

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



TESIS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS
CONSTRUCTIVOS PARA ESTACIÓN
SUBTERRÁNEA CON PILOTES ESPACIADOS Y
MUROS PANTALLA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

RAY LUTTER RAMOS DELGADO

ASESOR

Dr. CÉSAR ALFREDO FUENTES ORTIZ

LIMA- PERÚ

2020

© 2020, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos”**

Correo: luther.uni.ksi@gmail.com

Teléfono: 014268194

965221015

RESUMEN

La presente tesis trata sobre el análisis comparativo de dos procesos de construcción para una estación subterránea, para tal fin se toma como caso de estudio la estación típica Hermilio Baldizan del proyecto de la línea dos del metro de lima, del cual se detallan los costos de las partidas ejecutadas y la duración real, del mismo modo se muestra el actual proceso de construcción detallando cada etapa en el proceso constructivo, luego se muestra una alternativa de construcción tomando experiencias internacionales en la construcción de estaciones subterráneas. Para este fin se muestra el procedimiento constructivo de estaciones subterráneas en la que el elemento de contención para realizar las excavaciones son pilotes y shotcrete o concreto lanzado; para este método de construcción se muestran las partidas de construcción, el costo y la duración del mismo. Finalmente se muestran los resultados y la comparación tanto de costo de construcción y plazo de obra obteniéndose de esta manera que, el actual método de construcción demora en la ejecución de la caja de estación o también llamado casco estructural un total de 320 días calendarios, un costo contractual solo para esta etapa de \$ 17,653,000.86 sin incluir IGV. Del mismo modo se tiene que la alternativa de construcción planteada tiene una duración de 337 días calendarios y un costo estimado de \$ 15,878,328.16 de esta manera podemos mostrar como resultado final que el actual método de construcción tiene una duración menor 17 días calendarios, su costo de ejecución es mayor en \$ 1,774,672.70 finalmente se mencionan las ventajas que se tienen a ejecutar estaciones con el método de pilotes espaciados.

ABSTRACT

This thesis is about a comparative analysis of two constructing processes of a subway. To achieve this purpose, the typical Hermilio Baldizan Station, part of the second-phase Lima Subway project has been chosen as the subject of study. Costs of executed work consignments and their actual duration are detailed, as well as the current constructing process detailing every step among the constructing process. Then a constructing alternative is shown taking experiences abroad in subways where the retaining element to perform excavations are pilings or shotcrete. Work consignment costs and duration are shown for this method too. Finally, results are displayed, as well as comparisons for constructing costs and work duration, obtaining by this means, that the current constructing method lasts 320 calendar days to carry out the construction of the station box, also called structural hull, demanding also a contract cost of \$ 17,653,000.86 not including taxes, only for this stage. Likewise, it will be shown that the presented constructing alternative would last 337 calendar days and an estimated cost of \$ 15,878,328.16; in this way we can demonstrate as a final result that using the current method it would take 17 calendar days less to be constructed, and its cost would be \$ 1,774,672.70 more expensive. Finally, the advantages of constructing subways with the spaced pilings method are mentioned.

Dedicatoria

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias madre y padre.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del Ing. Cesar Alfredo Fuentes Ortiz, como asesor de esta Tesis, que con su retroalimentación pude culminar el presente trabajo de forma satisfactoria, también a la Universidad Nacional de Ingeniería por acogerme en sus instalaciones durante el tiempo que demoró la realización del trabajo de investigación.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
LISTA DE TABLAS	3
LISTA DE FIGURAS	5
PRÓLOGO	6
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	8
1.1 Planteamiento y formulación del problema	8
1.2 Objetivos de la investigación	8
1.2.1 Objetivo general	8
1.2.2 Objetivos específicos.	8
1.3 Justificación e importancia.....	9
1.4 Alcances y limitaciones.....	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1 Obras subterráneas	11
2.1.1 Casco estructural de estaciones subterráneas.	11
2.1.2 Cimentación con Pilotes.....	12
2.2 Equipo de perforación.....	19
2.3 Pantallas	20
2.4 Equipos usados para ejecutar pantallas	21
2.5 Cuchara bivalva	21
2.5.1 Método Constructivo Cut and Cover modalidad de top down.....	22
2.5.2 Método Constructivo Cut and Cover modalidad bottom up.....	24
2.6 Estabilización con shotcrete.	25
2.7 Constructabilidad en obras	25
CAPITULO III: METODO CONSTRUCTIVO CON PILOTES ESPACIADOS	27
3.1 Trazo en superficie de la caja de estación y pilotes	29
3.2 Ejecución de pilotes.....	29
3.2.1 Ejecución de perforación.....	31
3.2.2 Colocación de armadura.	32
3.2.3 Colocación de concreto con tubo tremie.	34
3.3 Criterios para descabezado superficial de pilote	34
3.4 Excavación a nivel de losa superior o losa de cubierta.	36

3.5	Descabezado de pilotes.	36
3.6	Ejecución de viga de coronación.....	37
3.7	Ejecución losa de cubierta.....	38
3.8	Excavación por debajo de losa de cubierta.	40
3.9	Estabilización entre pilotes con shotcrete.	40
3.10	Anclaje de pilotes.....	41
3.11	Ejecucion de losa de fondo.....	42
3.12	Ejecucion muro hasta losa de vestibulo.	42
3.13	Ejecucion de la losa del nivel vestibulo.	43
3.14	Ejecucion muro hasta losa de cubierta.	44
3.15	Equipos.	44
3.16	Materiales.....	45
3.17	Programacion.....	45
3.18	Costos.	47
CAPITULO IV: METODO CONSTRUCTIVO CON PANTALLAS CONTINUAS ..		48
4.1	Antecedentes y descripción del proyecto.....	48
4.2	Procedimiento de construcción con pantallas continuas.....	49
4.2.1	Procedimiento a seguir.....	50
4.2.2	Programación para ejecutar las pantallas.	50
4.2.3	Equipos.....	59
4.2.4	Materiales	60
4.2.5	Programación	60
4.2.6	Costos.....	62
CAPITULO V: COMPARACION DE COSTOS Y TIEMPOS DE LOS METODOS PLANTEADOS.		63
5.1	Análisis comparativo de las alternativas.	63
CONCLUSIONES		67
RECOMENDACIONES.....		68
BIBLIOGRAFÍA		70
ANEXOS		71
ANEXO 1		71
ANEXO 2		73

LISTA DE TABLAS

Tabla 01: Resumen de Costos de la Alternativa 2.....	47
Tabla 02: Resumen de Costos del Escenario actual.	62
Tabla 03: Cuadro de Comparación entre alternativas.	63
Tabla 04: Resumen comparativo de alternativas.....	64
Tabla 05: Resumen comparativo escenario actual y alternativa 2.	65
Grafico: Tabla comparativa del costo de ejecución con pantallas continuas y pilotes espaciados.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Vista isométrica de una estación tipo caverna.	12
Figura 2.2: Cimentación con pilotes.	13
Figura 2.3: Pilote con camisa recuperable	13
Figura 2.4: Vaciado con tubo Tremie	15
Figura 2.5: Elementos para ensayo Cross hole	15
Figura 2.6: Tubos sónicos para ensayo Cross hole	16
Figura 2.7: Tubos sónicos para ensayo Cross hole	17
Figura 2.8: Resultados de ensayo Cross hole	17
Figura 2.9: Ejecución de ensayo PIT.....	18
Figura 2.10: Lodo Ventonitico	19
Figura 2.11: Equipo de perforación de pilotes.....	20
Figura 2.12: Cuchara bivalva	21
Figura 2.13: Pantallas continuas de concreto armado.....	22
Figura 3.1: Ubicación y delimitación de la estación Hermilio Valdizán.....	29
Figura 3.2: Pozos de lodo ventonítico	30
Figura 3.3: Procedimiento para ejecutar pilotes.....	31
Figura 3.4: Excavación para ejecutar pilote	32
Figura 3.5: Colocación de armadura	33
Figura 3.6: Extracción de tubo tremie.....	34
Figura 3.7: Vaciado de concreto por tubo tremie	35
Figura 3.8: Pilotes espaciados.....	36
Figura 3.9: Pilotes espaciados.....	36
Figura 3.10: Descabezado de parte del pilote contaminado.....	37
Figura 3.11: Viga de coronación.....	38
Figura 3.12: Montaje de vigas prefabricadas para la losa de cobertura.....	39
Figura 3.13: Vaciado de concreto sobre elementos prefabricados para la losa de cobertura.	39
Figura 3.14: Excavación por debajo de losa.	40
Figura 3.15: Estabilización de pilote	41
Figura 3.16: Excavación hasta el fondo de losa.	41
Figura 3.17: Ejecución de losa de fondo.	42

Figura 3.18: Construcción del muro de sostenimiento definitivo.	43
Figura 3.19: Vaciado de la losa de vestíbulo.	43
Figura 3.20: Ejecución de muro hasta nivel de losa de cubierta.	44
Figura 3.21: Cronograma de actividades de la Alternativa 2.	46
Figura 4.1: Ubicación y delimitación de la estación Hermilio Valdizán.	48
Figura 4.2: Excavación hasta el nivel de muros guía.	50
Figura 4.3: Vista de murete guía.	51
Figura 4.4: Ejecución de panel 1.	51
Figura 4.5: Ejecución de panel 2.	52
Figura 4.6: Ejecución de panel 3.	52
Figura 4.7: Ejecución de pilotes.	53
Figura 4.8: Ejecución de excavación hasta nivel inferior a losa de fondo.	53
Figura 4.9: Ejecución de solado y colocación de encofrado.	54
Figura 4.10: Ejecución de losa de cubierta.	54
Figura 4.11: Ejecución de solado para losa de cubierta.	55
Figura 4.12: Excavación por debajo de la losa de cubierta.	56
Figura 4.13: Ejecución de losa.	57
Figura 4.14: Fases de ejecución de losa de vestíbulo.	57
Figura 4.15: Excavación entre losa de vestíbulo y losa de fondo.	58
Figura 4.16: Ejecución de losa de fondo.	59
Figura 4.17: Cronograma de actividades del escenario actual.	61
Figura 5.1: Cronograma alternativa 2 y actividades que varían con respecto al escenario actual.	65

PRÓLOGO

La presente investigación muestra, describe y analiza la construcción de una estación subterránea, que es parte importante en la construcción de líneas de metro subterráneas, para luego mostrar la alternativa para la construcción de este tipo de estructuras a nivel de caja de estación, esto implicaría que se deja la estructura lista para iniciar la parte arquitectónica, construcción de accesos, construcción de salidas de emergencia y el equipamiento electromecánico.

El objetivo principal de la presente investigación es analizar y comparar el actual procedimiento constructivo de la estación Ermilio Valdizan del proyecto Línea 2 y el ramal av. Faucet – Av. Gambeta – etapa 1- A con la alternativa constructiva con pilotes espaciados, para mostrar las ventajas en plazos de ejecución y costo de obra, ayudando de este modo a aumentar el panorama en cuanto a la construcción de este tipo de estructuras, mejorar plazos de obra durante la construcción y también reducir los costos de construcción.

En el Primer capítulo de la presente investigación se muestran los aspectos generales en el que se plantea y formula el problema, también se establecen los objetivos, alcances y limitaciones.

En el Segundo capítulo se presenta el marco teórico, en el que se tratan las construcciones subterráneas, se trata también cimentaciones con pilotes, que será usado en el método constructivo con pilotes espaciados, dentro de estas se detalla los tipos de pilotes; también se trata la construcción de pantallas continuas y los tipos que existen, estos serán usados en el método constructivo con pantallas continuas.

El Tercer capítulo presenta el método constructivo con pilotes espaciados en el que se desarrolla el procedimiento a seguir para ejecutar estaciones subterráneas con este método constructivo, se plantea también la duración y el costo de obra en este caso.

El Cuarto capítulo presenta la metodología de construcción con pantallas continuas, en este caso se presenta la secuencia de construcción de pantallas y la secuencia de construcción para la estación subterránea, se plantea también la duración real y el costo de ejecución

El Quinto capítulo presenta la parte más importante de la tesis en el que se hace una comparación del método constructivo con pilotes espaciados y el método constructivo con pantallas continuas, y se muestran las diferencias en plazo de ejecución y las diferencias en costo de obra, planteando también las ventajas comparativas de cada método y sus diferencias en cada fase de ejecución.

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones que se desprenden de los resultados de la presente tesis, esperando sea de gran aporte para la bibliografía de la Facultad de Ingeniería Civil en el Perú.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento y formulación del problema

En la construcción de estaciones subterráneas uno de los principales problemas que podemos encontrar está referido a los métodos de construcción, pues no se encuentra ratios para hacer un buen planeamiento. Por otro lado, esta la incertidumbre, pues no se sabe cuánto dura cada actividad tampoco las restricciones que existen, esto es debido a que no se cuenta con experiencias nacionales sobre la ejecución de excavaciones masivas con estos métodos, tales como, la excavación con pantallas continuas o la excavación con pilotes espaciados sostenidas con shotcrete. Entonces ante ello es necesario realizar una comparación entre distintas alternativas constructivas, sin embargo, en la presente investigación se hará la comparación entre el método de muros pantallas y pilotes espaciados; ante esto nos planteamos la siguiente pregunta: ¿la ejecución de estaciones subterráneas con el método de pilotes espaciados tiene ventajas en costo de obra y plazo de ejecución con respecto a la estación construida con muros pantalla?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

- Analizar y comparar el método de construcción para metros subterráneos con el método de pilotes espaciados y la excavación mediante muros pantalla, comparando el costo de obra y plazo de ejecución

1.2.2 Objetivos específicos.

- Mostrar el método de construcción mediante pilotes espaciados.
- Mostrar el método de construcción mediante pantallas continuas.
- Comparar los métodos planteados y plantear las ventajas en plazo de ejecución y costo de obra entre los dos métodos: el método pilotes espaciados y el método con muros pantallas.

1.3 Justificación e importancia

Mostrar los plazos de ejecución y el costo de obra para la construcción de estaciones con pantallas continuas y su alternativo que es la construcción con pilotes espaciados, ayudará notablemente a la planificación en futuros proyectos subterráneos en áreas urbanas, en nuestro país se está construyendo la Línea 2 del metro que contempla infraestructuras importantes tales como Estaciones subterráneas, pozos de ventilación, pozos de ataque, túnel con distintos métodos, entre otros, sin embargo, la normativa peruana no establece claramente los parámetros de diseño para estaciones subterráneas de metros, ni sus características como: dimensiones, profundidad, criterios de aceptación, etc. La presente tesis muestra el análisis de dos alternativas para la construcción de una estación subterránea típica, por lo que será de ayuda para tomar decisiones, también servirá de base para futuras investigaciones relacionadas al tema.

1.4 Alcances y limitaciones

Se mostrará el proceso constructivo para una estación subterránea típica, que se construirá en un entorno urbano, propuesto por el consorcio Constructor Metro 2 Lima y otra alternativa constructiva utilizadas en metros subterráneos como: La Línea 1 del metro de Panamá y la Línea 5 del metro de Sao Paulo en Brasil. Solo a nivel de casco estructural, además de los procedimientos constructivos utilizados en estructuras mediante el método cut and cover modalidad de Arriba hacia Abajo, usado en la obra plaza nueva, que es la construcción de la estructura permanente desde la superficie hacia el fondo, para ello haremos uso de la información recopilada de las publicaciones de Pro inversión para el proceso de Licitación del proyecto en ejecución (ver bibliografía), el EDI (estudio de ingeniería) para estaciones desarrollada por el Consorcio Constructor Metro 2 Lima¹, así como también la Información sobre el proceso constructivo del Metro Línea 1 de Panamá y por último la ejecución del proyecto plaza nueva, además consideraremos para la tesis la utilización de fuentes de información diversas como libros, revistas y páginas web, las cuales están en la bibliografía de la

¹ Consorcio Constructor Metro 2 Lima (CCM2L), consorcio conformado por parte de España (Dragados y FCC), por parte de Italia (Salini Impregilo) y por parte de Perú (COSAPI), responsables de la etapa de construcción del megaproyecto: Metro de Lima, Línea 2 y ramal de la Línea 4.

presente tesis; en esta tesis no se desarrolla los estudios de ingeniería y/o diseño de estaciones subterráneas.

El alcance está a nivel de caja de estación, lo que quiere decir que no se consideran los accesos, salidas de emergencia, ductos de ventilación, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, entre otros.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Obras subterráneas

Las obras subterráneas son construcciones que se desarrollan por debajo del terreno natural; para ejecutar estas obras es necesario tener un conocimiento de la geología sobre el cual se emplazará la obra, conocer el comportamiento del terreno a la hora de ejecutar estas obras, requiriéndose de un monitoreo de los trabajos. Existen diversos tipos de obras subterráneas tales como: metros subterráneos, estaciones subterráneas, galerías, túneles, pozos, entre otros.

2.1.1 Casco estructural de estaciones subterráneas.

Se define como casco estructural de estaciones subterráneas a la estructura de la estación que está lista para recibir los trabajos complementarios como, arquitectura, instalaciones electromecánicas, instalaciones sanitarias y salidas de emergencia o salidas de ventilación.

De acuerdo a su construcción existen estaciones tipo caverna y Cut and Cover.

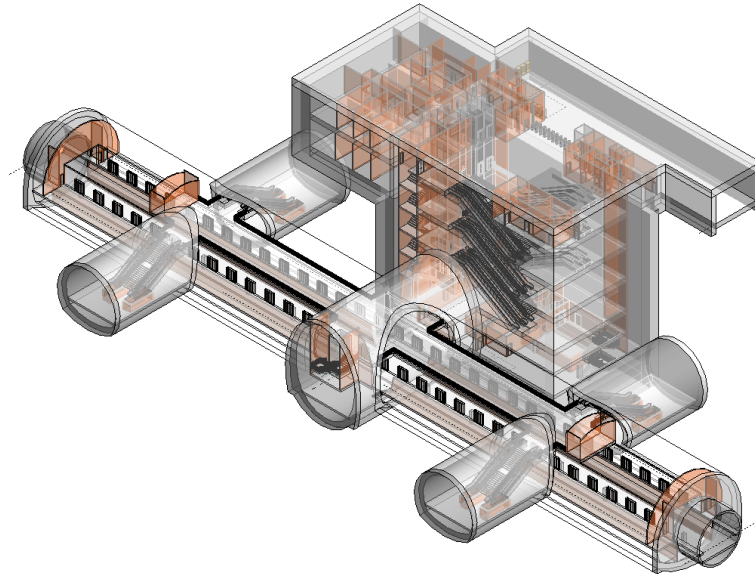
Con respecto al método constructivo cut and cover se puede definir como un método de construcción para estaciones subterráneas que consiste en realizar la excavación desde arriba hacia el abajo y que posteriormente será cubierta para restablecer la superficie, este método presenta dos modalidades que son cut and cover dirección top-down y cut and cover dirección bottom-up, “El método Cut&Cover dirección Top-Down es la solución adoptada para la excavación de las varias tipologías de estación, donde está prevista una excavación profunda hasta el nivel inferior de la estación, para luego completar la obra con las estructuras permanentes” (Proinversión, 2013).

