



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

MÉTODO CONSTRUCTIVO MURO PANTALLA PARA MEJORAR LA CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONES DE METRO SUBTERRÁNEO EN LIMA EN EL 2020

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Roberto Daniel Clavijo Zavaleta

Asesor:

Ing. Neicer Campos Vásquez

Lima - Perú

2020

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Carrera profesional de, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Clavijo Zavaleta, Roberto Daniel

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Método constructivo muro pantalla para mejorar la construcción de estaciones de metro subterráneo en Lima en el 2020” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Neicer Campos Vásquez
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: para aspirar al título profesional con la tesis denominada:

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y
Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y
Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y
Apellidos
Jurado

DEDICATORIA

A mi madre Soledad Zavaleta Crisólogo, por educarme y darme el valor de superación constante. A mi esposa Cinthia Vilcherres Cáceres, por su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida. A mis hijos y mis hermanos por ser apoyo e impulso para seguir con el desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

En el proceso de preparación de esta tesis tuve mil y un vivencias, sin duda alguna para recordar junto con personajes a los cuales estaré eternamente agradecido y que cada uno colaboró directa o indirectamente. Uno de ellos: la empresa donde laboro “Consortio Metro 2 de Lima” además mostrar un agradecimiento especial a mí amada familia que siempre está ahí para apoyarme en cada paso de mi vida.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Antecedentes de la investigación	21
1.3. Justificación.....	25
1.4. Limitaciones	26
1.5. Bases teóricas	27
1.3.2. Método constructivo Muro Pantalla.....	28
1.3.3. Estaciones de Metro	29
1.3.4. Estaciones de metro subterráneo	29
1.3.5. Murete Guía.....	30
1.3.6. Juntas de estanquidad	31
1.3.7. Suspensión de bentonita	31
1.3.8. Ejecución de la excavación	33
1.3.9. Jaulas de armadura	33
1.3.10. Hormigonado.....	35
1.3.11. Descabezado.....	35
1.3.12. Otros métodos constructivos	35
1.4. Formulación del problema	37
1.5. Objetivos	37
1.6. Hipótesis.....	37
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	38
2.1. Tipo de investigación	38
2.2. Diseño de investigación: transversal	39
2.3. Variables.....	41
2.3.1. Variables.....	41
2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	44
CAPÍTULO III. RESULTADOS	54
3.1. Procedimiento Constructivo para Ejecución de Muros Pantalla	54

3.2.	Protocolos y Registros de Calidad	58
3.3.	Porcentaje de mejora del método muro pantalla respecto a otros métodos	60
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		62
REFERENCIAS		70
ANEXOS		71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de las suspensiones de bentonita frescas.....	32
Tabla 2 Características de las suspensiones de bentonita.....	32
Tabla 3 Clasificación de Variables	42
Tabla 4 Operacionalización de la Variables	43
Tabla 5 Materiales empleados en la investigación	46
Tabla 6 Estación E-23 Hermilio Valdizán - Estudio Definitivo de Ingeniería.....	50
Tabla 7 Estación E-24 Mercado Santa Anita - Estudio Definitivo de Ingeniería.....	51
Tabla 8 Diseño de documentos para control de calidad	52
Tabla 9 Costos de procedimientos.....	60
Tabla 10 Comparaciones económicas	60
Tabla 11 Plazos de procedimientos	61
Tabla 12 Comparaciones en plazo de obra.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Esquema de estación subterránea.	29
<i>Figura 2:</i> Sección referencial de murete guía.	30
<i>Figura 3:</i> Instalación de jaula de armadura.	34
<i>Figura 4:</i> Muros perimetrales con pilotes	36
<i>Figura 5:</i> Muros anclados	36

RESUMEN

La presente investigación se realizó en Santa Anita, Lima, se describió el Método constructivo muro pantalla para mejorar la construcción de estaciones de metro subterráneo en Lima en el 2020. Para la realización de la tesis se utilizó un diseño no experimental, transversal, descriptivo, el muestreo fue no probabilístico, la recolección de datos se realizó con la técnica de la entrevista, el instrumento utilizado fue la guía de entrevista y se hizo un análisis documental. El problema es que actualmente en Lima existe una necesidad por mejorar el transporte público, sin embargo tenemos una ciudad con alta densidad de estructuras existentes esto genera la necesidad de buscar soluciones constructivas que se acomoden a la realidad urbana existente, de eso se desprende el uso de procedimientos constructivos y controles de calidad. Se logró conocer el procedimiento constructivo de los muros pantalla y los controles de calidad necesarios para una buena ejecución de los muros pantalla; además, se analizó el porcentaje de mejora y se concluyó que este método tiene una mejor constructabilidad respecto a otros métodos.

Palabras clave: Muro pantalla, Estaciones, Metro, Subterráneo, Método Constructivo.

