocados, indicando: fecha, el lugar de colocación, horas de inicio y finalización, volumen, controles sobre el concreto fresco, temperaturas del ambiente y del concreto, cantidad de muestras tomadas y su identificación, número de probetas moldeadas con su identificación, edad de ensayo y elemento donde fue colocado el patón correspondiente, etc.

3.3 SECUENCIA DEL HORMIGONADO

- 1) La secuencia del hormigonado (puesta en obra del concreto) deberá ser aprobada por el Supervisor de Obra. Con el propósito de reducir los efectos de la retracción, el concreto deberá colocarse respetando las distancias máximas entre las juntas de trabajo especificadas en los Planos de la Ingeniería de Detalle aprobados.
- 2) La secuencia del hormigonado debe ser tal que el concreto fresco no sea colocado en contacto con una superficie de concreto que no haya sido curada por lo menos 7 (siete) días. En el caso de tabiques, no se permitirá el colado de secciones en esquina si los tabiques adyacentes no han sido curados por lo menos durante 14 (catorce) días.

3.4 APISONAMIENTO Y VIBRACIÓN

- 1) Cuando el concreto es colocado en el encofrado o en excavaciones, este deberá ser compactado completamente, a través de toda la capa de concreto. Deberá obtenerse una masa densa y homogénea que deberá llenar todas las esquinas y ángulos, recubriendo totalmente las armaduras, evitando la formación de burbujas.
- 2) Se deberá tener cuidado especial al colocar concreto en juntas con cinta de PVC. El concreto deberá trabajarse y vibrarse cuidadosamente, para evitar la formación de burbujas alrededor de las cintas y la deformación de éstas.
- 3) Se deberá compactar eficientemente con vibradores de alta frecuencia (mayor de 10.000 rpm) el tiempo suficiente para eliminar las burbujas grandes de aire pero cuidando de no provocar la segregación en el concreto. El concreto no deberá vibrarse excesivamente causando la segregación de los agregados.
- 4) Para la fabricación de elementos premoldeados para el revestimiento de los túneles se utilizarán moldes que permitan la vibración simultánea con el colado del concreto.

3.5 CURADO

Todas las estructuras de concreto deberán ser sometidas a un período de curado, el que se iniciará inmediatamente después que el concreto haya endurecido lo suficiente como para que su superficie no resulte afectada por el método de curado adoptado. Los métodos de curado aprobados son los siguientes:

- 1) Curado con agua: El concreto se mantendrá permanentemente húmedo durante un período tal que le permita alcanzar un grado de maduración mínimo de 3360°C x hora (equivalente a 7 (siete) días de curado continuo a 20°C de temperatura). El agua a utilizar para el curado deberá cumplir con los requerimientos de esta especificación y no contener ningún elemento que pueda producir manchas o decoloraciones en el concreto. En el caso de utilizar encofrados de madera estos se mantendrán húmedos a partir de la colocación del concreto hasta que estos sean removidos. En el caso que se utilicen encofrados metálicos, las partes expuestas del concreto deberán mantenerse húmedas hasta que el encofrado sea removido. Una vez removido el curado se continuará manteniendo el concreto húmedo con rociadores mecánicos o caños perforados o cualquier otro procedimiento adecuado durante el período establecido.

- 2) Curado con compuestos de membrana: El compuesto líquido será opaco y de color claro y deberá cumplir las condiciones establecidas en las EG-2000, y las normas referidas en las mismas. El producto se entregará en obra listo para su empleo. EN NINGUN CASO SERA DILUIDO, NI ALTERADO EN FORMA ALGUNA.

En el caso de superficies expuestas de concreto fresco, la aplicación del producto se iniciará inmediatamente después de haber desaparecido la película brillante de agua libre existente sobre la superficie, mientras la misma aún se encuentre húmeda.

En el caso de concreto endurecido, inmediatamente después de haberlo desencofrado, se procederá a saturar las superficies de concreto, y después de desaparecida la película brillante de agua superficial y mientras las mismas aún se encuentran húmedas, se procederá a aplicar el compuesto.

El producto se aplicará uniformemente sobre las superficies, en dos capas colocadas una inmediatamente después de la otra, poniendo especial cuidado en obtener una película continua. La operación se realizará mediante un equipo pulverizador adecuado, provisto de un tanque a presión y de un agitador continuo del contenido, que se aplicará a razón de entre 200 y 270 cm³ por m², de acuerdo con la capacidad de sellado obtenida en el ensayo de retención de agua y con las condiciones climáticas.

Las superficies cubiertas con el compuesto deben recibir el máximo de protección durante el período de curado establecido, con el fin de evitar su rotura o destrucción.

Cuando la temperatura del aire sea mayor de 30°C, el Concesionario completará el curado con membrana mediante el rociado con agua en forma de niebla; este rociado será mantenido permanentemente hasta que la temperatura del aire sea menor a la indicada.

El empleo de este compuesto no exime del humedecimiento continuo de los encofrados no impermeables que queden colocados durante el período de curado.

- 3) Si el Concesionario propone un método de curado alternativo, este deberá ser aprobado por el Supervisor de Obra; este método alternativo deberá presentarse para su aprobación según el plazo establecido en el presente Pliego.
- 4) Curado acelerado mediante ciclos de vapor saturado: el ciclo óptimo de curado deberá ser determinado experimentalmente antes de su aplicación en obra. Deberá cumplir con los lineamientos generales indicados en las EG-2000.

3.6 PROTECCIÓN

- 1) El Concesionario deberá proteger de cualquier daño todas las estructuras de concreto, hasta que la obra sea finalizada. El concreto fresco o recién colocado deberá protegerse del daño que pudiera causarle la lluvia, y esta protección deberá ser aprobada por el Supervisor de Obra.
- 2) No se podrá cargar ninguna estructura hormigonada hasta que el Supervisor de Obra así lo autorice.

3.7 TRATAMIENTO DE DEFECTOS SUPERFICIALES

- 1) Inmediatamente después de remover el encofrado las superficies de concreto deberán ser cuidadosamente revisadas y cualquier irregularidad deberá ser corregida para asegurar una superficie lisa y uniforme, y de acuerdo a las tolerancias dimensionales especificadas.

El concreto que por cualquier motivo hubiere resultado superficialmente defectuoso, será eliminado y reemplazado por el Concesionario, por otro concreto o mortero de calidad adecuada.