Con respecto al método constructivo tipo caverna, tenemos que la construcción de este tipo de estaciones necesita un pozo y una galería de acceso para ingresar al andén de pasajeros; en cuanto a la utilización de esta tipología se puede mencionar lo indicado por pro inversión:

Esta tipología se utiliza en contextos urbanos muy antropizados sin posibilidad de amplias áreas superficiales, que por eso no permiten grandes excavaciones a

nivel de calle. También esta tipología se utiliza en todas aquellas situaciones donde hay muchos elementos afectados por el trazo que hay que estudiar en detalle. En todos estos casos es necesario reducir al máximo la superficie de excavación a nivel de calle, de tal forma que sea compatible insertar las estructuras en el tejido urbano. (Proinversión, 2013).

Figura 2.1: Vista isométrica de una estación tipo caverna.



Fuente Pro inversión (2013)

2.1.2 Cimentación con Pilotes

La cimentación con pilotes se define como cimentaciones de concreto armado conformados in situ, mediante pilotes, la ejecución se da con equipos de perforación que generalmente dejan la excavación en forma circular, estas excavaciones son rellenas con armaduras y concreto, conformando de esta manera el concreto armado, que está de acuerdo a la norma europea UNE EN 1536:2011- pilotes perforados.

Figura 2.2: Cimentación con pilotes.



Fuente pilotes retrates, obra mistral nueva Las Condes, chile

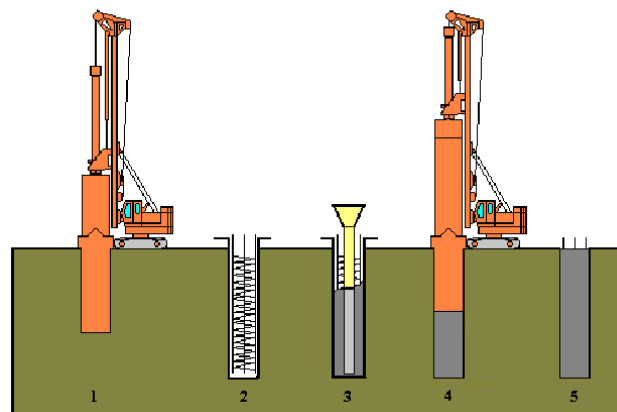
Tipos de pilotes.

Existen una variedad de pilotes, en la presente tesis describiremos algunos tipos de pilotes las cuales son:

Pilote con camisa recuperable.

También llamado pilote con entubación recuperable, esto quiere decir que la camisa metálica usada para evitar la contaminación del concreto es recuperable a medida que se está vaciando el concreto, esta camisa es siempre de acero.

Figura 2.3: Pilote con camisa recuperable



Fuente: estudio de ingeniería metro de panamá 2011.

Pilotes sondeados

Es el pilote en donde la entubación se introduce en el terreno, extrayendo al mismo tiempo los productos de su interior mediante medios mecánicos, pudiendo ser esta cuchara, sonda o cualquier otro método.

Pilote de entubación abierta

Es pilote en donde la entubación o camisa metálica no tiene fondo y puede ser introducida en el terreno por hinca o medios mecánicos alternativos.

Diámetro nominal del pilote

Es el diámetro medio de perforación realizada en la zona superior del pilote. Se considera como zona superior del pilote la longitud que va desde su extremo superior hasta tres diámetros por debajo del mismo.

Vaciado con metodología tremie.

Es la colocación de concreto en pilotes mediante flujo inverso, esto quiere decir que se usa un medio líquido, lodo ventonítico, para verter el concreto cuando se ha finalizado la excavación, de tal manera que el concreto se carga por una tolva o es bombeado, en forma continua dentro de una tubería que es llamada tremie, deslizándose hasta el fondo y desplazando el lodo ventonítico e impurezas hacia la superficie, el tubo tremie llega hasta el fondo de la perforación o excavación antes de iniciarse el vertido del concreto. Al inicio se debe elevar algunos centímetros para iniciar el flujo del concreto y asegurar un buen contacto entre el hormigón y el fondo de la perforación.

Figura 2.4: Vaciado con tubo Tremie

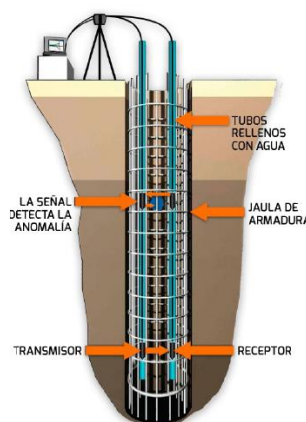


Fuente: Obra Línea 2 del metro de lima

Ensayos ultrasónicos Cross Hole

Es un método para determinar la calidad del pilote vaciado mediante tubos tremie el cual consiste en registrar el tiempo que tarda una honda ultrasónica en propagarse de un punto de emisión hasta un punto de recepción, estas ondas se desplazan simultáneamente por los tubos paralelos instalados previamente sujetos de la armadura del pilote, generalmente este ensayo es realizado después de 7 días del vaciado del pilote.

Figura 2.5: Elementos para ensayo Cross hole



Fuente: Pilotes terratest

Figura 2.6: Tubos sónicos para ensayo Cross hole



Fuente: obra Línea 2 del metro de lima

Ensayo de perfilaje sónico CSL (Cross hole)

Este ensayo consiste en bajar dos sensores uno por cada tubo instalado previamente en el pilote, un sensor es emisor y el otro es receptor, el tubo tiene que estar lleno de agua; el ensayo se inicia con la emisión de una onda de pulso ultrasónico y este se propaga por la estructura del pilote y es captada por el sensor receptor, esta medición se hace a lo largo de todo el tubo, en ellas se miden los tiempos transcurridos entre emisión y recepción de onda.

Estas mediciones se hacen tomando las combinaciones de todos los tubos sónicos colocados tomados de dos en dos.

Figura 2.7: Tubos sónicos para ensayo Cross hole

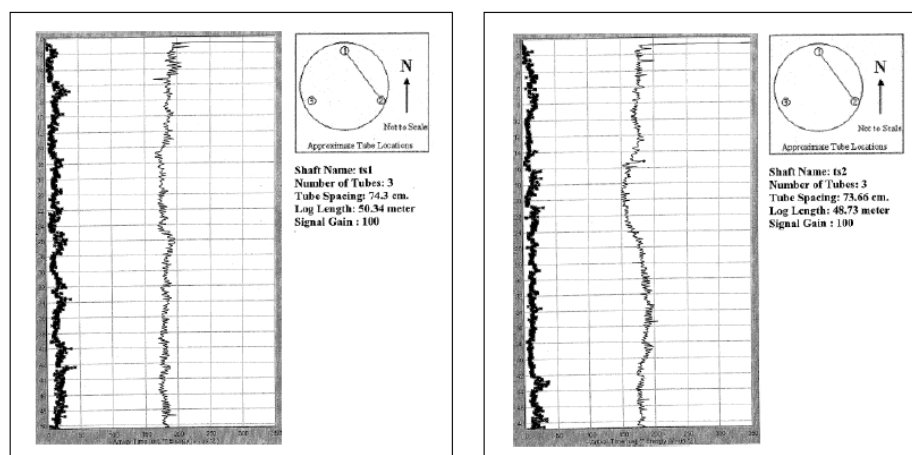


Fuente: obra Línea 2 del metro de lima

Resultados del ensayo Cross hole

Como resultado este ensayo nos brinda la calidad de concreto instalado, pues se puede identificar anomalías, el cual puede indicar deficiencias en la colocación del concreto en el pilote; con este ensayo se puede validar o rechazar el concreto colocado y el procedimiento de ejecución

Figura 2.8: Resultados de ensayo Cross hole

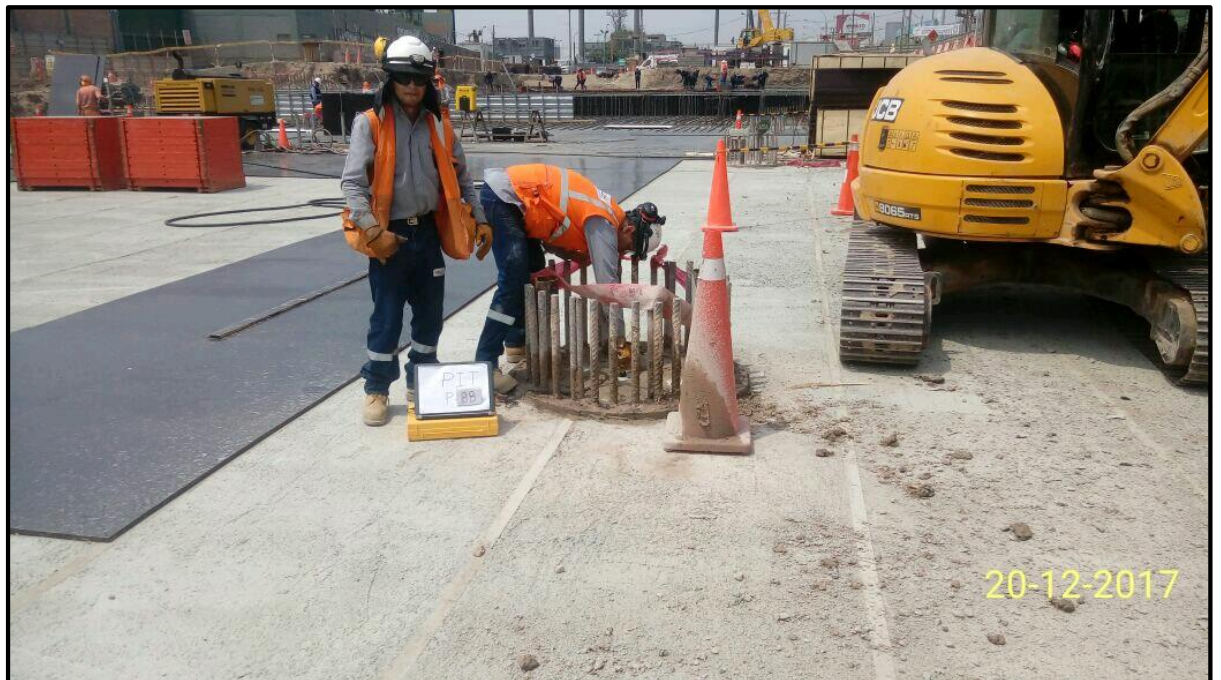


Fuente: pilotes terratest

Ensayo PIT o prueba de integridad

En un método para determinar la calidad del pilote, este método consiste en hacer golpes en el concreto y registrar las ondas, se registran la variación a lo largo de la profundidad del pilote. La forma usual del ensayo consiste en la colocación de un acelerómetro de alta sensibilidad en la cabeza del pilote bajo prueba, y en la aplicación de golpes con un martillo de mano. Usualmente este ensayo se hace cuando el concreto del pilote ha llegado al 75% de su resistencia de diseño o después de 7 días.

Figura 2.9: Ejecución de ensayo PIT



Fuente: Obra Línea 2 del metro de lima

Fluidos estabilizantes.

Generalmente se utilizan como fluidos estabilizantes los lodos ventoníticos, este fluido estabiliza la excavación; para su fabricación es necesario contar con pozos para el amasado y agua, luego con una dosificación recomendada y maduración durante cierto tiempo se tendrá el lodo fabricado para ser usado en obra.

Las recomendaciones sobre la adecuada dosificación y el tiempo de maduración del lodo ventonítico está en las fichas técnicas, sin embargo, las características del lodo pueden cambiar por circunstancias de la obra, por lo que es necesario su constante monitoreo y control antes de cada actividad.

La planta de lodos está conformada esencialmente por pozos de almacenamiento, equipo para la mezcla, bombas para trasladar el lodo hacia el punto de uso y para retornarlos al pozo, conjuntos de elementos eléctricos y mecánicos para el tratamiento de los lodos ventoníticos.

Figura 2.10: Lodo Ventonítico

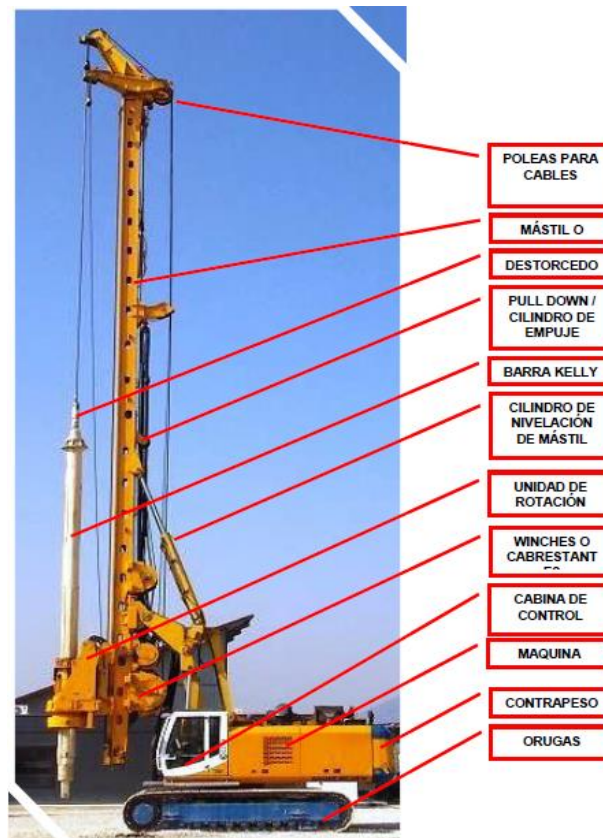


Fuente: obra Línea 2 del metro de lima

2.2 Equipo de perforación.

Las piloterías o equipos de perforación, son equipos especializados para realizar perforaciones y/o excavaciones para ejecutar pilotes; estos constan de las siguientes partes:

Figura 2.11: Equipo de perforación de pilotes



Fuente: Pilotes terratest

2.3 Pantallas.

Las pantallas son elementos estructurales que pueden ser provisionales o permanentes y existen varios tipos de muros pantalla y son los siguientes:

Pantallas de sostenimiento: Son usados generalmente para contener y sostener los frentes de excavación estas pantallas son de varios tipos tales como:

- Pantallas de concreto armado.
- Pantallas de elementos prefabricados de concreto armado.
- Pantallas de lodo endurecido o armado.
- Pantallas de estanqueidad: Son elementos que generalmente son usados para impedir la circulación en el terreno de agua ya sean estas limpias o contaminadas, también son usados para que cualquier elemento líquido que está en el sub suelo contamine el medio, generalmente usados en mineras, estas pantallas se componen de dos tipos:
 - Pantallas de lodo endurecido.

- Pantallas de hormigón plástico.

2.4 Equipos usados para ejecutar pantallas.

Dentro de los equipos que se usan para ejecutar pantallas se tiene la cuchara bivalva, que se usa para profundidades mayores a 20m; también hay otros equipos como la hidrofresa que se usa generalmente cuando se tiene elevada profundidad de excavación y terrenos rocosos.

2.5 Cuchara bivalva.

La excavación de los muros pantalla se realiza mediante cucharas con cables muy pesados y estas son accionadas con dragalinas de aproximadamente 120 a 90 t, con dos winches de 25 a 30 ton de tiro directo cada una, sobre orugas, tal y como se muestra en la figura.

Figura 2.12: Cuchara bivalva



Fuente: obra Línea 2 del metro de lima

Figura 2.13: Pantallas continuas de concreto armado



Fuente: obra Línea 2 del metro de lima

2.5.1 Método Constructivo Cut and Cover modalidad de top down.

Este método es utilizado para la construcción de túneles, pozos de ventilación, pozos de salida de emergencia y estaciones subterráneas en el interior de las ciudades; para el caso de una estación subterránea la secuencia constructiva que conlleva ésta modalidad es la siguiente:

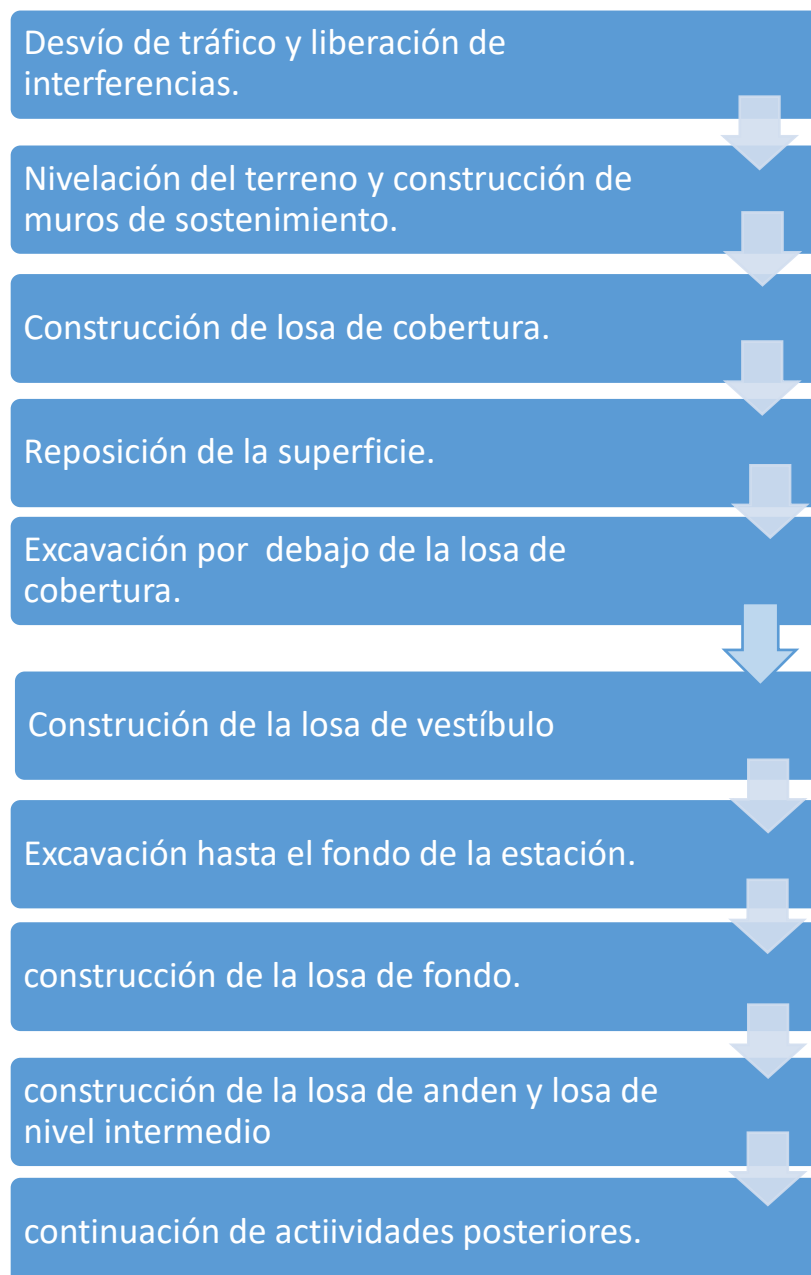
1. Desvío de tráfico y liberación de interferencias.
2. Nivelación del terreno y construcción de muros de sostenimiento.
3. Construcción de la losa de cobertura (losa de cubierta es la losa superior de la estación sobre la cual se ejecuta el relleno y la reposición de la vía)
4. Reposición de la superficie.
5. Excavación por debajo de la losa de cobertura.
6. Construcción de la losa de vestíbulo (losa de vestíbulo es la losa intermedia por el cual accede a la losa de fondo, en este nivel se colocan diversos locales que serán para la atención del usuario)
7. Excavación hasta el fondo de la estación.
8. Construcción de la losa de fondo.
9. Construcción de la losa de andén y losa del nivel intermedio (losa de andén es la losa que está a nivel del ingreso de los trenes)

10. Continuación con actividades posteriores.

(Consortio Línea Uno, 2012).