ABSTRACT

This research was conducted in Santa Anita, Lima, the wall screen construction method was described in underground subway structures in Lima in 2020. A non-experimental design was used to complete the thesis, transversal, descriptive, the sampling was not probabilistic, Data collection was carried out with the interview technique, the instrument used was the interview guide, and a documentary analysis was made. The problem is that currently in Lima there is a need to improve public transportation, however, we have a city with a high density of existing structures. This generates the need to look for constructive solutions that adapt to the existing urban reality. That follows the use of constructive procedures and quality controls. It was possible to know the construction procedure of the screen walls and the quality controls necessary for a good execution of the screen walls; also, the percentage of improvement was analyzed and it was concluded that this method has better constructability compared to other methods.

Keywords: Wall screen, Seasons, Station, Underground, Constructive Method.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad la inclusión de metros subterráneos al sistema de transporte en una ciudad es cada vez más común para la solución a los problemas de congestión vehicular, es por ello que la metodología de trabajo para la construcción de estaciones de metro subterráneo está bien desarrollada, en muchos casos aplicando el método constructivo Muro Pantalla también llamado en algunos países como Muro Milán o Sistema de Milán, más aún en países del primer mundo en los que existen gran cantidad de líneas de metro subterráneo.

En México se construyó la Línea 12 del Metro de la Ciudad de México, línea que contiene tanto estaciones superficiales como también subterráneas en las cuales se aplicó el método constructivo Muro Pantalla tal como lo menciona Nava Martínez, C. (2016). Diseño geotécnico de cimentaciones. *“la importancia de tuvo la geotecnia para la construcción de la estación Zapata, perteneciente a la línea 12 del Metro, donde fue necesario el diseño y construcción de muros Milán, partiendo de la ejecución de sondeos y pruebas de laboratorio necesarias para obtener sus propiedades índice y mecánicas, con las cuales fue posible realizar el diseño de los elementos necesarios durante su construcción.”*

En España como se sabe cuenta con ciudades que tienen metros subterráneos que datan de hace más de 3 décadas y son muchas las líneas de metro que en sus estaciones subterráneas se aplicó el método constructivo Muro Pantalla tal

como se cuenta en De Justo (1994). Pasado y futuro del metro en Sevilla (No. 16).

Universidad de Sevilla. *“Las obras a cielo abierto comenzaron en 1974 por el tramo I, desde La Plata a Gran Plaza, y finalizaron, poco antes del mundial de fútbol del año 1982, con el tramo II que llegaba hasta el telescopio de enlace con el tramo a ejecutar en mina situado en la Huerta del Rey, junto al colegio de los jesuitas Porta Coeli, en la Avenida Eduardo Dato.*

El procedimiento constructivo empleado contaba con los antecedentes de los metros de Milán, Méjico, Lyon, Barcelona e incluso Madrid, así como la amplia experiencia en Sevilla en la aplicación de la técnica de pantallas para la excavación de sótanos en edificios modernos.”

Muchas veces existe la necesidad de reforzar o modernizar una estructura que lleva consigo muchos años de existencia y esto a veces es muy difícil en ciudades desarrolladas dado que no existe el espacio superficial ni subterráneo para la inclusión de sótanos a estas estructuras, es ahí cuando la aplicación del método constructivo muro pantalla se vuelve la solución más viable, es lo que sucedió en el proyecto de construcción aparcamiento subterráneo y local comercial en la ciudad de Valencia, España. Tal como nos cuenta en su trabajo final de grado Martínez (2018): “La Dirección Facultativa, propone la supresión en tal medianera, de la realización de un muro pantalla, mientras que el muro pantalla con la medianera C/ Del Arzobispo Fabián y Fuero nº 23 se acuerda que su espesor sea de 35cm y la supresión de uno de los lados del murete guía, con fin de contrarrestar la pérdida de espacio.

Dado que la estructura metálica de la nave, debe quedar realizada antes de comenzar el vaciado del solar, puesto que para su ejecución se requiere

maquinaria pesada que no podría transitar por los forjados de losa, y en la medianera de conflicto, no hay muro pantalla donde apoyar los pilares metálicos de la cubierta, se ha previsto la ejecución, desde la cota 0, de unos pilares de hormigón cuya cimentación van a estar constituidas por muros pantallas de profundidad de 6,00 a 9,00 metros y perpendiculares al muro de sótano colindante” (p.14)

En el Perú Lima actualmente se viene desarrollando la Línea 2 del Metro de Lima, proyecto en el cual se viene aplicando el método constructivo Muro Pantalla en sus estaciones subterráneas, tal como nos informan Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017). Análisis de los procesos constructivos cut and cover para evaluar el plazo y costo de la construcción de una estación subterránea típica. En parte del análisis nos cuentan el procedimiento constructivo de la Estación Hermilio Valdizán en donde nos podemos enterar de las etapas iniciales del procedimiento hasta la ejecución de las mismas, *“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.”*

En nuestra investigación la variable dependiente es Método Constructivo Muro Pantalla y la entidad que controla la variable es el Consorcio Constructor Metro 2 de Lima, dado que este consorcio es el ejecutor del proyecto de la Línea 2 del Metro de Lima en el año 2020. Debido a ello el consorcio tendrá la responsabilidad de controlar el método constructivo aplicando las normas vigentes tanto nacionales como extranjeras fijadas en los estudios de ingeniería aprobados por la Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico AATE que es la entidad creada por el

estado para administrar la infraestructura ferroviaria a la red básica del Metro de

Lima.