- 2) No se procederá a ninguna reparación de la superficie hasta que la metodología a usar haya sido aprobada por el Supervisor de Obra. Todo el costo de estas reparaciones lo cubrirá el Concesionario.

ANEXO 06 – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.20 – Muros Colados

Índice

1	GENERALIDADES	3
1.1	ALCANCE	3
1.2	REFERENCIAS	3
2	PRODUCTOS	4
2.1	MATERIALES	4
2.2	MATERIALES ALTERNATIVOS	5
2.3	EQUIPOS	6
3	EJECUCIÓN	7
3.1	INSTRUMENTACIÓN DEL PANEL	7
3.2	PAREDES GUÍA	7
3.3	EXCAVACIÓN DE LOS PANELES	7
3.4	LODO BENTONÍTICO	8
3.5	HORMIGONADO DE LOS PANELES	8

1 GENERALIDADES

1.1 ALCANCE

Esta Especificación Técnica tiene por objetivo establecer los requerimientos de la Ingeniería de Detalle, de materiales, mano de obra y equipos necesarios para la construcción de los muros colados necesarios para la ejecución de las obras de las Líneas 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao.

1.2 REFERENCIAS

El Concesionario deberá ejecutar los trabajos de manera que se cumpla con lo dispuesto por la ley peruana, con las presentes Especificaciones Técnicas, y en el marco establecido por las Directivas, los Reglamentos y los Manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

En particular los requerimientos para el control de calidad deben cumplir con el marco establecido por el manual siguiente, para carreteras, que contiene mayor detalle para la presente Especificación Técnica para el proyecto específico:

Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) RD N° 03-2013-MTC/14 (16.02.2013) - CAPITULO VI – OBRAS COMPLEMENTARIAS

Para los Ensayos se deberá tener en cuenta el proyecto de Actualización del Manual de Ensayo de Materiales para Obras Viales (EM 2012) aprobado con RD N° 01-2013-MTC/14 (09.01.2013) y además el Manual vigente aprobado con RD N° 28-2001-MTC/15.17

En caso de ensayos y/o determinaciones no contemplados por las Normas Peruanas, se usarán las Normas ASTM correspondientes.

En particular, los ensayos de recepción de la bentonita y de las características del lodo de bentonita se harán según las Normas API (American Petroleum Institute).

Se utilizarán a modo de guía los lineamientos de alguna de las siguientes normas:

- a) Norma DIN 4126, "Paredes Moldeadas de Hormigón In Situ, Construcción y Ejecución", y sus Notas Aclaratorias
- b) Norma europea y francesa NF EN 1538

Además se tendrán en cuenta las siguientes ET relacionadas:

ET 02 Estudios Definitivos - Contenidos mínimos y plazos de entrega

ET 4 Control de Calidad y ET 15 Materiales y equipos ET 25 Armaduras para hormigón ET 27 Hormigón.

En particular no se repiten las normas aplicables a los ensayos y a las pruebas de los materiales que están en las ET relacionadas

2 PRODUCTOS

2.1 MATERIALES

1) Jaulas de armadura

- a) Las armaduras responderán a lo especificado en la ET 25 Armaduras para hormigón.
- b) Se marcará en el lugar la parte frontal y la dorsal para identificarlas durante la colocación. Los puntos de izaje y el diseño de los topes de izaje deberán ser aprobados por el SUPERVISOR DE OBRA. Los separadores de un tipo ya aprobado se incorporarán a la jaula y deberán tener el espesor especificado para cumplir con el recubrimiento mínimo y resistir la deformación durante la ubicación de la jaula dentro de la zanja. No podrán retener lechada de bentonita durante la construcción. La jaula de armaduras se deberá colocar adecuadamente para evitar su desplazamiento.
- c) No se permitirá la soldadura de las armaduras a menos que se utilice acero soldable.
- d) Se permitirá el empalme vertical del acero de refuerzo siempre y cuando se realice a la vista del SUPERVISOR DE OBRA antes de la bajada de la jaula en la excavación y conforme con la especificación técnica respectiva.
- e) La disposición de las armaduras será la indicada en los planos de la ingeniería de detalle.

2) Hormigón

- a) Los materiales y la calidad del hormigón estarán de acuerdo con ET 27 Hormigón.

3) Bentonita

- a) Para el sostenimiento de las paredes de la excavación hasta el momento del hormigonado, el CONCESIONARIO deberá emplear un lodo bentonítico consistente en una mezcla de bentonita sódica totalmente hidratada y agua. Después de preparado, el lodo no deberá contener grumos. El uso de aditivos deberá ser justificado para su aprobación.
- b) La bentonita deberá ser ensayada usando una mezcla de bentonita y agua destilada, preparada según la especificación 13 A de la última edición de las Normas del American Petroleum Institute, y probada de acuerdo con la especificación 13 B de las mismas normas.
- c) Se utilizará preferentemente montmorillonita sódica, con las siguientes características mínimas:

Limite líquido	(LL) $\geq 250\%$
Índice de plasticidad	(IP) ≥ 200
Viscosidad Marsh (API), suspensión 6% en agua destilada	$\geq 40s$ (a las 24 horas)
Impurezas retenidas	(malla 75 micrones) $\leq 2,5\%$
Ph (suspensión al 6%):	comprendido entre 7 y 9

Filtro prensa (Baroid): cake < 1,5 mm,
agua libre < de 23 cc.

Estas propiedades son indicativas y pueden ser variadas en función del resultado de mezclas de prueba y condiciones específicas.

La composición química aproximada de la bentonita deberá ser la siguiente:

Dióxido de silicio (SiO₂) 59 - 64 %
Oxido de aluminio (Al₂O₃) 16 - 20 %
Oxido de hierro (Fe₂O₃) 0,4 - 0,6 %
Oxido de sodio (Na₂O) 0,2 - 3,5 %
Oxido de calcio libre (CaO) 0,1 - 0,2 %
Oxido de magnesio (MgO) 1,5 - 3 %

- d) La bentonita se almacenará en ambientes secos y cubiertos. Se deberá tener especial cuidado en el almacenamiento de las bolsas para evitar que se apelmace el polvo de bentonita o que se alteren sus propiedades debido a la humedad. Se deberá presentar para la aprobación del SUPERVISOR DE OBRA el diseño de un cono y de un dispositivo de alimentación de la bentonita.

4) Agua

- a) Para la mezcla se utilizará agua fresca y limpia, previamente analizada por el CONCESIONARIO para determinar su compatibilidad con los demás constituyentes de las lechadas.
- b) La temperatura del agua que se utilizará para la mezcla del polvo de bentonita y de la lechada que se verterá en la excavación no podrá ser inferior a los 5 grados Celsius.