Para mayor entendimiento de la secuencia constructiva; en el capítulo 3 se muestran gráficos y fotos.

Diagrama de flujo para la construcción de una estación subterránea cut and cover, modalidad top down.



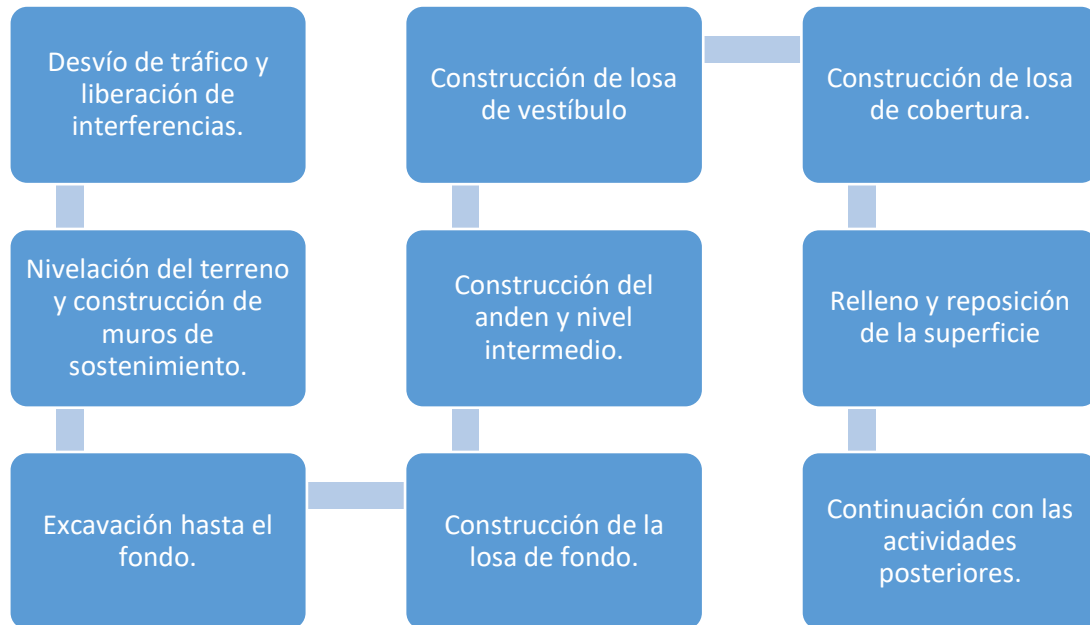
2.5.2 Método Constructivo Cut and Cover modalidad bottom up.

Esta modalidad consiste en la excavación a cielo abierto de la totalidad de la estructura a ser construida; en nuestro medio, esta modalidad de construcción es utilizada, para la construcción de sótanos de edificios, estacionamientos subterráneos, entre otros. Para una estación subterránea la secuencia Constructiva es la siguiente:

1. Desvío de tráfico y liberación de interferencias.
2. Nivelación del terreno y construcción de muros de sostenimiento.
3. Excavación hasta el fondo
4. Construcción de la losa de fondo.
5. Construcción del andén y nivel intermedio
6. Construcción de losa de vestíbulo.
7. Construcción de la losa de cobertura.
8. Relleno y reposición de la superficie.
9. Continuación de actividades posteriores.

(Consortio Línea Uno, 2012).

Diagrama de flujo para la construcción de una estación subterránea cut and cover, modalidad bottom up.



2.6 Estabilización con shotcrete.

Para la construcción de estructuras subterráneas en ciudades se tiene las principales restricciones:

- Espacio de trabajo reducido: por la ubicación de las estaciones subterráneas y la cercanía de las viviendas aledañas, se reduce el área de trabajo, dificultando su ejecución.
- Asentamiento de estructuras vecinas: debido a la excavación cerca a las estructuras existentes, se tiene riesgo de que se presente asentamientos, para su control se realiza un monitoreo geológico (auscultación) mediante inclinómetros.
- Vaciados de concreto masivos: Para el vaciado de las losas de cobertura, vestíbulo y fondo la cantidad de concreto por cada una de ellas se tiene en promedio 3 mil metros cúbicos, por cual los vaciados son prolongados y en partes debido a ello la logística del suministro de concreto debe ser continuo y asegurar un óptimo vaciado.

- Hallazgos de restos arqueológicos: Durante la excavación de las estaciones subterráneas podrían encontrarse restos arqueológicos, por cual dicha excavación podría dilatarse o paralizar la obra, mientras duren las investigaciones.
- Interferencias no identificadas: Durante la excavación se podrían encontrar redes de algún servicio que no fueron identificados durante la etapa de la liberación de interferencias, éstas interferencias podrían ser tales como: canales de regadío, fibra óptica, agua, desagüe, entre otros.

2.7 Constructabilidad en obras.

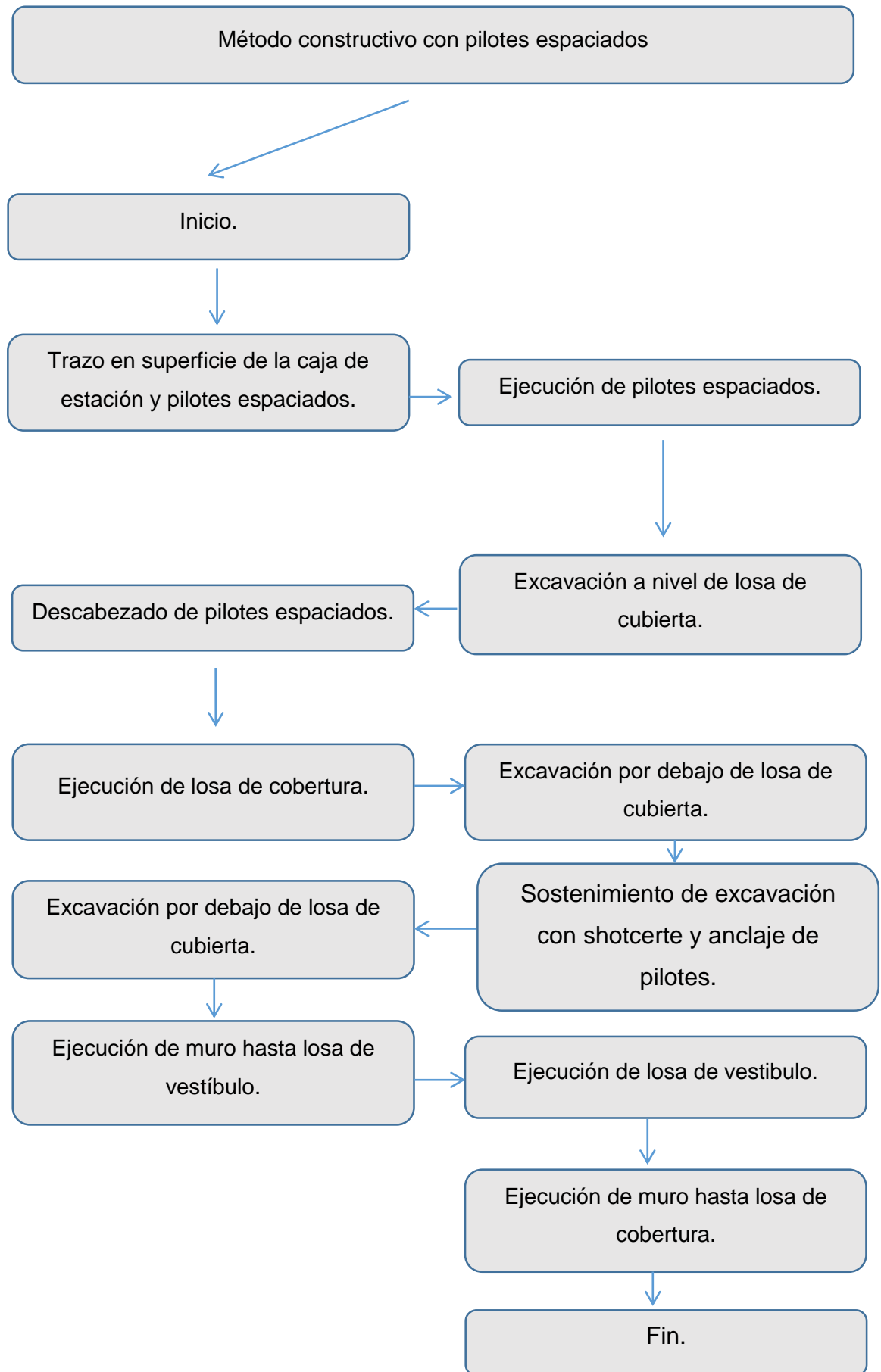
La constructabilidad es mejorar la gestión de proyectos de construcción, mediante la aplicación de conocimiento operacionales en etapas tempranas y niveles estratégicos de un proyecto, como son la de planificación y diseño (Orihuela, P. y Orihuela J., 2003).

Usar los conceptos de constructabilidad en la etapa del diseño ayuda notablemente al incremento de la producción, pues durante la concepción del proyecto se va optando por alternativas constructivas que resulten optimas a la hora de la construcción; la constructabilidad favorece también a una construcción más sencilla y en cuanto a la inclusión de la constructabilidad para el suministro de materiales, este incita a utilizar materiales fáciles de conseguir o materiales cuyo abastecimiento a la obra tenga un menor riesgo de retraso o pueda ser reemplazado por alguno similar.

CAPITULO III: MÉTODO CONSTRUCTIVO CON PILOTES ESPACIADOS.

Una alternativa para la construcción de Estaciones Subterráneas mediante el método constructivo Cut and Cover modalidad top down es realizando el sostenimiento con pilotes espaciados, generalmente estos pilotes son equidistantes y el espaciamiento de los pilotes depende de las condiciones del terreno y la durabilidad requerida, las dimensiones pueden variar entre 1.2m a 1.8m entre pilotes (Pinho Correa, J., Pamplona Paschoal, G., Hoffman, D. & Moreira de Souza, P., 2011).

El método constructivo de estaciones subterráneas con pilotes espaciados inicia con el trazo y replanteo en la superficie de la caja de estación y los pilotes; posteriormente se ejecuta los pilotes espaciados que servirá como sostenimiento para realizar la excavación, luego se hace una excavación a nivel de losa superior o losa de cubierta, en esta situación la parte superficial de los pilotes espaciados queda expuesta y de acuerdo con la norma europea UNE EN 15:36:2011-pilotes perforados, es necesario realizar el descabezado de pilotes, para eliminar la parte contaminada del concreto, el procedimiento continúa con la ejecución de la viga de coronación, para colocar sobre esta las vigas de la losa de cobertura. En seguida se ejecuta la losa de cubierta, luego la excavación por debajo de losa de cubierta, en este proceso de excavación según el diseño se ejecuta el anclaje de pilotes y el sostenimiento con shotcrete para garantizar un adecuado sostenimiento. De esta manera la excavación continúa hasta llegar a la losa de fondo. Se ejecuta la losa de fondo, después se ejecuta el muro de estación hasta la losa de vestíbulo. Posteriormente se ejecuta la losa del nivel de vestíbulo y finalmente se ejecuta el muro hasta llegar al nivel de losa de cobertura.



3.1 Trazo en superficie de la caja de estación y pilotes

Tomando como referencia la base de coordenadas para el trazo del eje de la vía férrea se inicia un trazo en superficie de los pilotes formando de esta manera una vista en planta de la futura caja de estación.

Figura 3.1: Ubicación y delimitación de la estación Hermilio Valdizán.



Fuente. Propia

3.2 Ejecución de pilotes.

Para la ejecución de pilotes alrededor de caja de estación (la caja de estación es la estructura que alberga en su interior todos los elementos de una estación) se referencia con el método usado por Pilotest Terratest, que está de acuerdo a la norma europea UNE EN 1536:2011- pilotes perforados.

Previo a la ejecución de pilotes es necesaria la instalación de una planta de lodo ventonítico, ya que el lodo ventonítico servirá de soporte para la ejecución de los pilotes, principalmente en el proceso de excavación.

Figura 3.2: Pozos de lodo ventonítico

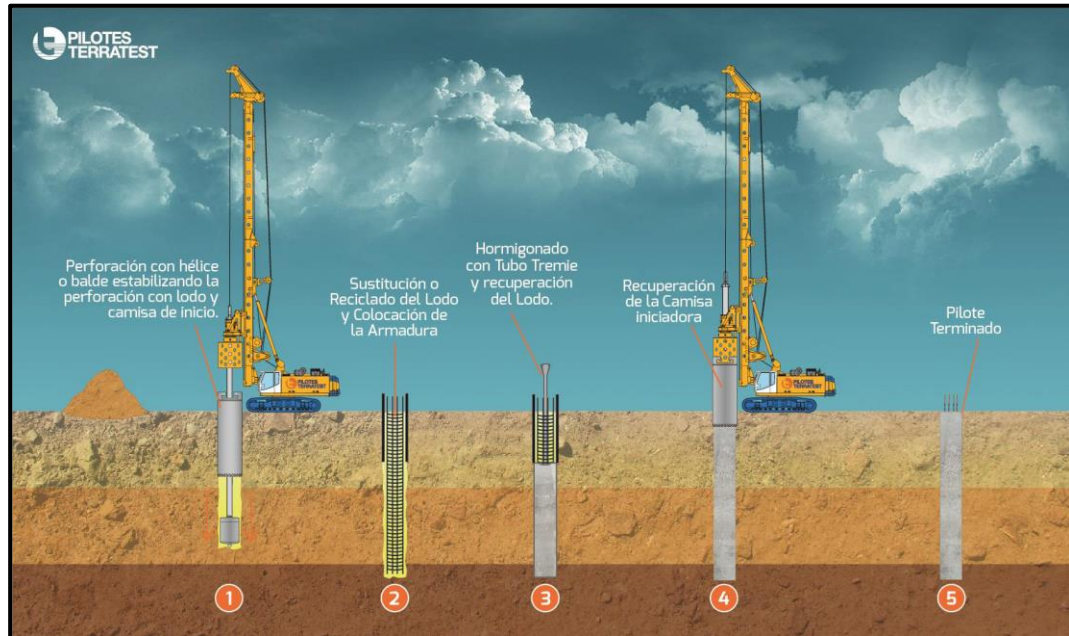


Fuente: Obra Línea 2 del metro de Lima.

Para la ejecución de pilotes se podrá usar, el siguiente método que es desarrollado por Pilotes Terratest.

Los pilotes que son estabilizados con lodos ventoníticos, usan una camisa corta para inicio de excavación y se ejecuta la excavación con lodo ventonítico en toda su longitud.

Figura 3.3: Procedimiento para ejecutar pilotes



Fuente: Pilotes Terratest.

3.2.1 Ejecución de perforación.

Para ejecutar la perforación el equipo se emplaza al lugar, se coloca para dar inicio a las excavaciones con el uso de sus medios mecánicos, posteriormente se inicia la excavación utilizando baldes o hélices equipados con las herramientas de corte aptas para cada tipo de terreno, es decir el equipo dependerá del tipo de terreno.

La estabilidad de la perforación puede ser controlada, manteniendo en todo momento el nivel de lodo a nivel superior de la excavación o mediante el uso de camisas metálicas.

Es recomendable que durante la perforación se tenga lodo suficiente para cualquier eventualidad o pérdida brusca del lodo a fin de salvaguardar la estabilidad de la excavación.

Respecto a los controles de calidad y verticalidad de excavación se puede usar referencias internacionales como la norma UNE – EN 1536.

Figura 3.4: Excavación para ejecutar pilote



Fuente: Pilotes Terratest.

3.2.2 Colocación de armadura.

Uno de los controles más importantes antes de la instalación de la armadura es la verificación de la correcta rigidización de la armadura.

El proceso de izaje se da por puntos de diseño, en primer lugar, se colocan los grilletes en la parte superior del pilote, el cual será levantado por el winche y se usa un balancín de tal manera que se logre girar la armadura del pilote de la posición horizontal a la posición vertical. Luego se desciende la armadura dentro de la perforación, evitando siempre colocar las manos en la zona de atrapamiento con la armadura guiándola con cuerdas u otros elementos auxiliares.

Se coloca la armadura dentro de la perforación hasta la zona de sujeción del cable y se traba con una viga horizontal u otro medio a un elemento fijo en terreno.

Luego se quitan los grilletes y se coloca dos puntas con ganchos abiertos para facilitar la extracción de los mismos una vez que la armadura alcance su posición final.

Se sacan las trabas y se baja la armadura hasta su total inserción, manteniéndola colgada.

Durante el primer vaciado de concreto se debe mantener tensa y colgada la armadura, para evitar que se apoye sobre las paredes de la perforación.

Figura 3.5: Colocación de armadura



Fuente: Pilotes Terratest.

3.2.3 Colocación de concreto con tubo tremie.

Antes de la colocación de concreto se verifica la profundidad de la excavación esto con el fin de verificar que no han existido derrumbes ni una excesiva sedimentación.

La colocación de concreto se efectuará siempre con tubo tremie, con la técnica usada de vaciado de concreto bajo agua, para este caso el tubo tremie debe estar siempre sumergida dentro del concreto vaciado una longitud mínima de 2.5m estos controles se efectuaran antes del vertido de cada mixer, para definir si se saca un tramo del tubo tremie o en su defecto esta quede sumergida hasta el siguiente mixer ; el vertido del concreto debe ser continuo excepto en el tiempo que se requiere para quitar un tramo de la tubería tremie.