Sanhueza, Oteo (2008) Encontró que *“La experiencia adquirida durante las últimas ampliaciones de la red de metro en Madrid, ha permitido concluir que el sistema constructivo más adecuado al momento de abordar la ejecución de las estaciones, lo constituye la solución por medio de pantallas. Así ha quedado demostrado en las más de 70 estaciones construidas con este sistema entre los años 1995 y 2003. En términos generales, las estaciones son recintos confinados por pantallas de hormigón en los que se emplea el denominado sistema ascendente-descendente, lo cual permite reponer todo lo que existe en superficie, incluyendo el tránsito vehicular.”*

De León (2014) Encontró que *“Dentro de las ventajas que presenta este sistema, se pueden destacar su continuidad, resistencia, estanqueidad y ejecución poco ruidosa en comparación con otros sistemas. La descompresión del terreno es mínima al no existir la necesidad de una excavación y relleno del trasdós del muro. Aunque en principio, la misión de las pantallas es contener e impermeabilizar la solución eficaz para limitar los movimientos del terreno, consecuentes a todas estas estructuras tienen la doble función de resistir los empujes del terreno.”*

Coll (2014) Encontró que *“Hay varias zonas de Lima de alta densidad de oficinas, centros comerciales y viviendas, en donde se requiere concesionar el subsuelo para la construcción de estacionamientos subterráneos, tales como el centro de Lima, San Isidro y Miraflores, entre otros. Estaciones de Metro*

Subterráneo La gran mayoría de las Estaciones de Metro subterráneo se construyen entre muros - diafragma o muros - pilote, con el método de “arriba hacia abajo”, tan es así, que 30 de las 35 estaciones de la próxima Línea 2 del Metro de Lima, se construirán de esta forma, mientras que las 5 Estaciones restantes se construirán como caverna.”

El material de investigación dado por (Sanhueza, 2008) nos permite tener un mayor alcance acerca del método constructivo ideal para la construcción de metros subterráneos, dado que Madrid (España) es una de las ciudades con una buena cantidad de líneas y estaciones de metro construidas desde hace ya buen tiempo tal como nos cuenta en su investigación.

Por otro lado (De León, 2014) nos cuenta acerca de las ventajas de la aplicación del método constructivo muros pantalla desde el punto de vista del comportamiento estructural, por la continuidad que permite el método constructivo además de la resistencia para soportar los empujes que dependerán del diseño estructural de la pantalla y la ejecución poco ruidosa que colabora a tener una menor contaminación sonora en nuestro medioambiente.

Finalmente (Coll, 2014) nos adelanta en su artículo de revista científica acerca de las construcciones de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima, proyecto que actualmente está en ejecución y que nos ha estimulado a realizar esta investigación dado que es el primer proyecto de metro subterráneo en el Perú.

Pilotes Terratest (2012) La construcción de la Central Hidroeléctrica

Rucatayo requería de la ejecución de una cortina impermeable constituida por un muro pantalla de 233 m. de longitud y una profundidad máxima de 60mt, ejecutada desde plataformas ubicada entre las cotas 116 y 150.

Se ha considerado un espesor de pared de 80 cm, Para la excavación se utilizaron herramientas tipo Cuchara con cables manipulados con grúas de 50 Ton, sobre orugas. Respetando las tolerancias de desviación indicadas en las norma europea UNEEN 1538, Nov/2000, "Ejecución de trabajos geotécnicos especiales: Muros Pantalla".

El principio general de este método se basa en la en la ejecución de una trinchera por paneles primarios y paneles secundarios o paneles sucesivos cuyos anchos de paneles fueron de hasta 7,5 metros. La excavación de la pared moldeada se realizó bajo la protección de lodo bentonítico para estabilizar las paredes de la zanja. Una vez realizada la excavación se colocan las jaulas de enfierradura, para posteriormente proceder al hormigonado, el cual es vaciado directamente de los camiones mixer en las tuberías Tremie.