5) Aditivos

Para el lodo bentonítico se podrá adicionar materiales inertes (arena fina, baritina, polvo de roca y similares) con el objeto de aumentar su densidad. Para el tamaño máximo de las partículas de estos aditivos, ver DIN 4126 punto 6.1.4. Se podrá proponer el uso de aditivos químicos que modifiquen la fluidez en caso necesario.

2.2 MATERIALES ALTERNATIVOS

6) El CONCESIONARIO podrá presentar propuestas para utilizar materiales y aditivos adicionales o alternativos de la bentonita para la lechada de soporte de la excavación. En tal caso, el CONCESIONARIO remitirá al SUPERVISOR DE OBRA para su aprobación las muestras, las especificaciones técnicas y los detalles completos del proveedor y el fabricante de tales materiales.

Ninguno de dichos materiales afectará perjudicialmente las características de la lechada para soportar la excavación de la pared o tendrá efectos perjudiciales sobre el hormigonado o el moldeado del hormigón. Los aditivos para evitar la pérdida de lechada hacia los estratos adyacentes se considerarán cubiertos por esta especificación..

2.3 EQUIPOS

- 1) El CONCESIONARIO, de acuerdo con los requerimientos del procedimiento constructivo a usar y el programa de obra previsto, deberá presentar el listado del equipamiento que propone utilizar para realizar la excavación, el procesamiento del lodo bentonítico, la colocación de armaduras y el hormigonado.
- 2) El CONCESIONARIO tendrá que obtener todas las aprobaciones necesarias para la utilización de los equipos impuestas por las Autoridades y Organismos Público y Privado interesados en el proyecto.
- 3) El equipo para la excavación de los paneles del muro colado, podrá consistir en excavadoras hidráulicas y cucharas mecánicas o hidráulicas, tipo almeja, montadas sobre grúas de oruga, con los dispositivos de guía necesarios para obtener una excavación de paredes verticales dentro de las tolerancias especificadas.
- 4) Deberá utilizarse un tipo de equipo que mantenga constante el ancho de la excavación, y que sea capaz de excavar el espesor indicado en los planos del proyecto en una sola pasada.
- 5) En la ejecución de los muros colados, los equipos a utilizar deberán respetar la limitación de altura impuesta por las normas aeronáuticas, donde existen estas restricciones dictadas por la autoridad aeronáutica. A este respecto hay que señalar la presencia del Aeropuerto en las inmediaciones del lugar de los trabajos (línea 4). En todo caso, el CONCESIONARIO tendrá que asegurarse de que la altura de los equipos sea compatible con la limitación de altura impuesta por las Autoridades y Organismos Público y Privado interesados en el proyecto y será responsable de obtener todas las aprobaciones.
- 6) La planta de fabricación del lodo deberá incluir agitadores de alta turbulencia capaces de producir la suspensión coloidal de la bentonita en el agua, piletas de hidratación con adecuado tiempo de permanencia, (mínimo 12 horas antes de la primera utilización) así como un sistema de bombeo hacia el lugar de la excavación y un equipo de limpieza de la arena, mediante ciclones y tamices vibrantes. El lodo bentonítico en los tanques de depósito deberá ser agitado y recirculado periódicamente.
- 7) Equipo para ensayos: El CONCESIONARIO deberá suministrar y mantener un juego del siguiente equipo en cada sitio de excavación, el que podrá ser usado por el SUPERVISOR DE OBRA para verificar el lodo bentonítico, de acuerdo con la especificación 13 B de la Norma API:
 - 1 conjunto de embudos para lodo
 - 1 viscosímetro con indicación directa (a manivela)
 - 1 prensa para filtrar
 - 1 balanza para lodo (con lectura directa de la densidad y la gravedad específica)
 - 1 conjunto para determinación del contenido de arena
 - 1 extractor de muestras para lodo bentonítico

- 8) Durante los trabajos de excavación, el CONCESIONARIO deberá proveer los medios necesarios para tomar muestras y medir la profundidad y el estado del fondo de la trinchera. El SUPERVISOR DE OBRA podrá requerir la verificación de la sección y la verticalidad, a cualquier profundidad de la excavación cuando lo considere necesario.

3 EJECUCIÓN

3.1 INSTRUMENTACIÓN DEL PANEL

1) El primer panel que se construya será monitoreado en cuanto a su estabilidad. Una vez finalizada la construcción del primer panel, se deberán construir los paneles a cada lado del mismo. Una vez finalizada la construcción de estos primeros tres paneles, los registros del monitoreo se remitirán al SUPERVISOR DE OBRA para su aprobación para proceder con la construcción del resto de la pared.

3.2 PAREDES GUÍA

1) Las paredes guía se construirán de manera tal que tengan una cimentación estable e impidan su desplazamiento durante la excavación de la zanja. La profundidad mínima de las paredes de guía será de 1,0m.

3.3 EXCAVACIÓN DE LOS PANELES

1) El CONCESIONARIO tomará todas las precauciones necesarias para asegurar la estabilidad de sus excavaciones y de sus paredes guía. Deberá mantener disponible para su uso inmediato una suficiente cantidad de lechada, como mínimo igual al volumen de dos excavaciones de paneles abiertas, preparadas con el tiempo mínimo anticipado necesario para la hidratación completa del polvo de bentonita.

2) Las piezas de obturación que se utilicen para ser insertadas en el panel antes de la colocación del hormigón deberán estar limpias y su superficie será lisa y regular. Deberán tener la resistencia y fijación necesarias para prevenir los movimientos horizontales durante el hormigonado y podrán ser retiradas después de comenzar con el hormigonado.

3) Se deberán colocar guías positivas sobre el equipo de zanjeo para asegurar que la excavación se realice en alineamiento vertical. El CONCESIONARIO deberá disponer de un equipo electrónico de control que pueda introducirse dentro del panel en excavación y permita obtener perfiles continuos de las cuatro paredes del panel. La precisión de este instrumento deberá ser al menos de 5 cm.

La verificación de la verticalidad se deberá efectuar rutinariamente, p.ej. cada 5 m de avance, y cuando se haya producido una discontinuidad en la tarea, debida a la remoción de una obstrucción o algún atascamiento de la herramienta, a fin de poder tomar las medidas correctivas conducentes a retomar el perfil de excavación teórico.