Figura 3.6: Extracción de tubo tremie



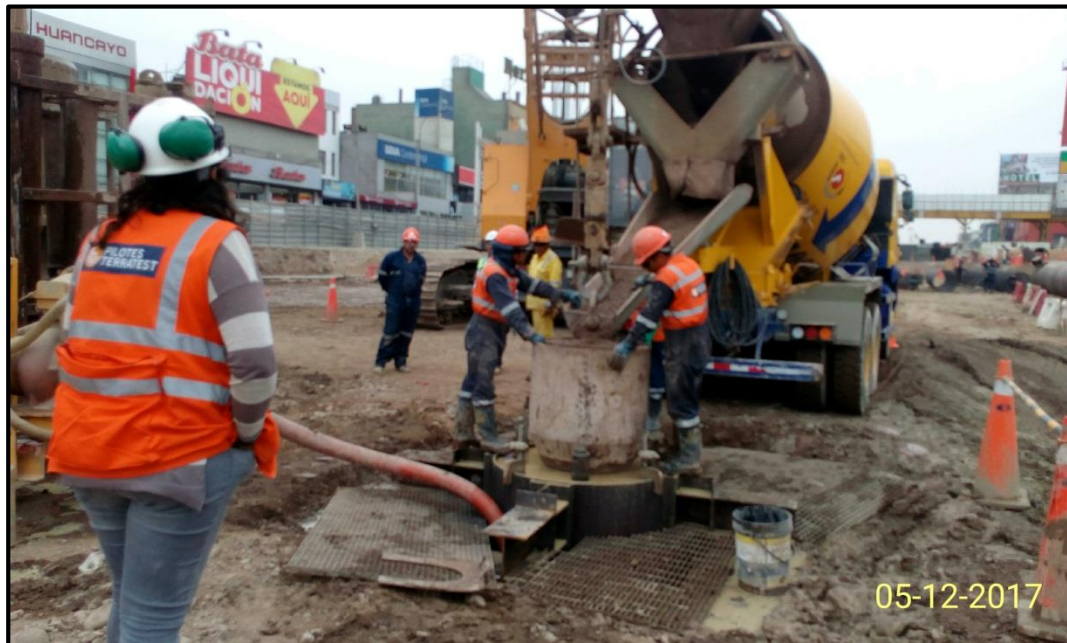
Fuente: Pilotes Terratest.

3.3 Criterios para descabezado superficial de pilote

Las alturas mínimas para el descabezado en pilotes en seco son mayores a 20cm o la cuarta parte de diámetro y en pilotes bajo agua o lodo el descabezado será mayor a 50cm o la mitad del diámetro.

Finalmente es recomendable medir topográficamente la cota superficial del concreto y la cota superior de la armadura, con el fin de garantizar y dar conformidad a la ejecución del pilote.

Figura 3.7: Vaciado de concreto por tubo tremie



Fuente: Pilotes Terratest.

Figura 3.8: Pilotes espaciados



Fuente. Obra Plaza Nueva.

3.4 Excavación a nivel de losa superior o losa de cubierta.

En esta parte del proceso se realiza la excavación hasta el nivel inferior de losa cubierta, en esta etapa corresponde también realizar el descabezado del pilote, que es vaciado hasta un nivel superior para garantizar la calidad del concreto colocado, pues el descabezado es en la parte contaminada.

Figura 3.9: Pilotes espaciados



Fuente. Obra Plaza Nueva.

3.5 Descabezado de pilotes.

El descabezado de pilotes se puede realizar con medios mecánicos, picado desde la parte superior hasta llegar al nivel de losa o con técnicas de presión y

corte, esta metodología es conocida como sistema de descabezado tipo Dardo, el cual consiste en generar una fractura justo en el nivel que se desea.

Figura 3.10: Descabezado de parte del pilote contaminado



Fuente: Obra Línea Uno metro de Panamá.

3.6 Ejecución de viga de coronación.

Este elemento estructural nos ayudara a redistribuir el esfuerzo, de la losa de cobertura en los pilotes, también es conocido como viga de atado o viga de amarre, sobre esta viga se colocarán las vigas prefabricadas que se colocaran como parte de la losa de cobertura.

Figura 3.11: Viga de coronación.



Fuente: Obra Línea Uno metro de Panamá.

3.7 Ejecución losa de cubierta.

La losa de cobertura se realiza sobre elementos prefabricados, tales como vigas prefabricadas, prelosas que también son elementos prefabricados, la conformación de la losa de cobertura se inicia con el montaje de las vigas prefabricadas sobre la viga de coronación, posteriormente se ejecuta la colocación de prelosas sobre las vigas ya izadas, seguidamente se coloca la armadura de la losa de cobertura y finalmente se realiza el vaciado de la losa, y para no generar fisuras en las losas, se hace el vaciado por fases dependiendo de la longitud de la estación.

Figura 3.12: Montaje de vigas prefabricadas para la losa de cobertura.



Fuente: Obra Línea Uno metro de Panamá

Figura 3.13: Vaciado de concreto sobre elementos prefabricados para la losa de cobertura.



Fuente: Obra Línea Uno metro de Panamá

3.8 Excavación por debajo de losa de cubierta.

Durante la ejecución de losa de cubierta se deja un hueco por donde se ejecuta la excavación, hasta ciertos puntos con una retroexcavadora y luego con balde y una grúa.

Figura 3.14: Excavación por debajo de losa.



Fuente: Obra, Línea 2 del metro de lima

3.9 Estabilización entre pilotes con shotcrete.

Durante la excavación por debajo de la losa va quedando descubierto los pilotes, en este caso la estabilización entre pilotes se hace con shotcrete o concreto lanzado. La excavación entre pilotes tiene que ser en forma de arco para garantizar la estabilización con shotcrete, a cierta profundidad es necesario hacer el anclaje de pilotes para garantizar la estabilidad.

Figura 3.15: Estabilización de pilote

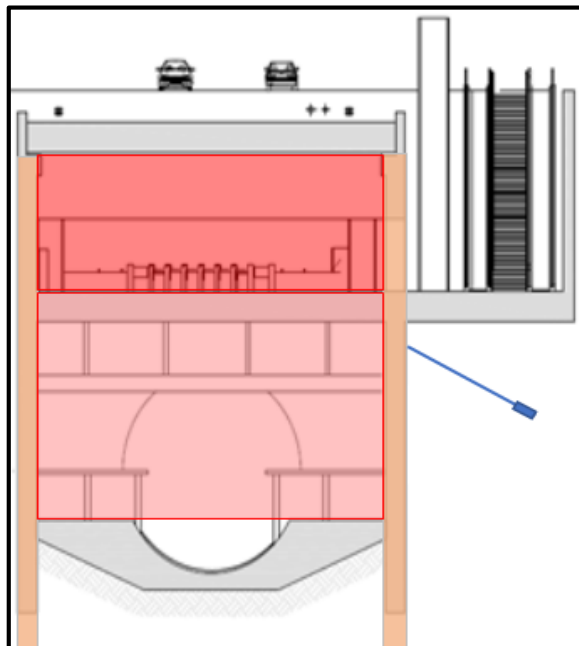


Fuente: Obra Línea Uno metro de Panamá

3.10 Anclaje de pilotes.

Para garantizar la excavación se tiene que diseñar anclajes de acuerdo a la geología del terreno, y continuar con la excavación hasta llegar al fondo de la excavación, siempre van de la mano, o se alterna la colocación de shotcrete y excavación.

Figura 3.16: Excavación hasta el fondo de losa.

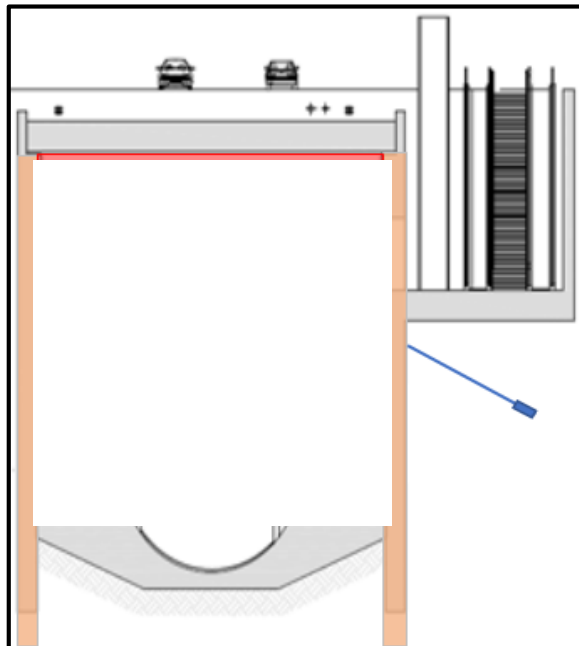


Fuente: Propia.

3.11 Ejecución de losa de fondo.

En la ejecución de la losa de fondo tener en cuenta la totalidad de instalaciones y ductos que pasaran por debajo de este. Posteriormente se ejecuta el solado, la colocación de armadura, y el vaciado de la losa de fondo.

Figura 3.17: Ejecución de losa de fondo.

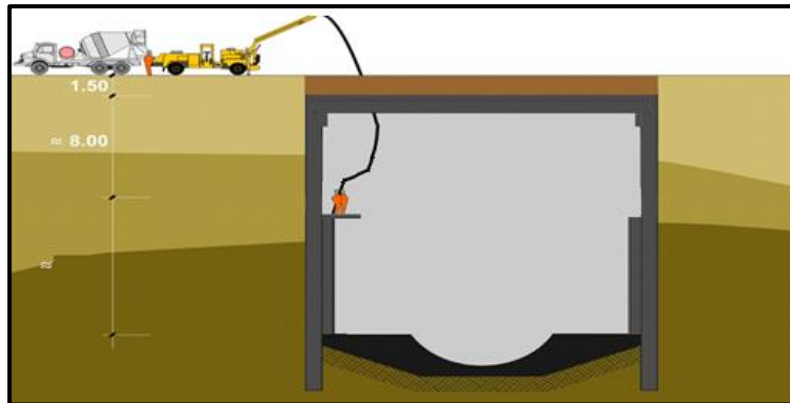


Fuente: Propia.

3.12 Ejecución muro hasta losa de vestíbulo.

Posterior a la ejecución de losa de fondo se ejecuta el muro hasta llegar al nivel de fondo de losa de vestíbulo, estos muros son de concreto armado y siguen la metodología tradicional, que vendría a ser el armado de acero, colocación de encofrado y finalmente el vaciado de concreto.

Figura 3.18: Construcción del muro de sostenimiento definitivo.

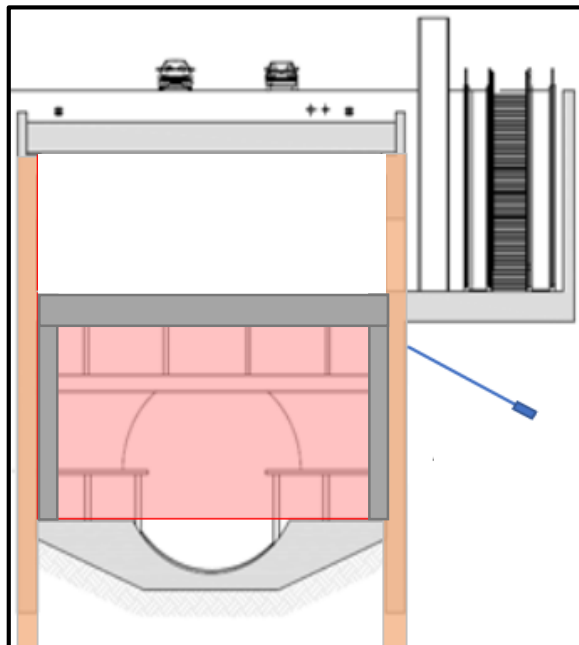


Fuente: consorcio Línea Uno metro de Panamá

3.13 Ejecución de la losa del nivel vestíbulo.

La losa del nivel vestíbulo se sostiene sobre el muro de concreto ejecutado en la etapa anterior, para ello se arman las cimbras metálicas y el encofrado metálico sobre el cual se armará el acero de refuerzo para posteriormente realizar el vaciado de concreto.

Figura 3.19: Vaciado de la losa de vestíbulo.

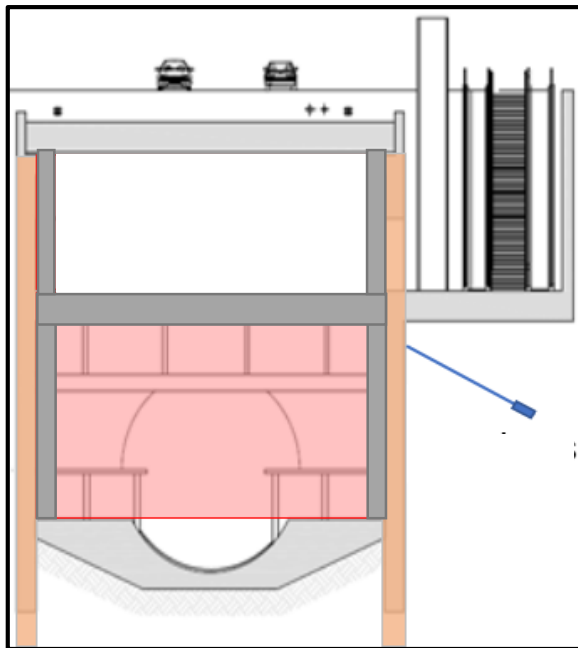


Fuente: Propia.

3.14 Ejecución muro hasta losa de cubierta.

Posterior a la ejecución de losa de vestíbulo se ejecuta el muro hasta llegar al nivel de fondo de losa de cubierta, estos muros son de concreto armado y siguen la metodología tradicional, que vendría a ser el armado de acero, colocación de encofrado y finalmente el vaciado de concreto.

Figura 3.20: Ejecución de muro hasta nivel de losa de cubierta.



Fuente: Propia.

3.15 Equipos

Los equipos que se usan son:

- **Equipo de excavación:** Pilotera de diámetro 1.2 m.
- **Grúa de servicio:** esta se usará para la colocación de armaduras, vaciado de concreto y cargas de las herramientas.
- **Instalación para fabricación de lodos Ventoníticos:** está compuesta por las unidades de fabricación, almacenamiento y regeneración. Contará con un sistema de bombeo para garantizar el suministro la recirculación y los niveles óptimos de lodo en las excavaciones.
- **Grúa de 120 ton y 50 ton:** usado para el montaje de las vigas y prelosas.

- **Excavadora y retroexcavadora:** Usados durante la excavación
- **Grúa Torre:** Utilizado para transporte de material de excavación e insumos para las losas.

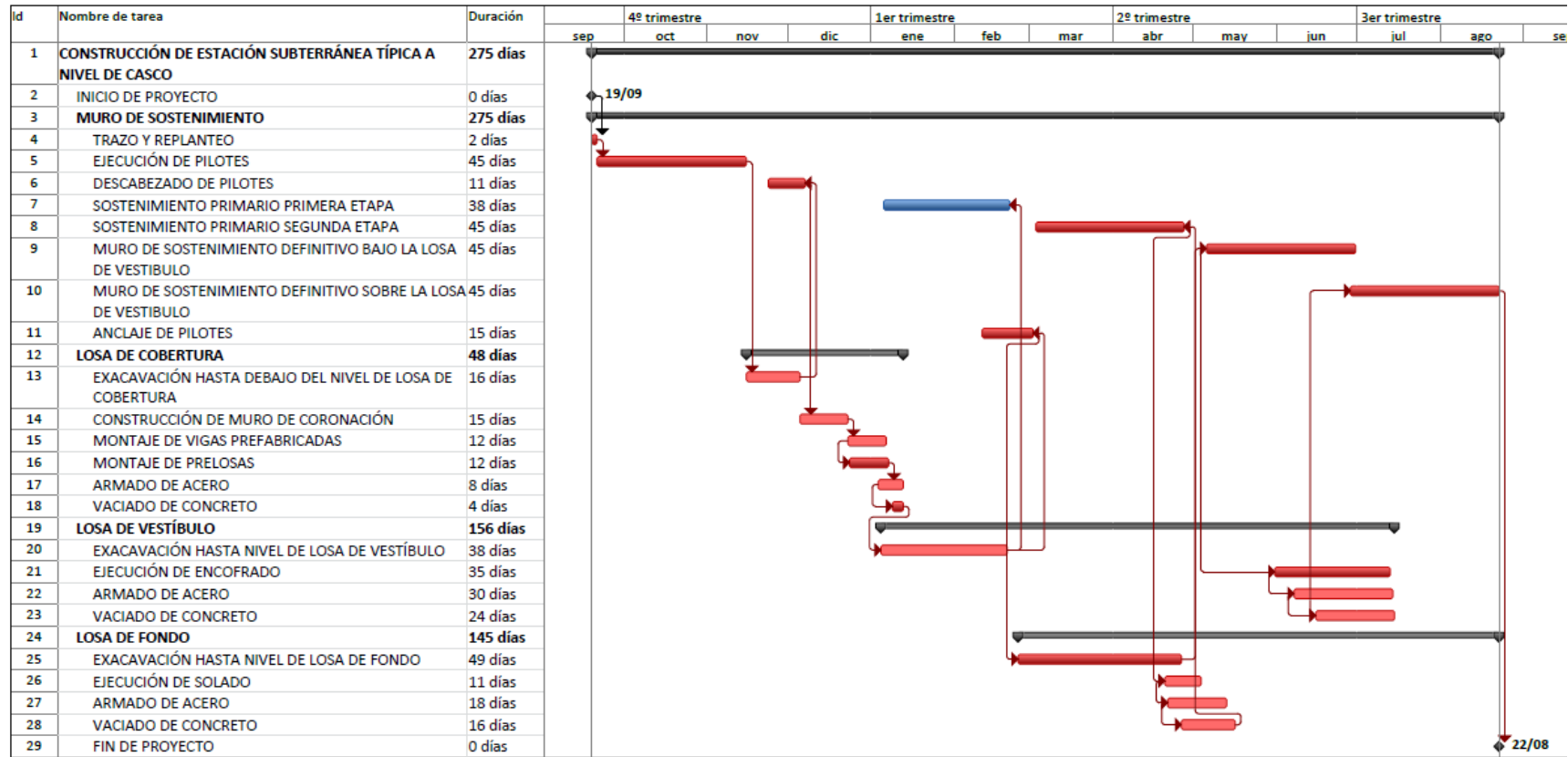
3.16 Materiales

- **Concreto:** Concreto premezclado $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ (30Mpa) de alta fluidez (slump >9")
- **Armaduras:** Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ - ASTM A706-Grado 60
- **Traslapes de las armaduras:** Se utilizan conectores roscados para eliminar los traslapes.
- **Apoyos de neopreno zunchado:** usado bajo las vigas prefabricadas.