En el Perú según Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017) El proyecto "Línea 2 y el Ramal av. Faucet – Av. Gambeta" a cargo del Consorcio constructor Metro 2 Lima la construcción de la estación E-23 Hermilio Valdizán correspondiente a la Etapa 1A se ha construido mediante el método cut and cover el cual consta inicialmente de la excavación para la ejecución de los muros guía que servirán para ejecutar las pantallas, la ejecución de pantallas se dan con tres tipos de paneles que serán; paneles de inicio, paneles de avance y paneles de cierre.

En el Perú la necesidad de mejorar el sistema de transporte ha generado

la proyección de líneas de metro. Actualmente existe en servicio la Línea 1 del Metro de Lima y se viene ejecutando la Línea 2 del Metro de Lima. Esta última tiene como característica la utilización del método constructivo muro pantalla en la ejecución de sus estaciones ya que están ejecutadas y proyectadas como estaciones subterráneas. Sin embargo el trazo de la Línea 2 del Metro de Lima cubre avenidas en las que existen gran cantidad de estructuras existentes. (Ver Anexo 01)

Es por ello la necesidad de aplicar un método constructivo para las estaciones subterráneas que facilite la construcción en avenidas con ancho reducido, dado que no se cuenta con el espacio suficiente para utilizar otro tipo de muros de contención además de las maniobras de las maquinarias del proyecto.

Además con la experiencia adquirida durante la investigación se ha concluido que la información científica acerca del método constructivo muros pantalla en el Perú aún es escasa. Esto debido a que la aplicación del método constructivo no se ha aplicado en muchos proyectos, y en Lima es precisamente en la construcción de las estaciones metro subterráneo de la línea 2 del metro de Lima en la que se aplica por primera vez según nos cuenta el ejecutor en Pilotes Terratest Terra Foundations, (Agosto 2016).

Debido a la falta de información esta tesis busca poder informar a la comunidad ingenieril acerca del método constructivo para aportar a la bibliografía nacional.

Actualmente en nuestro país se viene ejecutando la Línea 2 del Metro de

Lima que contará con estaciones subterráneas las cuales se componen en su perímetro de muros construidos aplicando el método constructivo muro pantalla.

Este método constructivo se caracteriza por la utilización de grúas para la etapa de excavación de módulos y otras para la colocación de los refuerzos de acero, debido a esto el proceso constructivo requiere de espacio suficiente para las maniobras de los equipos en el lugar de trabajo.

Además existen diversos factores al momento de la construcción de estructuras subterráneas como por ejemplo los límites prediales. Esto genera que la utilización del método muros pantalla sea ideal en estos casos ya que los muros no requieren de expropiaciones para su ubicación y tampoco requieren de anclajes que invadan áreas aledañas.

Generalmente las estructuras subterráneas en el Perú se han construido aplicando el método constructivo “muro anclado” esto nos hace pensar que las estaciones de metro que se están ejecutando en el proyecto mencionado también han podrían ser construidas con este método. Sin embargo, la dificultad de este proyecto es que se está desarrollando en plena ciudad lo que conlleva a diferentes obstáculos como por ejemplo: debilitación de las bases de estructuras aledañas, estabilidad de suelos, tiempo de construcción y desvíos de tráfico. Siendo este último un obstáculo secundario en relación al método constructivo pero no menos importante ya que la estando en plena ciudad la rapidez de la construcción es una variable significativa.

Los muros pantalla son aquellos muros cuya construcción se caracteriza

por excavar, armar y vacear por debajo del nivel de terreno formando un muro
perimetral para luego realizar excavación masiva libremente en su interior.

Pilotes Terratest Terra Foundations, (Agosto 2016) *“Un muro pantalla se construye mediante paneles verticales sucesivos, excavados con cucharas bajo lodos (normalmente bentonita). El lodo estabiliza la excavación durante el proceso constructivo. Una vez excavado el panel, se recicla el fluido estabilizante, se coloca la armadura y finalmente se procede a hormigonar.”*

En el Perú no muchos proyectos contienen en su haber muros pantalla por esta razón el conocimiento acerca del control en las diferentes etapas y áreas de la aplicación de este método constructivo aún es escaso.

Pilotes Terratest Terra Foundations, (Agosto 2016) *“Se implementó por primera vez en Lima la tecnología para ejecutar Muros Pantalla de espesor de 800, 1000 y 1200mm de 0 a 42m de profundidad.”*

En la presente investigación nos centraremos en el área de producción del método constructivo para dar a conocer la funcionalidad y constructabilidad de la aplicación de muros pantalla en la construcción de estructuras de metro subterráneo facilitando su aplicación en espacios reducidos de trabajo y generando ahorro respecto a la utilización de otros métodos, a su vez veremos las consideraciones a tomar para saber si de acuerdo al tipo de obra resulta conveniente usar este método.