4) Si se encontrara una obstrucción durante la excavación, el CONCESIONARIO informará inmediatamente al SUPERVISOR DE OBRA, quien deberá autorizar el método que se utilizará

para eliminarla. El CONCESIONARIO deberá disponer de equipos capaces de romper bloques, capas cementadas y otras obstrucciones que pudieran aparecer durante la excavación.

5) El CONCESIONARIO deberá mantener el lugar limpio de lechada a satisfacción del SUPERVISOR DE OBRA, asegurando que su trabajo se desarrolle de manera tal que se reduzca al mínimo la posibilidad de derrames de lechada.

3.4 LODO BENTONÍTICO

1) Todo el lodo bentonítico deberá ser mezclado en planta, no permitiéndose el agregado de bentonita directamente en la excavación.

2) El polvo de bentonita se mezclará minuciosamente con el agua utilizando una mezcladora de alto rendimiento hasta que todos los terrones se rompan y se incorporen a la mezcla. Para determinar la proporción de bentonita que se incluirá en la lechada se deberán tener en cuenta sus propiedades reológicas para que la lechada sea suficiente para mantener la estabilidad de la excavación según las condiciones del suelo. La densidad de la lechada y la carga sobre el nivel de las aguas subterráneas deberán ser las apropiadas para asegurar la estabilidad de las excavaciones de zanjeo hasta su profundidad total.

3) Las características del lodo bentonítico serán de preferencia las que se indican en la tabla que sigue:

Parámetro	Caso de utilización			
	Lodo nuevo	Lodo cerca de la reutilización	Lodo antes del hormigonado	Norma de ensayo
Masa (g/ml)	<1,10	<1,25	<1,15	
Viscosidad Marsh (s)	32 a 50	32 a 60	32 a 50	API 13 B
Filtrat (ml)	<30	<50	No se aplica	API 13 B
pH	7 a 11	7 a 12	No se aplica	
% de arena (en vol.)	No se aplica	No se aplica	<4	API 13 B
Cake (mm)	<3	<6	No se aplica	API 13 B

Tabla 1. Características del lodo bentonítico

4) El CONCESIONARIO mantendrá la circulación y agitación permanente de la lechada durante la excavación antes de iniciar el hormigonado. Mantendrá la lechada lista para su utilización en todo momento, aún en los períodos en que se detenga el trabajo.

3.5 HORMIGONADO DE LOS PANELES

1) Antes de proceder al hormigonado con tolva y tubo "tremie", el CONCESIONARIO utilizará dispositivos de inspección en presencia del SUPERVISOR DE OBRA a fin de demostrar que el panel ha sido excavado completamente y que se ha retirado todo el material excavado y las sedimentaciones posteriores a la excavación. Se deberá retirar de la

excavación el hormigón que pudiera haberse deslizado durante la operación de hormigonado de un panel adyacente.

- 2) Todos los muros colados se deberán hormigonar hasta los siguientes niveles:
 - a) Hasta el tope de la pared guía; o
 - b) Cuando el tope del muro colado se encuentre por debajo del tope de la pared guía, el hormigón se colocará como mínimo hasta un nivel de 1,00 m por encima del nivel de diseño que consta en los Planos. Si el SUPERVISOR DE OBRA lo decide, esta altura adicional del muro deberá volver al nivel de diseño cuando la cara de la pared quede expuesta. El muro colado podrá ser construido hasta niveles superiores si se utilizara como soporte temporal.
- 3) Cualquier resto de bentonita que pudiera haber quedado dentro de la zanja una vez que se haya efectuado el hormigonado, será desplazado utilizando arena, grava o una mezcla pobre de cemento, según lo decida el SUPERVISOR DE OBRA. Este relleno llegará hasta el tope de las paredes guía.
- 4) La construcción se desarrollará dentro de las siguientes tolerancias:
 - a) La distancia mínima entre las paredes guía será la estipulada en el diagrama correspondiente al espesor mínimo de los muros colados más 25mm y la distancia máxima será la estipulada en el diagrama como espesor máximo más 50mm. Las paredes guía deberán ser apuntaladas según las necesidades para mantener estas tolerancias durante la construcción. La línea de referencia estará dada por la cara de la pared guía hacia la zanja y sobre el lado de la zanja más cercano a la excavación subsiguiente. Esta línea de referencia no variará de una línea recta o de un perfil especificado en más de +6 mm en 5.000 mm de longitud de pared y deberá mantenerse así para que no se produzcan cambios bruscos.
 - b) El plano de la cara expuesta del muro colado deberá ser vertical con una tolerancia vertical de 1 en 200. Además de esta tolerancia, se permitirá una tolerancia de 75 mm para salientes que se encuentren más allá de la cara de la pared como resultante de irregularidades en el terreno.
 - c) Cuando se prevean nichos o recesos para encastres e inserciones dentro del muro, se posicionarán dentro de una tolerancia horizontal y vertical (medidas en el plano del muro) de ± 25 mm para encastres ubicados a una profundidad de hasta 15 m desde el tope de las paredes guía. Para encastres ubicados a profundidades que excedan de 15 m, la tolerancia será de ± 100 mm.
 - d) Las tolerancias de posición de las barras de armadura serán las siguientes:
 - Tolerancia longitudinal en la cabeza de la jaula medida a lo largo de la excavación ± 25 mm.
 - Tolerancia vertical en la cabeza de la jaula en relación con el tope de la pared guía ± 25 mm.
 - e) En todos los niveles se mantendrá un recubrimiento mínimo de la armadura de 75mm.
- 5) Hormigonado con Tolvas