3.17 Programación

Para la programación de las actividades relacionadas a ésta alternativa, se realiza el cambio del sostenimiento de muros pantalla a pilotes espaciados el primer cambio significado en cuanto a procesos, además de la utilización de la losa vaciada sobre vigas y prelosas prefabricadas, también tenemos actividades nuevas como anclajes activos de los pilotes, el sostenimiento provisional con concreto lanzado (shotcrete), la construcción del muro de sostenimiento definitivo y la losa de vestíbulo vaciada sobre encofrado soportado por cimbras.

Figura 34: Cronograma de actividades de la Alternativa 2.



Fuente: Propia.

3.18 Costos

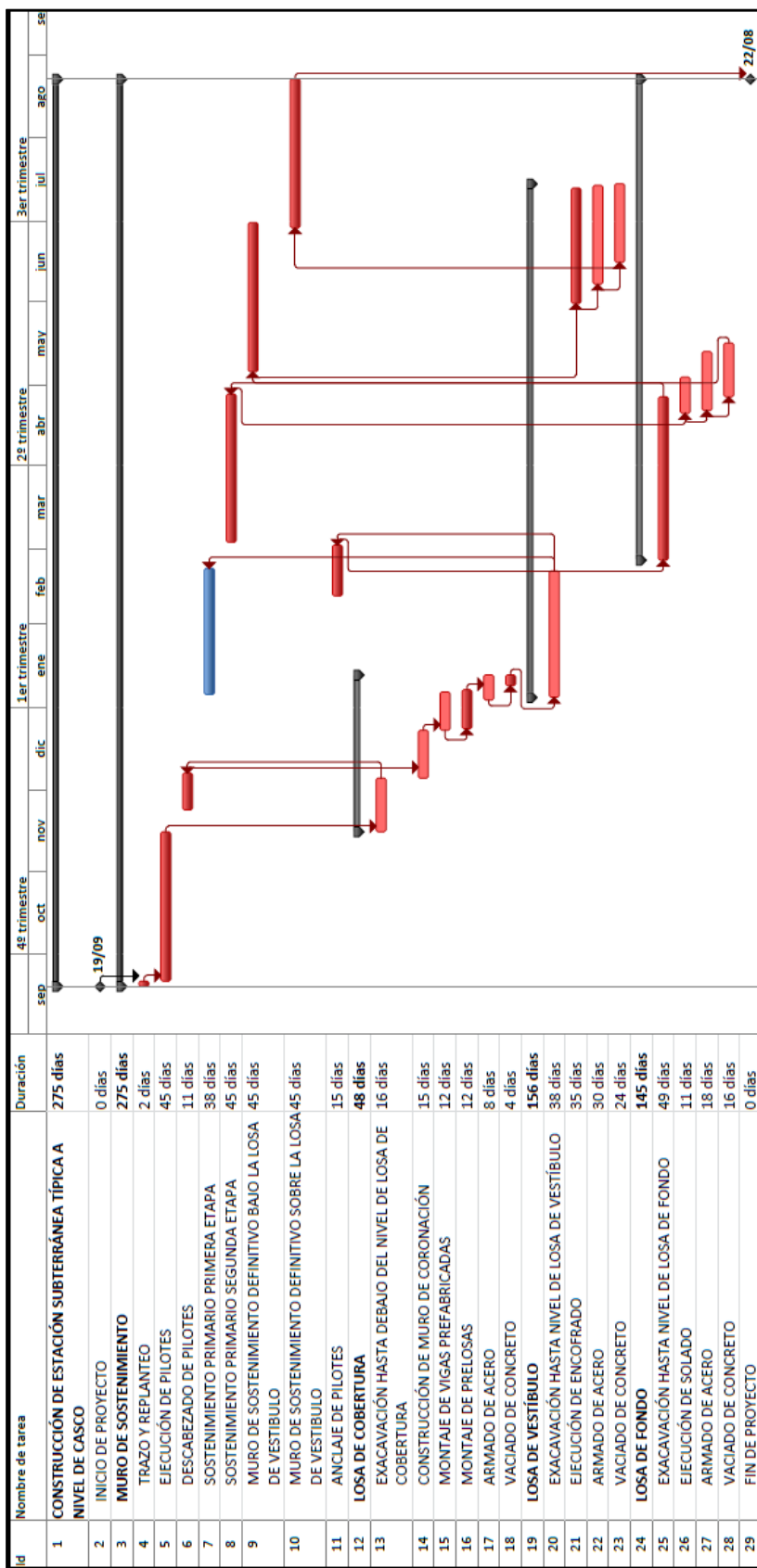
Para la elaboración del presupuesto para la ejecución de ésta alternativa se consideraron los precios unitarios del presupuesto venta, se realizó el metrado de acuerdo al perímetro diseñado para la estación Hermilio Valdizán, con lo cual obtenemos el siguiente cuadro de resumen:

Tabla 01: Resumen de Costos de la Alternativa 2.

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN - ALTERANTIVA 2		
Ítems	Descripción	Valorización Total (\$)
09A-5.3	Caja estación	
09A-5.3.1	Movimiento de tierras caja estación	1,927,671.57
09A-5.3.2	Sostenimiento de estación	5,936,839.40
09A-5.3.3	Losa de cubierta	2,445,972.89
09A-5.3.4	Losa de vestíbulo	1,558,001.12
09A-5.3.5	Losa bajo andén	506,144.07
09A-5.3.6	Pila pilote	-
09A-5.7	Vigas	41,514.37
Factor Corrector	Diferencia por factor corrector respecto al monto del HITO 10	-
	TOTAL COSTO DIRECTO	12,416,143.41
	GASTOS GENERALES	3,291,016.49
	PRESUPUESTO TOTAL (sin igv)	15,707,159.90

Fecha de presupuesto: agosto de 2017

Figura 34: Cronograma de actividades de la Alternativa 2.



Fuente: Propia.

3.18 Costos

Para la elaboración del presupuesto para la ejecución de ésta alternativa se consideraron los precios unitarios del presupuesto venta, se realizó el metrado de acuerdo al perímetro diseñado para la estación Hermilio Valdizán, con lo cual obtenemos el siguiente cuadro de resumen:

Tabla 01: Resumen de Costos de la Alternativa 2.

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN - ALTERANTIVA 2		
Ítems	Descripción	Valorización Total (\$)
09A-5.3	Caja estación	
09A-5.3.1	Movimiento de tierras caja estación	1,927,671.57
09A-5.3.2	Sostenimiento de estación	5,936,839.40
09A-5.3.3	Losa de cubierta	2,445,972.89
09A-5.3.4	Losa de vestíbulo	1,558,001.12
09A-5.3.5	Losa bajo anden	506,144.07
09A-5.3.6	Pila pilote	-
09A-5.7	Vigas	41,514.37
Factor Corrector	Diferencia por factor corrector respecto al monto del HITO 10	-
	TOTAL COSTO DIRECTO	12,416,143.41
	GASTOS GENERALES	3,291,016.49
	PRESUPUESTO TOTAL (sin igv)	15,707,159.90

Fecha de presupuesto: agosto de 2017

CAPITULO IV: MÉTODO CONSTRUCTIVO CON PANTALLAS CONTINUAS

4.1 Antecedentes y descripción del proyecto.

A continuación, se presenta una breve descripción de la estación E-23 Hermilio Valdizán correspondiente a la Etapa 1A Esta estación es típica. Actualmente en proceso de ejecución. La estación Hermilio Valdizán representa al caso de estudio con el método de pantallas continuas.

La estación se ubica entre las progresivas 22+557.127 y 22+687.627 de la Línea 2, por debajo de la Carretera Central en su intersección con la Av. Hermilio Valdizán, frente al hospital Hermilio Valdizán, donde se establece el límite entre el Distrito de Ate y el de Santa Anita.

Figura 4.1: Ubicación y delimitación de la estación Hermilio Valdizán.



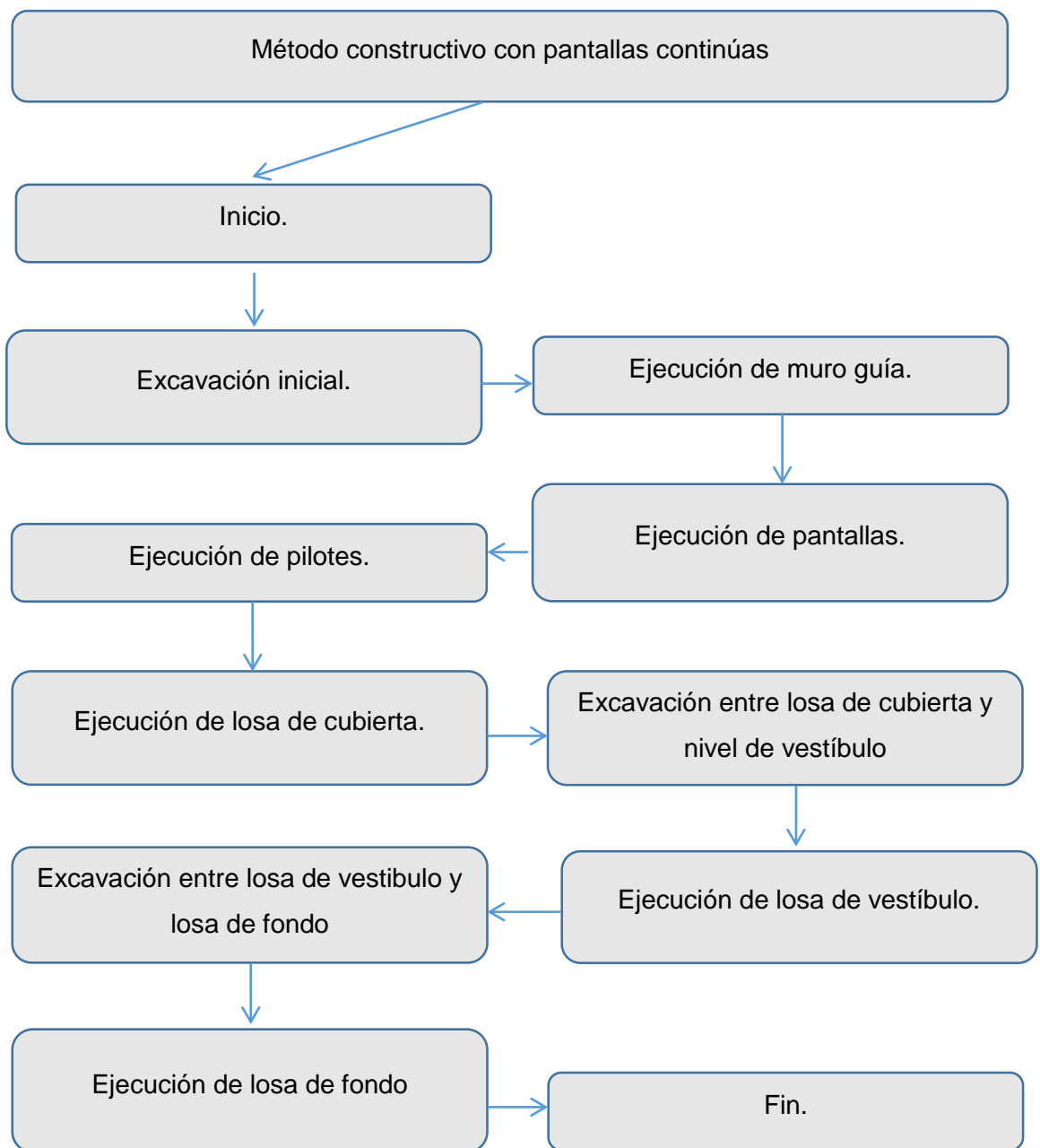
Fuente. EDI estación Hermilio Valdizán

4.2 Procedimiento de construcción con pantallas continuas

El procedimiento de construcción con pantallas continuas, se está ejecutando actualmente en las estaciones en construcción del proyecto de la Línea 2 del metro lima, en su etapa 1A.

Estas estaciones se ejecutan por fases y siguiendo una trayectoria descendente desde la cota de terreno natural, mediante el sistema tradicional cut and cover.

La secuencia de fases se describe a continuación:



4.2.1 Procedimiento a seguir

La logística para la ejecución de este tipo de obras es muy importante pues se requiere equipo especializado e instalaciones necesarias para dar inicio, dentro de las instalaciones tenemos la planta de tratamiento de lodos ventoníticos, conocida como pozo para lodos y la desarenadora.

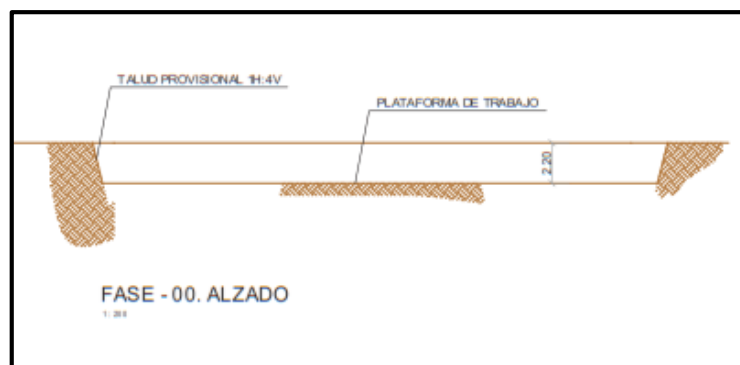
4.2.2 Programación para ejecutar las pantallas.

En esta etapa se hace la planificación para ejecutar cada tipo de pantalla ya sean estas de inicio, avance o de cierre estas tienen que obedecer a los frentes de trabajo y la disposición de áreas para ejecutar la obra, para el caso de la estación Hermilio Valdizan se han definido 3 pantallas de inicio y cuatro de cierre, el resto son pantallas de avance; para mayor entendimiento de la planificación para ejecutar las pantallas ver figuras 4.4, 4.5 y 4.6.

Excavación inicial

En esta etapa se hace la excavación para iniciar la ejecución de los muros guías que servirán de guía para hacer la excavación con la cuchara bivalva.

Figura 4.2: Excavación hasta el nivel de muros guía.

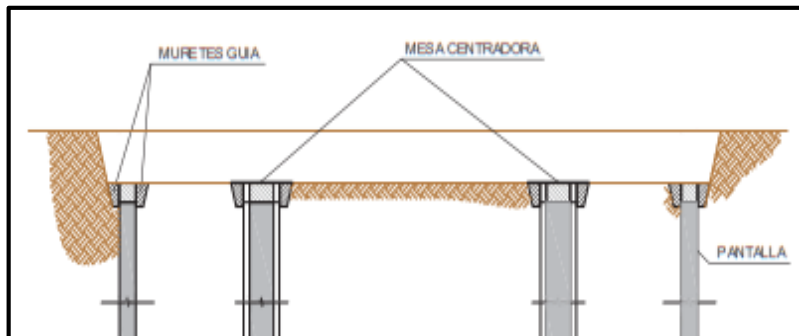


Fuente: EDI estación Hermilio Valdizán

Ejecución de muros guía

En esta etapa se ejecuta una estructura de concreto armado a cada lado de la pantalla, estas estructuras serán de guía durante la excavación de los muros pantalla, izaje de acero, y la colocación de concreto.

Figura 4.3: Vista de murete guía.



Fuente. EDI estación Hermilio Valdizán

Ejecución de pantallas

En esta etapa se hace una estructura de concreto armado a cada lado de la pantalla, estas estructuras serán de guía durante la excavación de la pantalla, izaje de acero, y la colocación de concreto.

La ejecución se da con tres tipos de paneles o muros pantalla, que son el panel de inicio (1), es donde se inicia la ejecución de pantallas, los paneles de inicio pueden ser varios, el panel de avance (2), estos paneles forman las pantallas que serán ejecutadas después de los paneles de inicio y unas después de otras consecutivamente y finalmente el panel de cierre, con este panel se hace el cierre de ejecución de pantallas, gráficamente se muestra en las siguientes imágenes

Figura 4.4: Ejecución de panel 1.

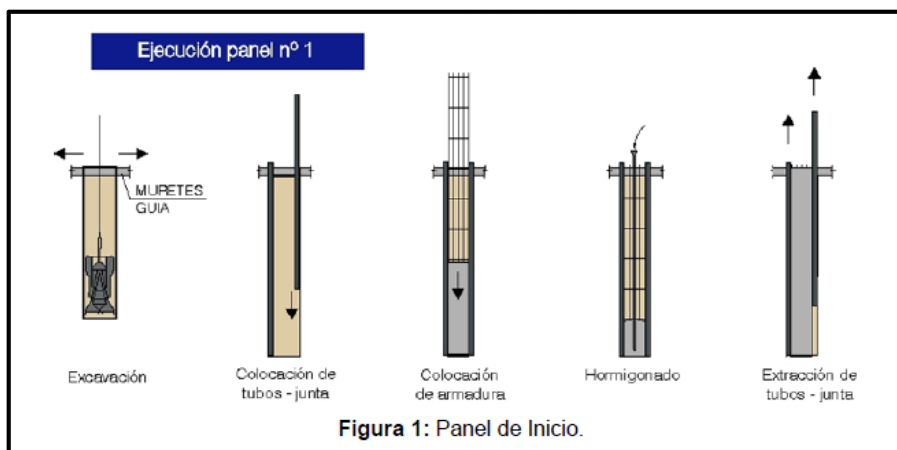
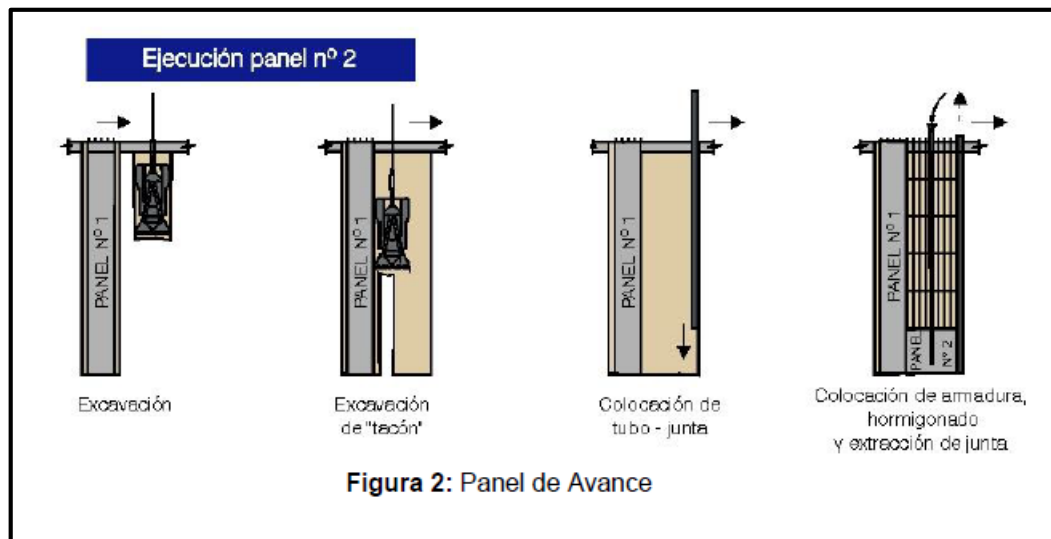


Figura 1: Panel de Inicio.