1.2. Antecedentes de la investigación

Título: *Criterios y parámetros de diseño para pantallas continuas en Madrid*

Sanhueza, Oteo (2008) La experiencia adquirida durante las últimas ampliaciones de la red de metro en Madrid, ha permitido concluir que el sistema constructivo más adecuado al momento de abordar la ejecución de las estaciones, lo constituye la solución por medio de pantallas. Así ha quedado demostrado en las más de 70 estaciones construidas con este sistema entre los años 1995 y 2003. En términos generales, las estaciones son recintos confinados por pantallas de hormigón en los que se emplea el denominado sistema ascendente-descendente, lo cual permite reponer todo lo que existe en superficie, incluyendo el tránsito vehicular.

El autor Sanhueza nos aporta indicando que a partir de la experiencia adquirida a lo largo de los años en los que Madrid, España ha tenido los proyectos de metro subterráneo, se concluye que el método constructivo más adecuado para la construcción de las estaciones es el de “Muro Pantalla”. Esta conclusión es confiable y a la vez aplicable para nuestro país ya que actualmente en el año 2020 sólo contamos con una Línea de metro en servicio y esta se moviliza por medio de viaducto.

Título: *Análisis comparativo de excavaciones con muros pantalla diseñados mediante el método de elementos finitos utilizando diferentes modelos constitutivos.*

De León (2014) Dentro de las ventajas que presenta este sistema, se pueden destacar su continuidad, resistencia, estanqueidad y ejecución poco ruidosa en comparación con otros sistemas. La descompresión del terreno es mínima al no existir la necesidad de una excavación y relleno del trasdós del muro. Aunque en principio, la misión de las pantallas es contener e impermeabilizar la solución eficaz para limitar los movimientos

del terreno, consecuentes a todas estas estructuras tienen la doble función de resistir los empujes del terreno.

El autor De León nos aporta detallando algunas de las ventajas que existen a partir del uso de muros pantalla, nos indica por ejemplo que su ejecución es poco ruidosa en comparación con otros métodos constructivos, además la descompresión del terreno es mínima debido a la forma de excavación que utiliza el método constructivo muro pantalla como ya explicaremos más adelante.

Título: *Muros–Diafragma y Muros–Pilote: Aporte a la solución del tráfico de Lima*

Coll (2014) Hay varias zonas de Lima de alta densidad de oficinas, centros comerciales y viviendas, en donde se requiere concesionar el subsuelo para la construcción de estacionamientos subterráneos, tales como el centro de Lima, San Isidro y Miraflores, entre otros. Estaciones de Metro Subterráneo La gran mayoría de las Estaciones de Metro subterráneo se construyen entre muros - diafragma o muros - pilote, con el método de “arriba hacia abajo”, tan es así, que 30 de las 35 estaciones de la próxima Línea 2 del Metro de Lima, se construirán de esta forma, mientras que las 5 Estaciones restantes se construirán como caverna.

El autor Coll nos aporta informando acerca del uso de muros pantalla en la gran mayoría de estaciones subterráneas de la Línea 2 del Metro de Lima, esto debido a la presencia de estructuras existentes a lo largo del trazo de la ruta, ya que es por este motivo que limita de forma importante el espacio que existe para las construcciones de las estaciones del metro subterráneo.

Título: *Pantallas de Contención Métodos de Diseño y Aplicaciones*

Errázuriz (2009) “El proyecto Merval IV Etapa corresponde a la construcción del primer Metro Regional de Chile. Este fue construido entre los años 2002 a 2005 entre la ciudad de Valparaíso y la localidad de Limache V Región.” (p.90) “La pared moldeada construida para Merval IV Etapa corresponde a una pantalla de 60cm de espesor, la que fue excavada y construida en tramos de 5.0 a 6.80m de longitud hasta una profundidad de 7.00 a 8.00m bajo el piso de excavación, es decir a unos 20 a 21m bajo el nivel de terreno.” (p.91)

El autor Errázuriz nos aporta dando a conocer que en la construcción del metro regional de Chile, existen estructuras en las cuales se aplicó el método constructivo muro pantalla el cual tiene un espesor de 60cm y se ejecutó en tramos entre 5.0 y 6.80m de longitud además de una profundidad de entre 20 y 21m.

Título: *Pasado y futuro del metro en Sevilla*

De Justo (1994) “En el tramo La Plata-San Bernardo, de unos 4 km de longitud y representado en color verde en la figura 1, al corresponder a zonas de desarrollo urbanístico moderno y disponer de amplias avenidas, se adoptó el llamado sistema Milán, consistente en una ejecución a cielo abierto mediante zanja entibada con muros-pantalla empotrados en las mangas azules que, en dicha zona, se encuentran a profundidades entre 12 y 18 m relativamente superficiales.” (p.25) (Ver Anexo 02)

El autor De Justo nos indica que debido a las zonas de desarrollo urbanístico moderno y además amplias avenidas, se adoptó el uso del llamado sistema Milán nombre que se le da en algunos países al método constructivo muro pantalla. Esto nos da un aporte importante acerca de que el criterio de diseño adecuado para casos de estructuras subterráneas en zonas urbanísticas, es aplicar el método constructivo muro pantalla.