- a) La eliminación de material pesado contaminado con bentonita del fondo de la zanja, se podrá realizar mediante sistemas de bombas elevadoras por aire después de perfilada la excavación de la zanja. Se realizarán pruebas de densidad para asegurar que la densidad de la lechada cerca del fondo de la zanja sea inferior en 1,25 g/ml a la del hormigón antes de la colocación del mismo (ver tabla en el punto 3.4.3).
- b) Se comenzará el colado del hormigón con tolvas en los paneles excavados dentro de las 8 horas de finalizada la excavación de los mismos, y dentro de las 2 horas posteriores a la colocación de la jaula de refuerzo, continuando ininterrumpidamente con la operación de hormigonado. En caso de que se excedan estos tiempos límites, se deberá retirar la jaula de refuerzo, limpiar y proceder a la instalación nuevamente como medida de carácter excepcional (Avisar al SUPERVISOR DE OBRA).
- c) La colocación del hormigón en el panel se hará mediante, al menos, dos tubos, tipo "Tremie" o similar, de diámetro mínimo 6 veces el tamaño máximo o 200 mm, el que resulte mayor. Su disposición será tal que asegure un ascenso del hormigón lo más uniforme posible en toda la sección de hormigonado. Para su introducción, que es posterior a la colocación de las jaulas de armadura, éstas deberán tener previstos espacios libres continuos de al menos 50 x 50 cm en al menos una posición cada 2 metros de panel.
- d) El tubo de la tolva deberá estar limpio, ser a prueba de agua y con un diámetro adecuado para permitir el libre paso del hormigón. La longitud del tubo se extenderá hasta el fondo de la zanja.
- e) El CONCESIONARIO deberá asegurar la disponibilidad del equipamiento e infraestructura necesarios para garantizar que el hormigonado de cada panel se produzca en forma continua, sin interrupciones (las interrupciones excepcionales no podrán ser superiores a media hora), y manteniendo un nivel relativamente parejo de ascenso del hormigón en todos los tubos de hormigonado que se estén utilizando, con un caudal de colado de aproximadamente 15 m³/h en cada tubo.
- f) Los tubos se subirán durante el hormigonado cuidando que su extremo inferior esté siempre al menos 2 metros bajo la superficie ascendente de hormigón.

6) Evacuación de la Lechada

El CONCESIONARIO será responsable por la eliminación de la bentonita usada o contaminada o por la lechada contaminada que no resulte apta para su re-utilización. El CONCESIONARIO tomará las precauciones necesarias durante la utilización de la bentonita y durante el transporte de la misma desde y hacia la zona de Obra. La lechada contaminada deberá retirarse del lugar siguiendo las disposiciones indicadas por el SUPERVISOR DE OBRA y/o por las autoridades competentes.

ANEXO 06 – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.23 – Encofrado del hormigón

Índice

1	GENERALIDADES	3
1.1	ALCANCE.....	3
1.2	REFERENCIAS.....	3
2	PRODUCTOS	3
2.1	GENERALIDADES.....	3
2.2	TIPOS DE ENCOFRADOS.....	3
2.3	SEPARADORES DEL ENCOFRADO.....	4
3	EJECUCIÓN	4
3.1	GENERALIDADES.....	4
3.2	DIMENSIONAMIENTO DEL ENCOFRADO.....	4
3.3	CONSTRUCCIÓN.....	5
3.4	ANDAMIAJE O ESTRUCTURA PROVISORIA.....	6
3.5	RETIRO DE LOS MATERIALES DE ENCOFRADO Y ESTRUCTURA PROVISORIA.....	6
4	CONTROL DE CALIDAD	6

1 GENERALIDADES

1.1 ALCANCE

Esta Especificación Técnica tiene por objetivo establecer los requerimientos para el suministro de todos los materiales de trabajo, construcción, montaje y retiro de encofrados y estructuras provisionales para ejecutar las estructuras de hormigón armado de las obras.

1.2 REFERENCIAS

El Concesionario deberá ejecutar los trabajos de manera que se cumpla con lo dispuesto por la ley peruana, con las presentes Especificaciones Técnicas, y en el marco establecido por las Directivas, los Reglamentos y los Manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

En particular, los requerimientos para el control de calidad deben cumplir con el marco establecido por el siguiente manual para carreteras, que contiene mayor detalle para la presente Especificación Técnica para el proyecto específico:

Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) RD N° 03-2013-MTC/14 (16.02.2013) -

Para los Ensayos se deberá tener en cuenta el proyecto de Actualización del Manual de Ensayo de Materiales para Obras Viales (EM 2012) aprobado con RD N° 01-2013-MTC/14 (09.01.2013) y, además, el vigente Manual aprobado con RD N° 28-2001-MTC/15.17

Para el diseño, el Reglamento Nacional de Construcciones y, en particular, la Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado".

2 PRODUCTOS

2.1 GENERALIDADES

Los encofrados, apuntalamientos, andamios y toda estructura de carácter temporal serán contruidos con madera, chapas de acero, perfiles o tubos metálicos u otros materiales de características igualmente satisfactorias. La madera a utilizar deberá ser de material nuevo.

2.2 TIPOS DE ENCOFRADOS

1) **Encofrado Ordinario:** Los encofrados ordinarios serán de madera no cepillada, metal o cualquier otro material adecuado y aprobado. Este tipo de encofrado se usará cuando las superficies de hormigón no necesiten una terminación específica. También se usarán cuando las superficies de hormigón sean cubiertas con posterioridad con rellenos, otros hormigones o revoques.

2) **Encofrado para superficie pulida (terminación a la vista):** Los encofrados para superficie pulida serán requeridos en todas las estructuras hidráulicas, en superficies que quedarán expuestas a la vista en forma permanente o para elementos de hormigón premoldeados. Los encofrados serán resistentes y ajustados con precisión a las formas establecidas, se construirán de manera que la superficie de hormigón presente un aspecto liso y uniforme. Los encofrados se deberán construir con tablas planas de madera cepillada y de espesor uniforme, chapas de acero, madera terciada o compensada, paneles fenólicos u otros materiales, con

Contrato de Concesión del Proyecto "Línea 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao"

dimensiones regulares, con bordes escuadrados, en hojas dispuestas vertical u horizontalmente en una manera uniforme, que permitan obtener superficies lisas, durables y libres de defectos. No se permitirán defectos locales tales como madera terciada astillada o abolladuras en la chapa metálica. Las juntas en los encofrados deberán coincidir con los elementos arquitectónicos o cambios de dirección de la superficie. Previo a su utilización, todos los materiales tienen que ser aprobados por el Supervisor de Obra.

3) Los encofrados a utilizar para la superficie interior de los elementos premoldeados para el revestimiento del túnel se construirán con chapas de acero soldadas, respetando las tolerancias dimensionales especificadas en la ET 31 y ET 28.

2.3 SEPARADORES DEL ENCOFRADO

Los separadores de encofrados y armaduras deberán ser suficientemente rígidos para no sufrir deformaciones durante las etapas de montaje del encofrado y la colocación y compactación del hormigón fresco. Deberá utilizarse un tipo de separador que asegure la estanqueidad de la estructura. Previo a la compra de los separadores a utilizar estos deberán ser aprobados por el Supervisor de Obra.