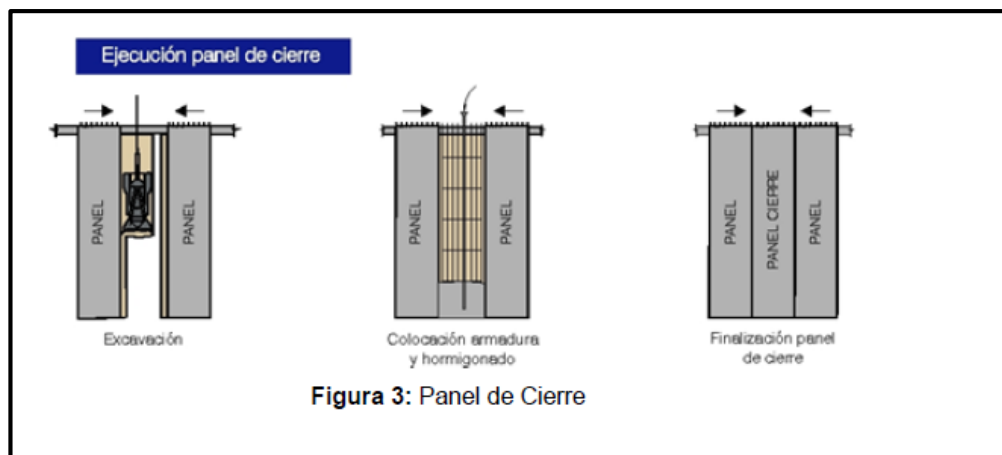
Fuente. EDI estación Hermilio Valdizán

Figura 4.5: Ejecución de panel 2.



Fuente. EDI estación Hermilio Valdizán

Figura 4.6: Ejecución de panel 3.



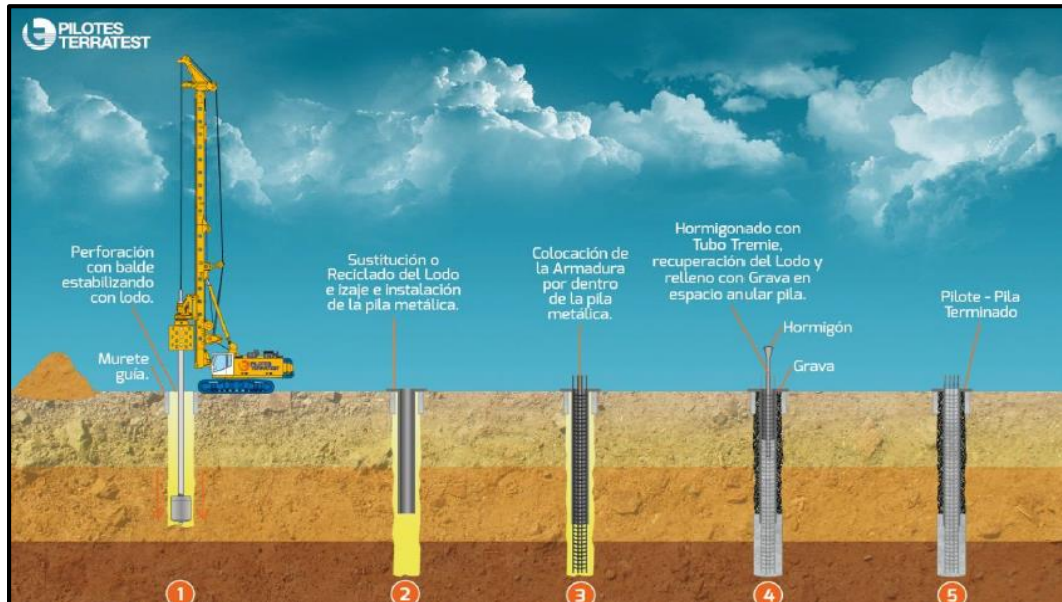
Fuente. EDI estación Hermilio Valdizán

Ejecución de pilotes

Los pilotes son ejecutados según la metodología usada por PILOTES TERRATEST. Esta metodología se inicia con la perforación con balde sujeta por la pilotera y se estabiliza colocando lodo bentonítico, luego se coloca la pila o camisa metálica que será fijada en los muros guía, posteriormente se coloca la armadura que se posicionará tomado de guía la camisa metálica y finalmente la

colocación de concreto con por medio de un tubo tremie con recuperación de lodo.

Figura 4.7: Ejecución de pilotes.



Fuente. Pilotes Terratest.

Ejecución de losa de cubierta

Para ejecutar la losa de cubierta se procede de la siguiente manera, si inicia desde la excavación hasta nivel de fondo de losa de cubierta, esta actividad necesita de la demolición del muro guía y descabezado de pilotes y pantallas a nivel de losa de fondo y el resto hasta un nivel inferior de tal manera que permita la colocación del encofrado perdido y el solado.

Figura 4.8: Ejecución de excavación hasta nivel inferior a losa de fondo.

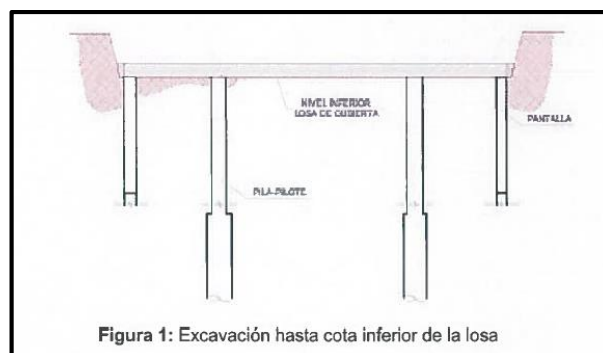


Figura 1: Excavación hasta cota inferior de la losa

Fuente. EDI estación Hermilio Valdizán

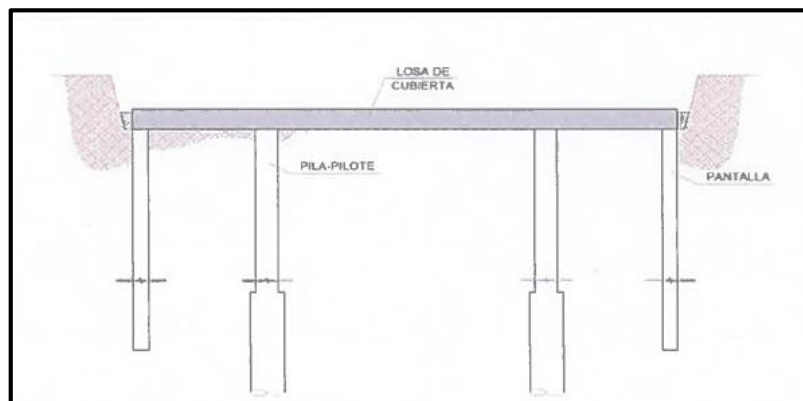
Figura 4.9: Ejecución de solado y colocación de encofrado.



Fuente obra: Línea 2 del metro de lima

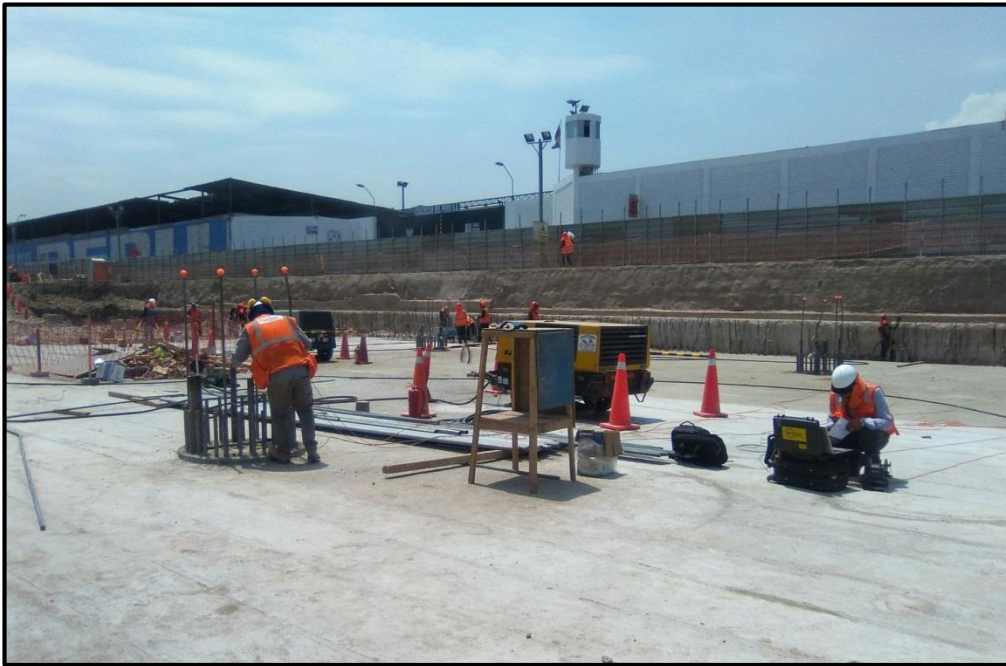
Posteriormente se ejecuta la instalación de acero sobre el encofrado perdido y el vaciado de concreto, estas actividades para losa de cubierta se hacen según cronograma en cuatro fases, respetando los planes de desvío.

Figura 4.10: Ejecución de losa de cubierta.



Fuente. EDI estación Hermilio Valdizán.

Figura 4.11: Ejecución de solado para losa de cubierta.



Fuente obra: Línea 2 del metro de lima.

Durante la ejecución de la losa de cubierta se deja un hueco en losa de cubierta, con terminaciones para colocar elementos prefabricados, con el fin de realizar la excavación por medios mecánicos entre losa de cubierta y losa de vestíbulo.

Excavación entre losa de cubierta y nivel de vestíbulo

La excavación entre losa de cubierta se da por medios mecánicos con una grúa fija, balde para eliminación de material excavadora y cargador Frontal, se inicia de la parte central y se va hacia los costados.

Figura 4.12: Excavación por debajo de la losa de cubierta.



Fuente obra: Línea 2 del metro de lima.

Ejecución de losa de vestíbulo

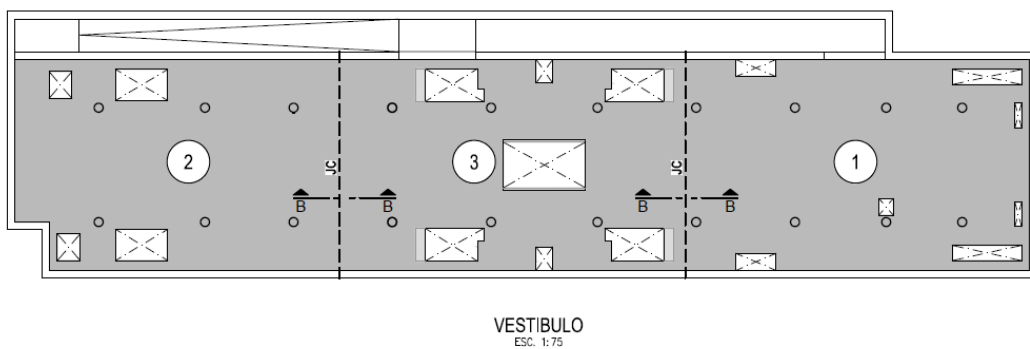
Para ejecutar la losa de vestíbulo es necesario excavar por debajo del nivel de vestíbulo, para ejecutar el solado, luego se picará la pantalla para anclar varillas alrededor de toda la pantalla, en los pilotes se cortará la camisa metálica para anclar barras que finalmente se unirán a la losa de vestíbulo de manera monolítica. Esta fase de losa de vestíbulo se ejecuta en tres fases.

Figura 4.13: Ejecución de losa.



Fuente obra: Línea 2 del metro de lima.

Figura 4.14: Fases de ejecución de losa de vestíbulo.



Fuente obra: Línea 2 del metro de lima.

Excavación entre losa de vestíbulo y losa de fondo

La excavación entre losa de vestíbulo y losa de fondo se da por medios mecánicos con una grúa fija, balde para eliminación de material excavadora y

cargador Frontal, se inicia de la parte central y se va hacia los costados, similar a la fase de excavación anterior.

Figura 4.15: Excavación entre losa de vestíbulo y losa de fondo.



Fuente obra: Línea 2 del metro de lima.

Ejecución de losa de fondo

Para ejecutar la losa de fondo es necesario excavar por debajo del nivel de losa de fondo, para ejecutar el solado, luego se picará alrededor de toda la pantalla, la losa de fondo se ejecuta en dos fases, previo a la ejecución de la losa de fondo se instalará el sistema de aterramiento, sistema de drenaje y se dejará los pases de tuberías para instalaciones electromecánicas.

Figura 4.16: Ejecución de losa de fondo.



Fuente obra: Línea 2 del metro de lima.

4.2.3 Equipos

Los equipos que se usan son:

- **Equipo de excavación:** equipo de tipo cuchara de almeja bivalva de 1m de ancho y 10m de alto, accionada por procedimientos mecánicos, guiado por simple gravedad.
- **Grúa de servicio:** esta se usará para la colocación de armaduras, vaciado de concreto y cargas de las herramientas. La grúa es sobre orugas modelo HS875 HD marca LIEBHERR, motor diesel, tipo 103 potencia 670 kw,
- **Instalación para fabricación de lodos Bentoníticos:** está compuesta por las unidades de fabricación, almacenamiento y regeneración. Contará con un sistema de bombeo para garantizar el suministro la recirculación y los niveles óptimos de lodo en las excavaciones, el equipo principal el desarenador de marca GOSAC, modelo C44/8 y código 206026.
- **Excavadora y retroexcavadora:** Usados durante la excavación entre pantallas sobre la losa y bajo la losa.

- **Grúa Torre:** Utilizado para transporte de material de excavación e insumos para las losas.

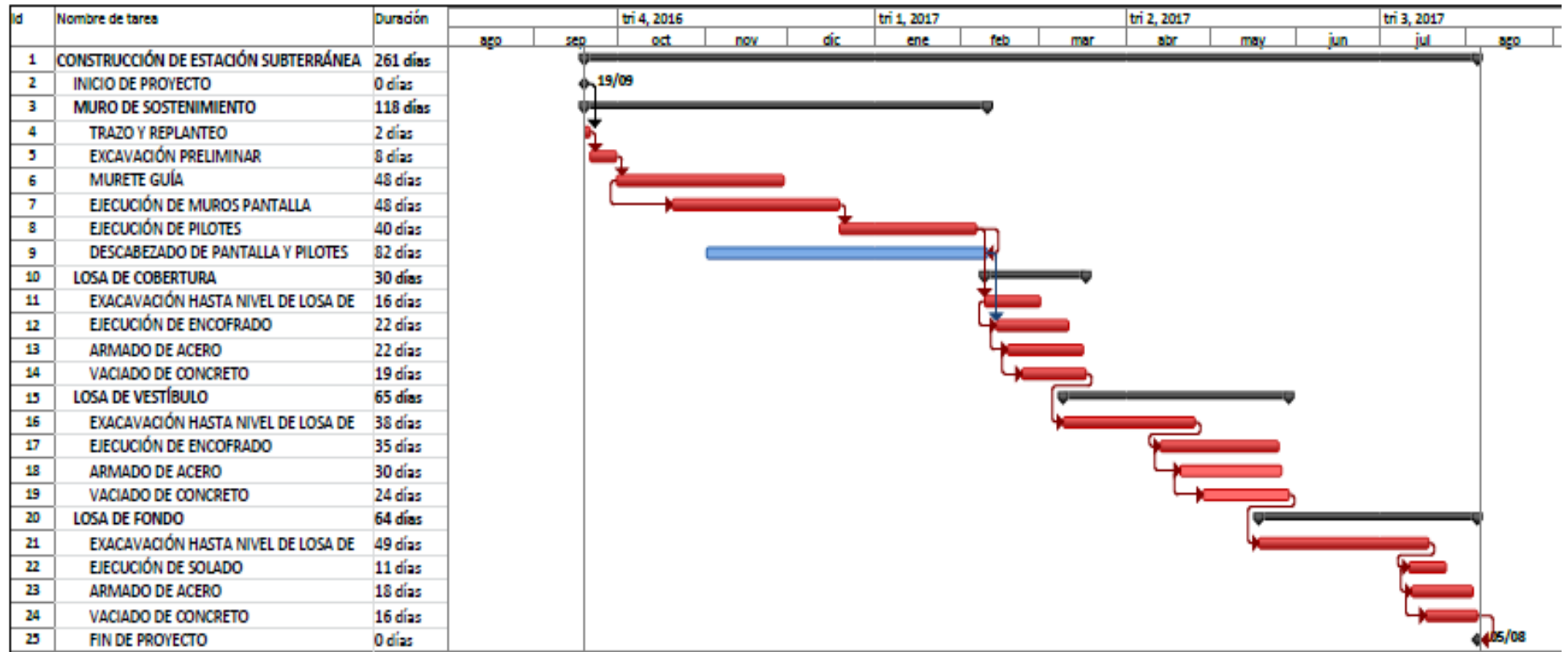
4.2.4 Materiales

- Cadena o cinta métrica: para medir la profundidad
- Concreto: Concreto premezclado $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ (30 MPa)de alta fluidez (slump >9")
- Armaduras: Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ - ASTM A706-Grado 60
- Traslapes de las armaduras: Se utilizan conectores roscados para eliminar los traslapes.

4.2.5 Programación

De acuerdo a las fechas de inicio y fin tomadas para las actividades que se realizaron en la estación Hermilio Valdizán, obtenemos la siguiente programación:

Figura 4.17: Cronograma de actividades del escenario actual.



Fuente: Propia.

4.2.6 Costos

El siguiente cuadro muestra el resumen del presupuesto para la ejecución de la estación típica subterránea construida a nivel de casco.