Título: ***Informe 2 – Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil***

Proinversión (2012) “El Metro de Lima, conocido también como Tren Eléctrico de Lima es un ferrocarril metropolitano que recorre la ciudad de Lima, desde su extremo sur hasta las inmediaciones de su centro histórico. La Línea 1 del Metro de Lima opera casi en su totalidad bajo el sistema de viaducto elevado, no obstante se determinó que la Línea 2 y las siguientes cuatro líneas serán subterráneas.” (p.99)

Proinversión informa que la Línea 1 del metro de Lima opera casi en su totalidad bajo el sistema de viaducto, sin embargo conocemos que la línea 1 inició su construcción en el año 1986 tal como podemos corroborar en Kohon, J. (2016) “En marzo de 1986 comenzaron los estudios y los proyectos de ingeniería y, en octubre de ese mismo año, las obras civiles que, partiendo de Villa El Salvador, fueron financiadas por el tesoro público y ejecutadas por diversos contratistas nacionales a través de 50 contratos de obras.” (p.28). No obstante Proinversión determinó que la Línea 2 y las siguientes cuatro líneas sean subterráneas, esto nos aporta la idea que debido a la alta densidad de zona urbanística moderna, además de la tecnología y metodología actual la ejecución de líneas de metro subterráneo sería la mejor opción y por ende el uso del método constructivo muro pantalla también.

Título: ***Análisis de los procesos constructivos cut and cover para evaluar el plazo y costo de la construcción de una estación subterránea típica***

Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017) Concluye en su análisis del actual método constructivo aplicado a las estructuras de la estación subterránea Hermilio Valdizán en comparación con Alternativa dos (procedimiento con pilotes espaciados) y con Alternativa tres (muros anclados). Encontró que la alternativa dos tiene un aumento de plazo de 17 días respecto al procedimiento constructivo muro pantalla y que la

alternativa tres tiene un ahorro en tiempo de 82 días; sin embargo, esta alternativa requiere un área de trabajo mayor a la actual lo que tendría un mayor impacto social del que se tiene actualmente.

Los autores Padilla, Amado, Pando & Sixto nos aportan información acerca de los impactos económicos, de operatividad y constructabilidad de la aplicación de algunos métodos constructivos y nos permite concluir para el caso de la estación Hermilio Valdizán que el método constructivo muro pantalla es el método ideal tanto en el aspecto económico como en la constructabilidad. (Ver Anexos 14, 15, 16, 17 y 18) los cuales utilizaremos para hacer la comparación económica y de plazos de obra para el cálculo de porcentaje de mejora.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Técnica

En la actualidad realizar un proyecto que demande cierre de avenidas, desvío de tránsito o impacte de alguna manera la situación natural de la ciudad es un problema más aún en el caso del proyecto del metro 2 de Lima, que siendo un proyecto de gran envergadura este afecta gran parte de la ciudad con la construcción de sus estaciones subterráneas, es por ello que los impactos que se generen en la superficie urbanística, además de los tiempos de construcción deberán afectar lo mínimo posible.

Es por ello que se consideró importante estudiar el método constructivo muro pantalla con el propósito de analizar la elección de este en ciudades con densidad poblacional alta.

La investigación ayuda a determinar si el método constructivo

muro pantalla es óptimo e idóneo para proyectos de metro subterráneo.

1.3.2. Justificación Económica

A estas alturas del siglo XXI existe una gran variedad de métodos constructivos que se podrían utilizar para la construcción de estaciones subterráneas del proyecto del metro 2 de Lima, incluso con la globalización podemos empaparnos a detalle de diferentes técnicas aplicadas en otras partes del mundo; sin embargo, los costos pueden variar según la ubicación, existencia de estructuras adyacentes, geología, etc.

Es por ello que hemos visto conveniente analizar los costos de construcción del método constructivo muro pantalla con el propósito de comparar con los costos regulares de la utilización de otros métodos constructivos.

1.4. Limitaciones

1.4.1. Limitación de la investigación

Las principales limitaciones de la investigación surgen debido a la escases de información científica en el Perú acerca del método constructivo muro pantalla, así como también el hecho de no contar con estaciones de metro subterráneo en el país.

1.4.2. Limitaciones del alcance de la investigación

La presente investigación busca describir el método constructivo

muro pantalla, sólo en el ámbito de estaciones de metro subterráneo; sin embargo, se realizaron breves investigaciones de otros métodos constructivos con el fin de realizar análisis técnicos y aproximaciones económicas

1.5. Bases teóricas

1.5.1. Muros Pantalla

A continuación, daremos un alcance acerca de la definición de Muro Pantalla.