3 EJECUCIÓN

3.1 GENERALIDADES

1) Se deberá usar encofrado para confinar y dar forma al hormigón en todos los casos en los que no se explicita lo contrario o cuando sea previamente acordado con el Supervisor de Obra.

2) El Concesionario asumirá completa responsabilidad del proyecto, cálculo y construcción de todo el sistema de encofrados con sus elementos de sostén y apuntalamiento. Estas estructuras temporales, hasta el momento de su remoción o sustitución por las permanentes, deben proporcionar el mismo grado de seguridad que estas últimas. Cualquier estructura temporal que, al exclusivo criterio del Supervisor de Obra, no presente la seguridad requerida o sea inadecuada para su función en cualquier sentido, deberá ser removida y reemplazada inmediatamente. El costo de esta operación lo cubrirá el Concesionario.

3) Se deberá estudiar e implementar las medidas necesarias para que los bordes de los encofrados sean ajustados y alineados correctamente para prevenir desplazamientos relativos de los mismos y defectos en la superficie del hormigón terminado.

4) Antes de colocar el hormigón, el interior de los encofrados deberá ser limpiado cuidadosamente para eliminar todo resto de tierra, lechada e impurezas diversas.

3.2 DIMENSIONAMIENTO DEL ENCOFRADO

1) Los encofrados serán resistentes, rígidos y suficientemente indeformables como para mantener las formas, dimensiones, niveles y alineamientos especificados en los planos de ejecución y garantizar las tolerancias de terminación requeridas. Sus superficies estarán libres de cualquier defecto y deberán ser estancos para evitar la pérdida de mortero durante las operaciones de hormigonado.

2) Las secciones y dimensiones de los encofrados se calcularán para resistir sin hundimientos, deformaciones ni desplazamientos perjudiciales y con toda la seguridad requerida, la combinación de los esfuerzos de cualquier naturaleza que produzcan las tensiones más desfavorables. Se deberán tener especialmente en cuenta los efectos ocasionados por los trabajos de colocación y compactación del hormigón fresco mediante vibración mecánica de alta frecuencia, las sobrecargas y otros esfuerzos dinámicos.

3.3 CONSTRUCCIÓN

1) Todas las superficies verticales de elementos de hormigón deberán ser encofradas excepto en los casos cuando el hormigón se coloque directamente en contacto con el suelo. El colado de hormigón sin encofrado y sin lodo bentonítico sólo será permitido en casos en que el suelo no sea susceptible de socavación o derrumbe, y cuando además el elemento a hormigonar sea de poca altura, no mayor que 1.50 m.

2) El encofrado de madera en mal estado deberá ser retirado del sitio de los trabajos, no se permite la utilización de madera mal estacionada ni los encofrados que hayan estado expuestos al viento y al sol durante un tiempo prolongado. Solamente con la aprobación previa del Supervisor de Obra se podrá reutilizar madera ya empleada, en este caso la misma se limpiará cuidadosamente, se extraerán los clavos, se verificará que las tablas sean rectas y sin combaduras. Se alisará con papel de lija o una lijadora hasta obtener una superficie de textura uniforme.

3) Para facilitar la Inspección y limpieza de los encofrados y la colocación y compactación del hormigón, se dejarán aberturas provisorias de formas y dimensiones adecuadas en el pie de cada etapa de hormigonado de muros, pilares y columnas y a distintas alturas y a distancias horizontales no mayores de 2,50 metros entre sí. Se procederá de la misma manera en todo encofrado profundo o de difícil acceso para inspección o limpieza.

4) En todos los casos, los separadores, bulones, pernos, y otros elementos metálicos que se utilicen como uniones internas para armar y mantener a los encofrados en sus posiciones definitivas, se dispondrán en forma tal que todo material metálico (incluso alambres) tengan los recubrimientos mínimos de hormigón que se indican para las armaduras. Previo a la compra de los separadores y accesorios a utilizar estos deberán ser aprobados por el Supervisor de Obra.

5) La remoción de las tuercas o extremos de los separadores u otro elemento de unión, sean metálicos o no, se realizará sin perjudicar la superficie del hormigón y de modo tal que las cavidades dejadas por aquellas sean del menor tamaño posible. El relleno de estas cavidades se realizará con mortero de razón agua/cemento menor o igual que el de la estructura y asegurando una perfecta adherencia con el hormigón endurecido. Se podrá proponer la utilización de otros materiales como por ejemplo: morteros especiales pre-elaborados de contracción controlada, masilla elástica poliuretánica, etc.

El procedimiento de aplicación y el material a utilizar deberá contar con la aprobación previa del Supervisor de Obra.

6) Si en los planos de construcción no se establece lo contrario, en todos los ángulos y rincones de los encofrados de estructuras expuestas se colocarán molduras de madera cepillada conformando un triángulo rectángulo con catetos de 2,30 cm.

7) El retiro de los encofrados, apuntalamientos y sus elementos de sostén se podrá realizar cuando el hormigón haya alcanzado el nivel de resistencia necesaria para que el elemento estructural tenga la capacidad portante suficiente para resistir las cargas actuantes en el momento de iniciar la remoción, con el grado de seguridad considerado en la Memoria de Cálculo.

8) Antes de iniciar las tareas de remoción, el Concesionario informará al Supervisor de Obra el programa de trabajos, la fecha en que propone realizar las tareas y la resistencia obtenida del hormigón. Los trabajos se iniciarán con la autorización previa del Supervisor de Obra.

9) Para sacar el encofrado se deberá proceder con mucho cuidado de manera de no causar ningún daño al hormigón. El encofrado deberá mantenerse en buenas condiciones, particularmente su forma, dimensiones, resistencia, rigidez, estanqueidad y suavidad de su superficie. Antes de colocar el hormigón, el encofrado deberá estar perfectamente limpio.

3.4 ANDAMIAJE O ESTRUCTURA PROVISORIA

1) El Concesionario será responsable del dimensionamiento, construcción, mantenimiento y seguridad de todo el andamiaje. Esto incluirá los andamios, pasarelas, escaleras y accesorios similares. 2) Todo el andamiaje deberá dimensionarse y construirse con la rigidez y resistencia necesaria para soportar con seguridad todas las cargas impuestas. El andamiaje que será usado para soportar la superestructura, deberá dimensionarse para soportar todas las cargas impuestas por ésta con el mismo grado de seguridad que la estructura definitiva. 3) El andamiaje deberá colocarse en fundaciones sólidas, con suficiente seguridad y protegidas de asentamientos en el suelo. Cuando el andamiaje sea soportado por una estructura existente, las cargas impuestas por el andamiaje deberán distribuirse de manera que no cause daño a ésta.