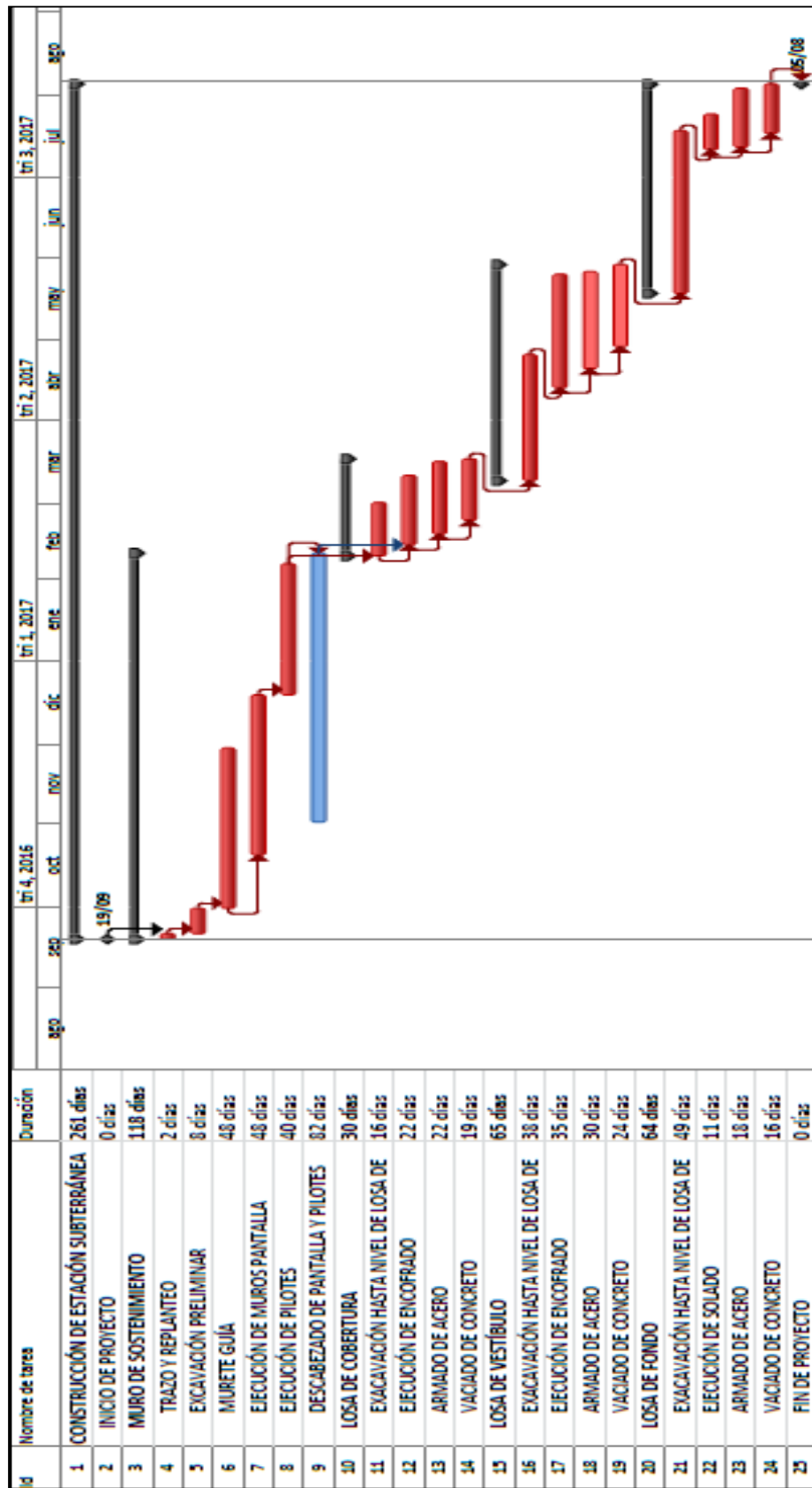
El resumen que se muestra corresponde al presupuesto venta, el cual se resumió a los entregables que serán tomados en cuenta en ésta investigación.

Tabla 02: Resumen de Costos del Escenario actual.

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN		
Ítems	Descripción	Costo Total (\$)
09A-5.3	Caja estación	
09A-5.3.1	Movimiento de tierras caja estación	1,927,671.57
09A-5.3.2	Pantallas estación	6,610,869.66
09A-5.3.3	Losa de cubierta	2,229,491.28
09A-5.3.4	Losa de vestíbulo	1,508,804.38
09A-5.3.5	Losa bajo andén	506,144.07
09A-5.3.6	Pila pilote	1,660,612.45
09A-5.7	Vigas	41,514.37
Factor Corrector	Diferencia por factor corrector respecto al monto del HITO 10	-
	TOTAL COSTO DIRECTO	14,485,107.78
	GASTOS GENERALES (21,87%)	3,167,893.07
	PRESUPUESTO TOTAL (sin igv)	17,653,000.86

Fecha de presupuesto: agosto de 2017

Figura 4.17: Cronograma de actividades del escenario actual.



Fuente: Propia.

4.2.6 Costos

El siguiente cuadro muestra el resumen del presupuesto para la ejecución de la estación típica subterránea construida a nivel de casco.

El resumen que se muestra corresponde al presupuesto venta, el cual se resumió a los entregables que serán tomados en cuenta en ésta investigación.

Tabla 02: Resumen de Costos del Escenario actual.

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN		
Ítems	Descripción	Costo Total (\$)
09A-5.3	Caja estación	
09A-5.3.1	Movimiento de tierras caja estación	1,927,671.57
09A-5.3.2	Pantallas estación	6,610,869.66
09A-5.3.3	Losa de cubierta	2,229,491.28
09A-5.3.4	Losa de vestíbulo	1,508,804.38
09A-5.3.5	Losa bajo anden	506,144.07
09A-5.3.6	Pila pilote	1,660,612.45
09A-5.7	Vigas	41,514.37
Factor Corrector	Diferencia por factor corrector respecto al monto del HITO 10	-
	TOTAL COSTO DIRECTO	14,485,107.78
	GASTOS GENERALES (21,87%)	3,167,893.07
	PRESUPUESTO TOTAL (sin igv)	17,653,000.86

Fecha de presupuesto: agosto de 2017

CAPITULO V: COMPARACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS DE LOS MÉTODOS PLANTEADOS.

5.1 Análisis comparativo de las alternativas.

Tabla 03: Cuadro de Comparación entre alternativas.

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN (DIAS CALENDARIO)	COSTO DE LA OBRA (US\$)	DIFERENCIA DE PLAZO (DIAS)	DIFERENCIA DE COSTOS (US\$)
ACTUAL	320.00	17,653,000.86		
ALTERNATIVA 2	337.00	15,707,159.90	17.00	-1,945,840.95

LEYENDA:

ACTUAL (CONSTRUCCIÓN CON MUROS PANTALLA): Procedimiento constructivo con muros diafragma y losa de cobertura vaciada sobre terreno.

ALTERNATIVA 2 METODO PROPUESTO (CONSTRUCCIÓN CON PILOTES ESPACIADOS): Procedimiento constructivo con pilotes espaciados y losa de cobertura vaciada sobre Elementos prefabricados.

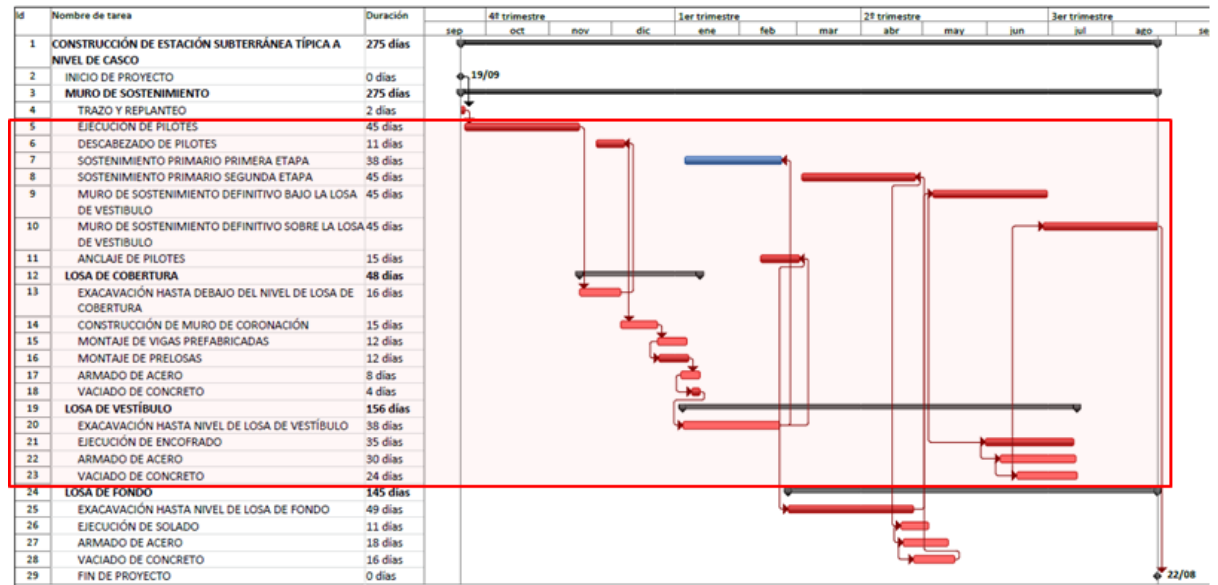
Tabla 04: Resumen comparativo de alternativas.

ELEMENTOS	ACTUAL(CONSTRUCCIÓN CON MUROS PANTALLA)	METODO PROPUESTO (CONSTRUCCIÓN CON PILOTES ESPACIADOS)
Tipo de construcción	CUT and COVER modalidad TOP DOWN	CUT and COVER modalidad TOP DOWN
Sostenimiento	Muros pantalla	Pilotes espaciados
Losa de cobertura	Vaciada sobre terreno	Vaciada sobre vigas y prelosas prefabricadas
Losa de vestíbulo	Vaciada sobre terreno	Vaciada sobre encofrado con cimbras
Losa de fondo	Vaciada sobre terreno	Vaciada sobre terreno
Acabado final	Cámara bufa con muro de cerramiento	Muro de sostenimiento
Tiempo a la culminación losa de cobertura	179 días	115 días
Plazo de ejecución de casco	320 días	337 días
Costo total \$ (sin igv)	\$17,653,000.86	\$15,707,159.90

Análisis comparativo del método constructivo actual y la alternativa 2

En el procedimiento actual tenemos que el plazo de ejecución de obra, hasta ejecutar el casco de la estación subterránea es de 320 días calendarios, con la alternativa 2 mencionada Líneas arriba se muestra un plazo de ejecución planificado de 337 días calendarios obteniéndose aumento de plazo de 17 días calendarios, el aumento de plazo se muestra en el cambio de muros pantalla por pilotes espaciados, este aumento de plazo se da básicamente porque el tipo de sostenimiento de la excavación cambia, pues en este método los pilotes espaciados funcionan como sostenimiento provisional y se tiene que hacer un muro definitivo, la construcción del mismo se hace después de ejecutar el sostenimiento, lo que conlleva a desarrollar otras actividades que se resaltan en la figura 5.1

Figura 5.1: Cronograma alternativa 2 y actividades que varían con respecto al escenario actual.

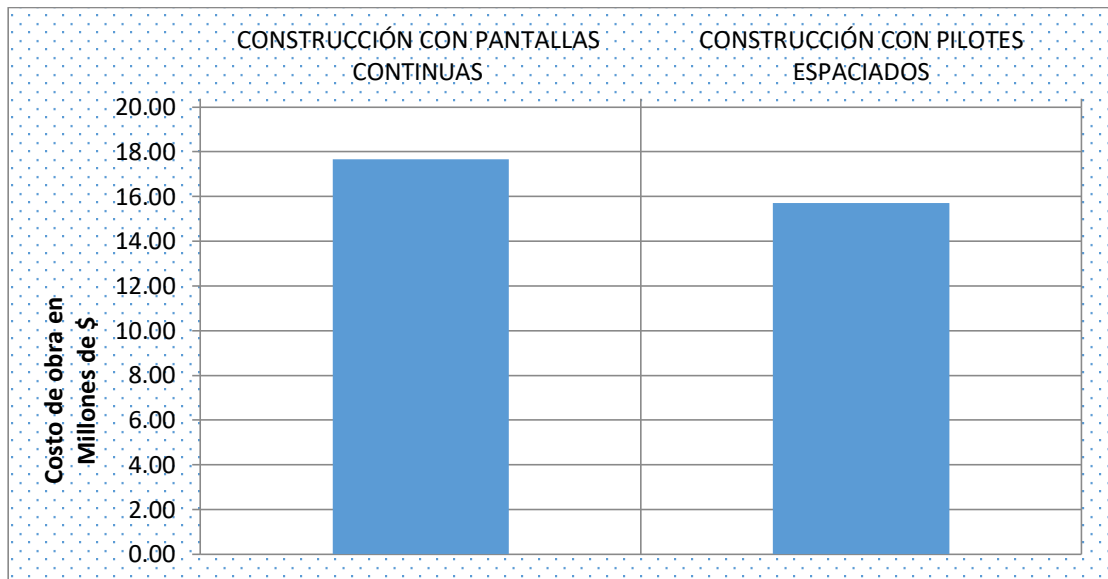


En cuanto al costo se tiene que la obra actualmente cuesta \$17'653,000.86 y con la alternativa 2 se tiene un costo de \$15'707,159.90 obteniéndose un ahorro de \$1'945,840.95, a pesar de tener un mayor gasto en costos indirectos.

Tabla 05: Resumen comparativo escenario actual y alternativa 2.

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN (DIAS CALENDARIO)	COSTO DE LA OBRA (US\$)	DIFERENCIA DE PLAZO (DIAS)	DIFERENCIA DE COSTOS (US\$)
ACTUAL	320.00	17,653,000.86		
ALTERNATIVA 2	337.00	15,707,159.90	17.00	-1,945,840.95

Gráfico: tabla comparativa del costo de ejecución con pantallas continuas y pilotes espaciados.



En la alternativa constructiva con pilotes espaciados el restablecimiento del paso vehicular por la zona de obra se puede dar por etapas y llegar a mitigar el impacto ocasionado por la obra, la ventaja significativa de este método es que se llega a nivel de losa de fondo en menor tiempo, esta ventaja podría ser aprovechada si se tiene atrasos de obra y la necesidad primordial es dejar la estructura de losa de fondo terminada para el paso del TBM (Tunnel boring machine o maquina tuneladora) , pues este equipo una vez iniciado su actividad no puede parar, en estas circunstancias este método sería el adecuado.

CONCLUSIONES

- Se observó en el análisis comparativo del actual método de construcción con la alternativa propuesta, que el costo del actual método de construcción tiene un monto mayor en \$1'945,840.95, ello indica que actual método de construcción es mayor en 12.38% respecto de la alternativa propuesta, por lo que se demuestra que el método propuesto tiene ventajas significativas en cuanto al costo.
- Se observó después de analizar y comparar el actual procedimiento constructivo y para la construcción de la estación subterránea Hermilio Valdizan, que la alternativa planteada no tiene un ahorro en tiempo respecto al método actual, más bien tiene un aumento de 17 días calendario en el plazo de ejecución.
- Como consecuencia del análisis comparativo, se puede elegir la alternativa con menor costo y mayor plazo, pues se tiene la ventaja de llegar al fondo de estación en un tiempo de 209 días y permitir el paso de la TBM que en este tipo de obras no puede parar pues es parte de la ruta crítica, generándose de esta manera un ahorro de tiempo en el plazo total de la obra. Teniendo siempre en cuenta siempre la situación del proyecto.
- Con los resultados obtenidos en el análisis comparativo se puede validar parcialmente la hipótesis planteada y mencionar que el actual procedimiento constructivo para la ejecución de estaciones subterráneas no tiene ventajas comparativas respecto del costo de ejecución, sin embargo, respecto al plazo de ejecución si se evidencia la ventaja de 17 días respecto al método propuesto.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a la condición de sitio y la geología de la zona de obra, se podría escoger el mejor método evaluando las condiciones iniciales, por ejemplo si la estación se encuentra en un lugar donde el nivel freático es alto evidentemente en este caso se tiene que hacer una depresión del nivel freático (mediante el uso de equipo de bombeo) para luego ejecutar la excavación, por lo tanto se debería analizar el costo total que implica ejecutar una estación subterránea en estas condiciones, lo que puede dar inicio a una Línea de investigación para una futura tesis.
- Otro factor importante que se debe tener en cuenta a la hora de ejecutar estaciones subterráneas es el entorno urbano, por ejemplo si estamos en una zona en donde no hay muchos edificios que tengan gran altura y teniendo un espacio adecuado en la superficie se podría considerar la construcción de estaciones a nivel o elevadas dependiendo del entorno, pero, si por el contrario tenemos una zona con una alta densidad de edificio altos y un reducido espacio, obligaría hacer la estación con el método tipo caverna o con el método cut and cover modalidad top-down pero a una mayor profundidad.
- Un factor importante a considerar a la hora de elegir el método, también es la holgura que tenemos para que pase el equipo de perforación TBM por nuestra estación, si vemos que la TBM que va a pasar por la estación a ejecutarse está próxima y el plazo es muy reducido habría que optar por la ejecución con el método que nos otorgue el menor plazo de ejecución de obra para llegar a la losa de fondo, ya que es una condición para que pase la maquina tuneladora por la estación.
- Cuando tenemos una estación subterránea construida y se desea ejecutar otra estación de interconexión, necesariamente el método recomendado es el método tipo caverna porque ya se requiere mayor profundidad.
- Para ejecutar Líneas subterráneas se recomienda que el acero a utilizar en las estructuras sea el tipo soldable pues, todas las estructura y elementos

pertenecientes a la estación, túneles, pozos y en general todas las instalaciones de las Líneas de metro deben ser aterradas.