Leon (2014) “Las Pantallas son elementos verticales de hormigón armado de sección rectangular, que presentan una continuidad funcional a lo largo de su traza, se construyen en forma de paneles discontinuos directamente en el terreno desde su superficie sin el empleo de moldajes y antes de realizar las excavaciones correspondientes a los vaciados. Para garantizar la estabilidad de la zanja en la cual se construyen dichas paredes en el caso de que el terreno sea inestable o de cohesión baja la estabilidad está garantizada por el empleo de lodos tixotrópicos.”

López (2010) “Un muro pantalla es una cimentación del edificio, sería la cimentación profunda podría podríamos hablar tanto de cimentación como elemento de contención ya que el muro pantalla va a recibir cargas en su perímetro y también del terreno que lo circunda.

Se trata de unos muros verticales habitualmente realizados con hormigón armado, es decir hormigón y una serie de redondos o armaduras que introducimos en él y con unas dimensiones o un espesor constante en torno a 60 80 cm.

Su forma de trabajo estructural fundamentalmente a flexión ya que recibe los empujes del terreno a una gran profundidad y tiene una parte del mismo empotrado en la parte inferior.

Se utilizan sobre todo con terrenos deficientes el número de plantas bajo rasante sería conveniente utilizarlo a partir de dos o tres plantas de sótano y sobre todo también en zonas urbanas cuando tenemos edificación colindante, es muy conveniente también emplearlo cuando tenemos el nivel freático alto ya que estos muros nos dan unas ciertas condiciones de impermeabilidad de la excavación.”

1.3.2. Método constructivo Muro Pantalla

Sanhueza (2007) “en Italia, en los años 50, Veder y Marconi descubrieron un nuevo procedimiento que dio origen a las pantallas continuas de hormigón. Esta idea surgió debido a la necesidad de aprovechar mejor los espacios urbanos por los problemas que plantean las excavaciones profundas cercanas a edificios y por construcciones donde el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie. Las pantallas continuas de hormigón son elementos verticales de hormigón armado de

sección rectangular, que se construyen en forma de paneles discontinuos directamente en el terreno desde la superficie de este. Estas estructuras tienen la doble función de resistir los empujes del terreno y limitar la entrada de agua al interior de la excavación, según corresponda.” (p.13)

1.3.3. Estaciones de Metro

“Se trata de un proyecto arquitectónico urbano destinado al uso de las personas, cuyo fin principal es el transbordo e intercambio entre diversos medios de transporte terrestre: buses urbanos, ferrocarriles, metros, tranvías, automóviles, taxis, bicicletas, etc.” (p.38)

1.3.4. Estaciones de metro subterráneo

Según Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017) son infraestructuras que dan acceso a los trenes, varían en forma y tamaño y esto depende de la capacidad, tamaño de los trenes, así como también su ubicación.



Figura 1: Esquema de estación subterránea.
Fuente: Proinversión (2012)

1.3.5. Murete Guía

Según la norma UNE-EN 1538-2011 “Los muretes guía son muros temporales y paralelos de pequeña profundidad que se usan para guiar a la máquina de excavación, para asegurar los lados de la zanja del colapso en su parte superior cerca del nivel de la plataforma, y para apoyar y facilitar la colocación de la armadura.” (p.12) Es así como se describe en Murray, D. (2017) “El siguiente paso consiste en construir un murete guía que son utilizados para guiar al equipo de excavación dentro de tolerancias de movimiento permitidas (...) Estos muros guías son construidos con hormigón reforzado y dejan un espacio, para las pantallas, de 1.5 m. Luego entra la apantalladora en acción y empieza a remover tierra” (p.16)