3.5 RETIRO DE LOS MATERIALES DE ENCOFRADO Y ESTRUCTURA PROVISORIA

Los elementos de encofrado, andamiaje y apuntalamiento quedarán como propiedad del Concesionario una vez terminada la obra, y se retirarán del emplazamiento a su cargo.

4 CONTROL DE CALIDAD

Para los hormigones colados in situ, las tolerancias dimensionales y de posición respecto a los valores indicados en los planos serán las siguientes:

1. Diferencia de nivel: en superficies horizontales o inclinadas se admitirá una variación máxima en las cotas de 5,0 mm en una longitud de 3,0 metros.

2. Alineación horizontal: se admiten desviaciones máximas de 5,0 mm en hasta 6,0 metros.

3. Alineación vertical: se admiten desviaciones de hasta 5,0 mm en 3,0 metros. 2

2) La tolerancia en las distancias "d" (en mm) entre paneles de encofrados no será mayor que $\pm 10 \sqrt{3 \times d}$, limitada a un valor máximo de 25,0 mm.

3) Los encofrados para el revestimiento interior del túnel deberán poder garantizar las tolerancias de terminación indicadas la ET 08 Servicios Topográficos.

ANEXO 06 – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.24 – Armaduras para hormigón

ÍNDICE

1	GENERALIDADES	3
1.1	ALCANCE	3
1.2	REFERENCIAS	3
1.3	CONTROL DE CALIDAD DE FÁBRICA	3
2	PRODUCTOS	4
2.1	MATERIALES	4
3	EJECUCIÓN	5
3.1	REQUISITOS GENERALES	5
3.2	POSICIONADO Y FIJACIÓN.....	5
3.3	RECUBRIMIENTO DE LA ARMADURA	6
3.4	ACOPIO E IDENTIFICACIÓN.....	6
3.5	ANCLAJE DE ARMADURAS EN PERFORACIONES:	6
3.6	COSTRUCCION DE ARTEFACTOS TEMPORALES CON TECNICA “SOFT-EYE”	¡Error! Marcador no definido.
4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RELACIONADAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

1 GENERALIDADES

1.1 ALCANCE

Esta Especificación Técnica tiene por objetivo establecer los requerimientos para el suministro de toda la mano de obra, los materiales y los equipos requeridos para la provisión y colocación de armaduras para todos los hormigones que constan en los planos y requeridos en el presente pliego de condiciones.

En todas aquellas situaciones de excavación mecanizada con TBM, todas las veces que sea necesario proceder a una demolición o retirada de dovelas prefabricadas, o entre pantallas, es útil sustituir la armadura metálica por una armadura sintética en fibra de vidrio, que puede ser cortada o demolida con los medios normales de excavación.

Dado que este tipo de armadura en fibra de vidrio no está normalizado se definirán las características y las normas de referencia para su empleo.

1.2 REFERENCIAS

El Concesionario deberá ejecutar los trabajos de manera que se cumpla con lo dispuesto por la ley peruana, con las presentes Especificaciones Técnicas, y en el marco establecido por las Directivas, los Reglamentos y los Manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

En particular, los requerimientos para el control de calidad deben cumplir con el marco establecido por el siguiente manual para carreteras, que contiene mayor detalle para la presente Especificación Técnica para el proyecto específico:

Manual de Carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013) RD N° 03-2013-MTC/14 (16.02.2013) - CAPITULO V DRENAJE Sección 504 Acero de refuerzo

Para los Ensayos se deberá tener en cuenta el proyecto de Actualización del Manual de Ensayo de Materiales para Obras Viales (EM.2012) aprobado con RD N° 01-2013-MTC/14 (09.01.2013) y, además, el Manual vigente aprobado con RD N° 28-2001-MTC/15.17

Para el diseño, el Reglamento Nacional de Construcciones y, en particular, la Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado".

Para la armadura en fibra de vidrio, las normas italianas CNR DT203/2006. "Instrucciones para el proyecto, ejecución y control de estructuras de hormigón armado con barras de FRP (material fibro reforzado)"

American Concrete Institute (ACI), 440-1 R 03, 2003 " Guías para el diseño, ejecución y control de estructuras de hormigón armado con barras de material compuesto fibroreforzado"

1.3 CONTROL DE CALIDAD DE FÁBRICA

1) El CONCESIONARIO deberá proveer al SUPERVISOR DE OBRA una copia certificada del informe con la evaluación estadística del control de calidad en fábrica del acero para las armaduras, en el que se indique los resultados de los ensayos físicos y mecánicos y del

análisis químico correspondiente a cada tipo de acero, con una antelación de como mínimo 5 semanas antes de comenzar con el trabajo de doblado de las barras de acero.

2) Al momento de su solicitud, se deberá informar al SUPERVISOR DE OBRA sobre la fuente propuesta del material a suministrar.

2 PRODUCTOS

2.1 MATERIALES

1) Las barras y mallas de acero utilizados en la construcción de estructuras de hormigón armado, cumplirán los requisitos establecidos en las siguientes normas

Barras de refuerzo

Deberán cumplir con la más apropiada de las siguientes normas, según se establezca en el proyecto: AASHTO M-31 y ASTM A-706.

Cuando en los planos del proyecto está prevista barras de refuerzo galvanizado, ésta debe cumplir la norma ASTM - A767.

Alambre y mallas de alambre

Deberán cumplir con las siguientes normas AASHTO, según corresponda: M-32, M-55, M-221 y M-225.

2) Tipos de Acero a utilizar:

1. Barras de acero conformadas, de dureza natural (ADN-420), o de dureza natural soldables (ADN-420 S), con las siguientes características mecánicas:

- Resistencia característica a la tracción: $\beta_z \geq 5000 \text{ kg/cm}^2 = 500 \text{ MN/m}^2$
- Tensión de Fluencia característica: $\beta_s \geq 4200 \text{ kg/cm}^2 = 420 \text{ MN/m}^2$

2. Armadura de Acero Dúctil (AL-220)

- Resistencia característica a la tracción: $\beta_z \geq 3400 \text{ kg/cm}^2 = 340 \text{ MN/m}^2$
- Tensión de fluencia característica: $\beta_s \geq 2200 \text{ kg/cm}^2 = 220 \text{ MN/m}^2$

3. Mallas de Acero Soldadas (AM-500)

- Resistencia característica a la tracción: $\beta_z \geq 5500 \text{ kg/cm}^2 = 550 \text{ MN/m}^2$
- Tensión de fluencia característica: $\beta_s \geq 5000 \text{ kg/cm}^2 = 500 \text{ MN/m}^2$

3) Los aceros normalizados cuya identificación y características no se incluyen arriba, podrán utilizarse con autorización del SUPERVISOR DE OBRA, en aquellos casos en que su empleo resulte compatible con las características de servicio de la estructura y se haya justificado satisfactoriamente el método de cálculo utilizado.