- Para una adecuada ejecución de pilotes y muros diafragma, es necesario que el concreto tenga las características de alta fluidez y autocompactantes pues, es un concreto que no se puede vibrar.
- Un factor que también nos ayudaría a determinar el método para la construcción de estaciones es la disponibilidad de los equipos a utilizar, pues para ejecutar una estación con muros pantalla necesitamos fabricar la cuchara bivalva, este tiempo de fabricación tendría que ser considerado a la hora de pensar en este método. Sin embargo, para la ejecución de pilotes, tenemos que la pilotera es un equipo más versátil y fácil de conseguir, en tal sentido podríamos comenzar la excavación con la colocación de pilotes por varios frentes, esto nos ayudaría a reducir mucho más el tiempo de ejecución de la obra.
- El vaciado de muro pantalla o pilote tiene que contar con un suministro adecuado de concreto, pues son elementos que difícilmente puede repararse si se da una mala colocación de concreto ya que su colocación es de manera sumergida, por tubos tremie.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pinho Correa, J., Pamplona Paschoal, G., Hoffman, D. & Moreira de Souza, P., (2011). *Transporte sobre trilhos*. (2a ed.). Sao Paulo, Brasil [s.n].
2. Consorcio Metro 2 Lima, (2015). *EDI Estación Hermilio Valdizan*. Lima, Perú [s.n].
3. Consorcio Línea Uno (2012). *Propuesta Técnica: Parte 1 – Documentos Técnicos*. (Vol. 4). Panamá, Panamá, [s.n].
4. Proinversión, (2013). *Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao*. Recuperado de <http://www.proyectosapp.pe/modulos/JER/PlantillaProyecto.aspx?ARE=0&PFL=2&JER=5695>.
5. Pilotes Terratest, (2017). *Pilotes Excavados*. Recuperado de http://terratest.com.pe/tec1_pilotes.html.
6. Lopez Jimeno, C. (2011). *Manual de Túneles y Obras Subterráneas*. Madrid, España. [s.n].
7. Orihuela, P. y Orihuela J. (2003). *Constructabilidad en Pequeños Proyectos Inmobiliarios*, VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario – M.D.I. Perú 2003, Recuperado de <http://www.motiva.com.pe/articulos/constructabilidad.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1:

Presupuesto desglosado del escenario Actual:

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN					
Items	Descripción	Und	Precio	Metrado	Costo Total (\$)
09A-5.3	Caja estación				
09A-5.3.1	Movimiento de tierras caja estación				1,927,671.57
09A-5.3.1.1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	3.64	4,911.05	17,876.22
09A-5.3.1.2	Excavación desmonte a cielo abierto	m3	2.22	11,503.24	25,537.19
	Excavación entre pantallas sobre losa	m3	7.67	30,675.31	235,279.63
09A-5.3.1.4	Excavación entre pantallas bajo losa	m3	16.15	28,583.81	461,628.53
09A-5.3.1.5	Transporte a vertedero de excedentes de excavación y demoliciones	m3	10.99	94,988.00	1,043,918.12
09A-5.3.1.6	Descarga y canon de depósito de excedentes de excavación y demoliciones	m3	1.51	94,988.00	143,431.88
09A-5.3.1.7	Relleno sobre losa de cubierta con material procedente de la propia excavación	m3	7.48	-	-
09A-5.3.2	Pantallas estación				6,610,869.66
09A-5.3.2.1	Doble murete guía para pantalla de 1,00 m de ancho	m	284.58	317.42	90,331.38
09A-5.3.2.2	Excavación con pantalla de 1,00 m de ancho, con cuchara	m2	551.97	7,218.73	3,984,522.40
09A-5.3.2.3	Concreto en pantalla de 1,00 m de ancho, C. Armado f _c = 30 MPa	m2	167.79	6,784.12	1,138,307.49
09A-5.3.2.4	Acero de refuerzo f _y = 4200 kg/cm ² . En armaduras de pantallas	kg	1.59	731,093.81	1,162,439.16
09A-5.3.2.5	Regularización y limpieza de paramentos en pantallas	m2	6.15	5,607.61	34,486.80
09A-5.3.2.6	Corte de concreto por medios mecánicos	m3	350.90	214.66	75,324.19
09A-5.3.2.7	Transporte a vertedero de concreto demolido	m3	8.95	321.99	2,881.81
09A-5.3.2.8	Descarga y canon de concreto demolido	m3	1.66	321.99	534.50
09A-5.3.2.9	Sellado elástico entre junta de pantallas	m	156.00	782.32	122,041.92
09A-5.3.3	Losa de cubierta				2,229,491.28
09A-5.3.3.1	Descabezado de pantallas.	m3	150.60	126.97	19,121.68
09A-5.3.3.2	Concreto para armar f _c = 40 MPa en losas y vigas	m3	162.36	4,231.30	686,993.87
09A-5.3.3.3	Acero f _y = 4200 kg/cm ² . En armaduras.	kg	1.59	641,041.98	1,019,256.75
09A-5.3.3.4	Encofrado de losas sobre el terreno para una sola puesta	m2	24.42	4,231.30	103,328.35
09A-5.3.3.5	Encofrado plano paramentos verticales	m2	36.23	189.96	6,882.25
09A-5.3.3.6	Picado superficial para unión de losa	m2	58.88	272.58	16,049.51
09A-5.3.3.7	Forjado Prefabricado en Losa	m2	485.91	100.44	48,804.80
09A-5.3.3.8	Conector de armadura de Ø 1"	und	18.30	5,412.00	99,039.60
09A-5.3.3.9	Conector de armadura de Ø 1 3/8"	und	20.91	145.00	3,031.95
09A-5.3.3.10	Conector de armadura de Ø 3/4"	und	17.30	8.00	138.40
09A-5.3.3.11	Conector de armadura de Ø 1/2"	und	14.50	14.00	203.00
09A-5.3.3.12	Conector de armadura de Ø 3/8"	und	13.05	4.00	52.20
09A-5.3.3.13	Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4"	und	73.77	122.00	8,999.94
09A-5.3.3.14	Anclaje con barra de acero y resina Ø1 3/8"	und	77.14	96.00	7,405.44
09A-5.3.3.15	Anclaje con barra de acero y resina Ø1"	und	74.76	360.00	26,913.60
09A-5.3.3.16	Lámina de impermeabilización de cubierta	m2	48.19	3,803.07	183,269.94

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN					
Items	Descripción	Und	Precio	Metrado	Costo Total (\$)
09A-5.3.4	Losa de vestíbulo				1,508,804.38
09A-5.3.4.1	Picado superficial para unión de losa	m2	58.88	310.50	18,282.24
09A-5.3.4.2	Concreto para armar $f_c = 40$ MPa en losas y vigas	m3	162.36	2,825.02	458,670.25
09A-5.3.4.3	Acero $f_y = 4200$ kg/cm ² . En armaduras.	kg	1.59	490,410.65	779,752.93
09A-5.3.4.4	Encofrado de losas sobre el terreno para una sola puesta	m2	24.42	3,141.00	76,703.22
09A-5.3.4.5	Encofrado plano paramentos verticales	m2	36.23	331.43	12,007.71
09A-5.3.4.6	Forjado Prefabricado en Losa	m2	485.91	71.28	34,635.66
09A-5.3.4.7	Anclaje con barra de acero y resina $\varnothing 1 \frac{3}{8}$ "	und	77.14	98.00	7,559.72
09A-5.3.4.8	Anclaje con barra de acero y resina $\varnothing 3/4$ "	und	73.77	521.00	38,434.17
09A-5.3.4.9	Conector de armadura de $\varnothing 1/2$ "	und	14.50	46.00	667.00
09A-5.3.4.10	Conector de armadura de $\varnothing 1$ "	und	18.30	3,161.00	57,846.30
09A-5.3.4.11	Conector de armadura de $\varnothing 1 \frac{3}{8}$ "	und	20.91	368.00	7,694.88
09A-5.3.4.12	Pasatubos de pvc en losas	m	114.14	145.00	16,550.30
09A-5.3.5	Losa bajo anden				506,144.07
09A-5.3.5.1	Concreto para armar $f_c = 40$ MPa en losas y vigas	m3	162.36	871.43	141,485.37
09A-5.3.5.2	Acero $f_y = 4200$ kg/cm ² . En armaduras.	kg	1.59	162,024.05	257,618.24
09A-5.3.5.3	Concreto en masa para nivelación y limpieza	m3	120.03	348.57	41,838.86
09A-5.3.5.4	Zanja canalización bajo solera	m	364.91	90.01	32,845.55
09A-5.3.5.5	Arqueta in situ	und	455.38	20.00	9,107.60
09A-5.3.5.6	Pasatubos de pvc en losas	m	114.14	10.00	1,141.40
09A-5.3.5.7	Picado superficial para unión de losa	m2	58.88	78.35	4,613.25
09A-5.3.5.8	Sellado elastomérico de losa de fondo	m	54.43	321.40	17,493.80
09A-5.3.6	Pila pilote				1,660,612.45
09A-5.3.6.1	Acero $f_y = 4200$ kg/cm ² . En armaduras.	kg	1.59	175,303.40	278,732.41
09A-5.3.6.2	Concreto para armar $f_c = 40$ MPa en relleno pilares de acero	m3	176.85	386.46	68,345.45
09A-5.3.6.3	Acero a36-05 (grado 36) colocado en camisa no recuperable.	kg	5.06	79,717.91	403,372.62
09A-5.3.6.4	Ensayo sísmico en pilotes	und	75.00	18.00	1,350.00
09A-5.3.6.5	Tubo de acero negro de 2" de diámetro y de espesor 2 mm o similar	m	12.75	1,319.48	16,823.37
09A-5.3.6.6	Tubo de acero negro de 4" de diámetro y de espesor 1.5 mm o similar	m	13.25	1,319.48	17,483.11
09A-5.3.6.7	Excavación pilote, de 1000 mm a 2000 mm de diámetro.	m	909.14	659.74	599,796.02
09A-5.3.6.8	Concreto $f_c = 40$ MPa para pilote in situ, de 1000 mm a 2000 mm	m3	156.52	856.04	133,987.38
09A-5.3.6.9	Transporte a vertedero de excedentes de excavación y demoliciones	m3	10.99	2,271.16	24,960.05
09A-5.3.6.10	Descarga y canon de depósito de excedentes de excavación y demoliciones	m3	1.51	2,271.16	3,429.45
09A-5.3.6.11	Conector de armadura de $\varnothing 1 \frac{3}{8}$ "	und	20.91	1,452.00	30,361.32
09A-5.3.6.12	Murete guía para pila pilote de 1,80 m	und	1,206.94	18.00	21,724.92
09A-5.3.6.13	Anclaje con barra de acero y resina $\varnothing 1 \frac{3}{8}$ "	und	77.14	781.00	60,246.34
09A-5.7	Vigas				41,514.37
09A-5.7.1	Concreto para armar $f_c = 40$ MPa en losas y vigas	m3	162.36	90.16	14,638.38
09A-5.7.2	Acero $f_y = 4200$ kg/cm ² . En armaduras.	kg	1.59	13,370.73	21,259.46
09A-5.7.3	Encofrado vigas	m2	46.82	119.96	5,616.53
TOTAL COSTO DIRECTO					14,485,107.78
GASTOS GENERALES (21,87%)					3,167,893.07
PRESUPUESTO TOTAL (sin igv)					17,653,000.86

ANEXO 2:

Presupuesto desgregado de la Alternativa 2 con pilotes espaciados:

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN - PROPUESTA 2					
Items	Descripción	Und	Precio	Mentrado	Costo Total (\$)
09A-5.3	Caja estación				
09A-5.3.1	Movimiento de tierras caja estación				1,927,671.57
09A-5.3.1.1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	3.64	4,911.05	17,876.22
09A-5.3.1.2	Ex cavación desmonte a cielo abierto	m3	2.22	11,503.24	25,537.19
09A-5.3.1.3	Ex cavación entre pantallas sobre losa	m3	7.67	30,675.31	235,279.63
09A-5.3.1.4	Ex cavación entre pantallas bajo losa	m3	16.15	28,583.81	461,628.53
09A-5.3.1.5	Transporte a vertedero de excedentes de excavación y demoliciones	m3	10.99	94,988.00	1,043,918.12
09A-5.3.1.6	Descarga y canon de depósito de excedentes de excavación y demoliciones	m3	1.51	94,988.00	143,431.88
09A-5.3.1.7	Relleno sobre losa de cubierta con material procedente de la propia excavación	m3	7.48	-	-
09A-5.3.2	Sostenimiento de estación				5,936,839.40
09A-5.3.2.9	Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras.	kg	1.59	483,694.68	769,074.55
09A-5.3.2.9	Ensayo sónico en pilotes	und	75.00	88.00	6,600.00
09A-5.3.2.9	Ex cavación pilote, de 1000 mm a 2000 mm de diámetro.	m	909.14	2,376.00	2,160,116.64
09A-5.3.2.9	Concreto fc = 40 MPa para pilote in situ, de 1000 mm a 2000 mm	m3	156.52	2,687.19	420,599.40
09A-5.3.2.9	Transporte a vertedero de excedentes de excavación y demoliciones	m3	10.99	3,493.35	38,391.92
09A-5.3.2.9	Descarga y canon de depósito de excedentes de excavación y demoliciones	m3	1.51	3,493.35	5,274.96
09A-5.3.2.9	Conector de armadura de Ø 1 3/8"	und	20.91	4,048.00	84,643.68
09A-5.3.2.9	Sostenimiento provisional mediante concreto lanzado	m3	189.92	1,734.48	329,412.44
09A-5.3.2.9	Anclaje activo para pilotes.	m3	145.31	1,496.00	217,383.76
	MURO DE SOSTENIMIENTO FINAL				
09A-5.3.2.9	Impermeabilización con geomembrana 2 mm	und	33.56	5,256.00	176,391.36
09A-5.3.2.9	Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras.	und	1.59	473,040.00	752,133.60
09A-5.3.2.9	Concreto fc = 40 MPa para pilote in situ, de 1000 mm a 2000 mm	m3	156.52	4,730.40	740,402.21
09A-5.3.2.9	Encofrado y Desencofrado para Muro de Sostenimiento	m2	44.98	5,256.00	236,414.88
09A-5.3.3	Losa de cubierta				2,445,972.89
09A-5.3.3.1	Descabezado de pantallas.	m3	150.60	126.97	19,121.68
09A-5.3.3.2	Concreto para amar fc = 40 MPa en losas y vigas	m3	162.36	780.00	126,640.80
09A-5.3.3.3	Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras.	kg	1.59	101,400.00	161,226.00
09A-5.3.3.4	FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE DE VIGAS PREFABRICADAS	M3	818.00	1,350.00	1,104,300.00
09A-5.3.3.4	FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE DE PRELOSAS	M3	1,540.00	156.00	240,240.00
09A-5.3.3.2	Concreto para amar fc = 40 MPa en losas y vigas	m3	162.36	876.00	142,227.36
09A-5.3.3.3	Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras.	kg	1.59	113,880.00	181,069.20
09A-5.3.3.5	Encofrado plano paramentos verticales	m2	36.23	1,752.00	63,474.96
09A-5.3.3.5	Encofrado plano paramentos verticales	m2	36.23	189.96	6,882.25
09A-5.3.3.5	Encofrado plano paramentos verticales	m2	36.23	189.96	6,882.25
09A-5.3.3.6	Picado superficial para unión de losa	m2	58.88	272.58	16,049.51
09A-5.3.3.7	Fojado Prefabricado en Losa	m2	485.91	100.44	48,804.80
09A-5.3.3.8	Conector de armadura de Ø 1"	und	18.30	5,412.00	99,039.60
09A-5.3.3.9	Conector de armadura de Ø 1 3/8"	und	20.91	145.00	3,031.95

ESTACIÓN 23: HERMILO VALDIZAN - PROPUESTA 2					
Items	Descripción	Und	Precio	Mentrado	Costo Total (\$)
09A-5.3.3.10	Conector de armadura de Ø 3/4"	und	17.30	8.00	138.40
09A-5.3.3.11	Conector de armadura de Ø 1/2"	und	14.50	14.00	203.00
09A-5.3.3.12	Conector de armadura de Ø 3/8"	und	13.05	4.00	52.20
09A-5.3.3.13	Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4"	und	73.77	122.00	8,999.94
09A-5.3.3.14	Anclaje con barra de acero y resina Ø1 3/8"	und	77.14	96.00	7,405.44
09A-5.3.3.15	Anclaje con barra de acero y resina Ø1"	und	74.76	360.00	26,913.60
09A-5.3.3.16	Lámina de impermeabilización de cubierta	m2	48.19	3,803.07	183,269.94
09A-5.3.4	Losa de vestíbulo				1,558,001.12
09A-5.3.4.1	Picado superficial para unión de losa	m2	58.88	-	-
09A-5.3.4.2	Concreto para armar fc = 40 MPa en losas y vigas	m3	162.36	2,825.02	458,670.25
09A-5.3.4.3	Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras.	kg	1.59	490,410.65	779,752.93
09A-5.3.4.4	Encofrado de losas sobre el terreno para una sola puesta	m2	24.42	-	-
09A-5.3.4.5	Encofrado plano paramentos verticales	m2	44.98	3,472.43	156,189.90
09A-5.3.4.6	Forjado Prefabricado en Losa	m2	485.91	71.28	34,635.66
09A-5.3.4.7	Anclaje con barra de acero y resina Ø1 3/8"	und	77.14	98.00	7,559.72
09A-5.3.4.8	Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4"	und	73.77	521.00	38,434.17
09A-5.3.4.9	Conector de armadura de Ø 1/2"	und	14.50	46.00	667.00
09A-5.3.4.10	Conector de armadura de Ø 1"	und	18.30	3,161.00	57,846.30
09A-5.3.4.11	Conector de armadura de Ø 1 3/8"	und	20.91	368.00	7,694.88
09A-5.3.4.12	Pasatubos de pvc en losas	m	114.14	145.00	16,550.30
09A-5.3.5	Losa bajo anden				506,144.07
09A-5.3.5.1	Concreto para armar fc = 40 MPa en losas y vigas	m3	162.36	871.43	141,485.37
09A-5.3.5.2	Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras.	kg	1.59	162,024.05	257,618.24
09A-5.3.5.3	Concreto en masa para nivelación y limpieza	m3	120.03	348.57	41,838.86
09A-5.3.5.4	Zanja canalización bajo solera	m	364.91	90.01	32,845.55
09A-5.3.5.5	Arqueta in situ	und	455.38	20.00	9,107.60
09A-5.3.5.6	Pasatubos de pvc en losas	m	114.14	10.00	1,141.40
09A-5.3.5.7	Picado superficial para unión de losa	m2	58.88	78.35	4,613.25
09A-5.3.5.8	Sellado elastomérico de losa de fondo	m	54.43	321.40	17,493.80
09A-5.3.6	Pila pilote				-
09A-5.3.6.1	Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras.	kg	1.59	-	-
09A-5.3.6.2	Concreto para armar fc = 40 MPa en relleno pilares de acero	m3	176.85	-	-
09A-5.3.6.3	Acero a36-05 (grado 36) colocado en camisa no recuperable.	kg	5.06	-	-
09A-5.7	Vigas				41,514.37
09A-5.7.1	Concreto para armar fc = 40 MPa en losas y vigas	m3	162.36	90.16	14,638.38
09A-5.7.2	Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras.	kg	1.59	13,370.73	21,259.46
09A-5.7.3	Encofrado vigas	m2	46.82	119.96	5,616.53
					-
TOTAL COSTO DIRECTO					12,416,143.41
GASTOS GENERALES					3,291,016.49
PRESUPUESTO TOTAL (sin igv)					15,707,159.90