3 EJECUCIÓN

3.1 REQUISITOS GENERALES

1) Las armaduras se deberán colocar con precisión de la manera que se muestra en los planos de proyecto detallado y deberán ser soportadas y atadas para prevenir cualquier desplazamiento. Antes de colocar las armaduras en elementos estructurales de fundación, se deberá ejecutar un hormigón de limpieza y nivelación sobre el suelo de apoyo, el que será previamente limpiado, compactado y alisado y luego cubierto por una capa de no menos de 10,0 cm de espesor de hormigón simple de calidad no inferior a un H-21.

2) Empalmes de armaduras solamente se deberán usar en las localizaciones que se muestra en los planos de proyecto detallado. Si es necesario hacer empalmes en otros puntos, esta localización deberá ser aprobada por el SUPERVISOR DE OBRA. Se prohíbe el contacto de barras de distintas características o tipos de acero con otros elementos metálicos, a los efectos de evitar la posibilidad que se originen fenómenos de corrosión.

3) Las varillas de acero deberán en todo momento mantenerse protegidas de condiciones que puedan causar corrosión antes de que estas se coloquen en el hormigón. Se tendrá especial cuidado en asegurar que todas las armaduras y sus ataduras o cualquier elemento metálico en contacto con ellas queden protegidos mediante el recubrimiento mínimo de hormigón establecido en cada caso.

4) Las superficies de la armadura deberán limpiarse completamente de manera que al iniciar el hormigonado las mismas se encuentren libres de cualquier residuo de mortero, pasta de cemento, polvo, grasas, aceites, óxido, mugre o cualquier otra sustancia extraña capaz de reducir la adherencia hormigón-acero. Si hay alguna demora en la colocación del hormigón, la armadura deberá ser inspeccionada nuevamente y limpiada si fuese necesario.

Antes de hormigonar se deberá obtener la aprobación del SUPERVISOR DE OBRA del material de refuerzo y su colocación.

5) Los detalles constructivos de las armaduras (longitudes de anclaje y empalme, dimensiones de ganchos, diámetro de los mandriles de doblado, separaciones entre barras, etc.) responderán a lo establecido en el Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado".

6) Sólo se permitirá la soldadura de barras de acero de dureza natural soldable. Los trabajos de soldadura se harán de acuerdo con la Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado" y el personal deberá estar calificado.

3.2 POSICIONADO Y FIJACIÓN

1) Las barras que constituyen la armadura principal se vincularán firmemente con los estribos y las barras de repartición o zunchos de manera tal que garantice su inmovilidad.

2) Después de verificada su forma y dimensiones, las armaduras se colocarán en las posiciones indicadas en los planos o planillas, con una tolerancia de ± 5 mm (cinco milímetros) en todas sus direcciones en relación a su posición teórica.

3) Para asegurar el mantenimiento de las posiciones definitivas de las armaduras y las separaciones establecidas entre las barras y el encofrado durante la colocación, compactación

y terminación del hormigón y durante su fraguado y endurecimiento, se deberá colocar la cantidad suficiente de soportes y espaciadores de formas, espesores, rigideces y resistencias adecuadas. Estos elementos que podrán ser metálicos, de mortero, material plástico, etc. deberán ser presentados para su aprobación al SUPERVISOR DE OBRA. No se permite el empleo de trozos de ladrillos, partículas de agregados, trozos de madera, plásticos.

4) Todos los cruces de barras deben ser atados o asegurados en forma adecuada para garantizar su inmovilidad cuando la separación entre ellos sea igual o mayor de 30 cm, caso contrario las intersecciones se atarán alternadamente.

5) Para prever el empleo de vibradores internos para compactar el hormigón, la separación entre las barras de acero de las armaduras se dispondrán de manera tal que permitan introducir el vibrador libremente en todas las partes que así lo requieran.

3.3 RECUBRIMIENTO DE LA ARMADURA

1) Se entenderá por recubrimiento a la distancia libre comprendida entre el punto más saliente de cualquier armadura, principal o secundaria o cualquier elemento metálico, inclusive los alambres de atar, que tengan contacto con alguna barra de acero, y la superficie externa de hormigón más próxima. No se considera parte del recubrimiento las capas de limpieza, revoques u otros materiales de terminación. El hormigón de recubrimiento se moldea conjuntamente con el elemento estructural y debe ser compacto y de espesor suficiente para proteger al acero en forma duradera.

2) En ningún caso el recubrimiento de la armadura será mayor que 50 mm, sin que se coloque una malla de acero entre la armadura y la superficie libre del hormigón para controlar la fisuración del recubrimiento.

3.4 ACOPIO E IDENTIFICACIÓN

1. Las barras y mallas de acero para armaduras se acopiarán de manera que:

- a) se impida el mezclado de barras o mallas de distintos tipos, diámetros o partidas.
- b) Estarán separados del piso por lo menos por una distancia de 15 cm. El sector de acopio debe tener un piso firme y estable.
- c) El período máximo de exposición a la intemperie no será mayor de 60 días.

2. Cada partida de barras y malla de acero que ingrese al obrador tendrá que tener su certificado de calidad de fábrica y se identificará con el mismo número de remito de envío, y el tipo y diámetro, colocados en un cartel visible, sujeto en el espacio en que están contenidas.

3.5 ANCLAJE DE ARMADURAS EN PERFORACIONES:

Cuando se deban anclar armaduras en perforaciones a realizar en un hormigón existente, se emplearán morteros epoxídicos, tipo Sikadur 42 Mortero autonivelante o similar, siguiendo el siguiente procedimiento de ejecución:

1) El diámetro de las perforaciones será por lo menos un rango superior al de la armadura que se va a anclar.

- 2) La perforación se hará levemente inclinada para facilitar el llenado con el mortero y se limpiará cuidadosamente antes de ser rellena con el mortero epoxy.
- 3) La barra a anclar se colocará en la perforación luego del llenado de la misma con el material adherente.