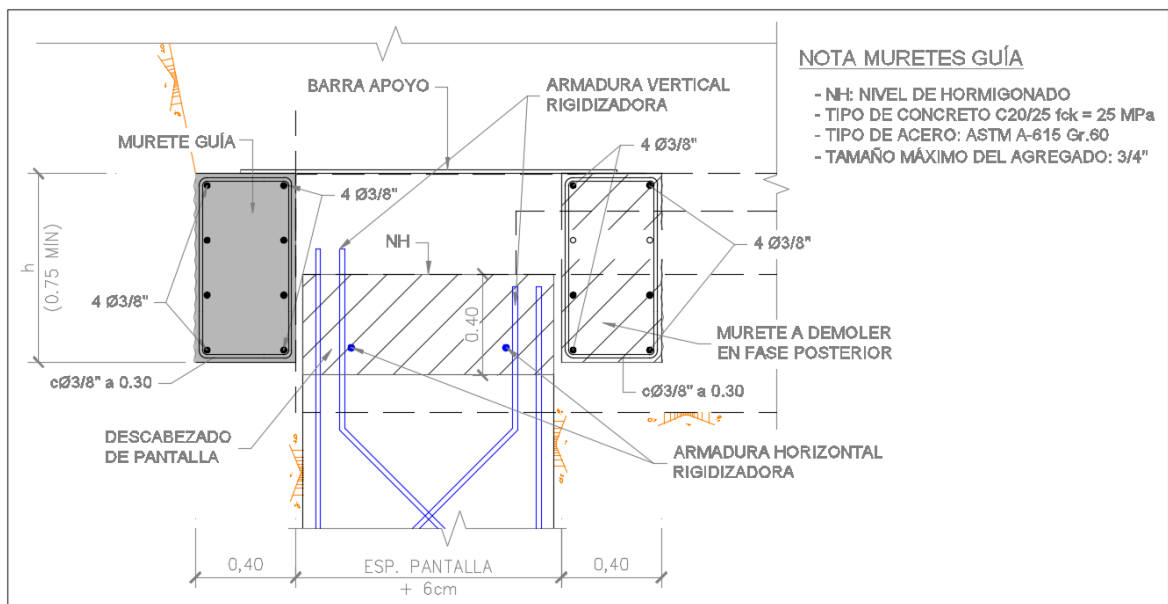


Figura 2: Sección referencial de murete guía.
Fuente: Elaboración propia.

1.3.6. Juntas de estanquidad

Según la norma UNE-EN 1538-2011 “La junta de estanquidad es un elemento especial flexible que se coloca longitudinalmente en un encofrado de modo que la mitad de la junta queda embebida en el hormigón de un panel después del hormigonado y el desencofrado. Cuando se construye el panel adyacente, la otra mitad de la junta se libera y queda embebida en el hormigón. Como resultado, la junta rodeada de hormigón en la zona de contacto entre los dos paneles ayuda a limitar la filtración de agua a través de su superficie crítica. Si es necesario se pueden instalar dos juntas en una misma unión.” Esta junta es llamada tope y su proceso de instalación se describe en Murray, D. (2017) “Una vez que la excavación está terminada se procede a instalar los topes metálicos de cada pantalla. Estos topes son puestos con la ayuda de hasta dos grúas y sirven para generar continuidad entre pantallas.” (p.18)

1.3.7. Suspensión de bentonita

Según la norma UNE-EN 1538-2011 la suspensión de bentonita es considerada como un fluido de sostenimiento que es usado durante la excavación para estabilizar los lados de la zanja en la que se vaciará instalará el muro pantalla. Además la bentonita que se usa no debe contener componentes dañinos en tales cantidades que puedan ser perjudiciales para la armadura o para el hormigón. La norma indica que la bentonita debe cumplir ciertos parámetros que se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 2
Características de las suspensiones de bentonita frescas

Propiedad ^a	Valores
Densidad en g/cm ³	< 1,10
Viscosidad Marsh ^b en s	de 32 a 50
Pérdida de fluido ^c en cm ³	< 30
pH	de 7 a 11
Cake en mm	< 3
<p>^a Véase la tabla 2, notas de la a a la c para los procedimientos de ensayo.</p> <p>^b La viscosidad Marsh es el tiempo que necesita un volumen de 946 ml para fluir por el orificio del cono. Se puede utilizar un volumen de 1 000 ml, pero en este caso, se debería ajustar la viscosidad Marsh.</p> <p>^c La duración del ensayo de pérdida de fluido se puede reducir a 7,5 min en los ensayos rutinarios de control. Sin embargo, en este caso, se deben ajustar los valores de la pérdida de fluido y del cake. La pérdida de fluido para los ensayos de 7,5 min de duración será aproximadamente la mitad del valor obtenido de los ensayos de 30 min de duración.</p>	

Tabla 1
Características de las suspensiones de bentonita

Propiedad ^a	Fases	
	reutilización	antes de hormigonar
Densidad en g/cm ³	< 1,25	< 1,15
Viscosidad Marsh ^b en s	de 32 a 60	de 32 a 50
Pérdida de fluido ^c en cm ³	< 50	no se aplica
pH ^d	de 7 a 12	no se aplica
Contenido de arena en % del volumen	no se aplica	< 4
Cake en mm	< 6	no se aplica
<p>^a La viscosidad Marsh, la pérdida de fluido, el contenido de arena y el cake se pueden medir, por ejemplo, mediante los ensayos descritos en la Norma EN ISO 13500.</p> <p>^b La viscosidad Marsh es el tiempo que necesita un volumen de 946 ml para fluir por el orificio del cono. Se puede utilizar un volumen de 1 000 ml, pero en este caso, se debería ajustar la viscosidad Marsh.</p> <p>^c La duración del ensayo de pérdida de fluido se puede reducir a 7,5 min en los ensayos de control rutinarios. Sin embargo, en este caso, se deben ajustar los valores de la pérdida de fluido y del cake. La pérdida de fluido para los ensayos de 7,5 min de duración será aproximadamente la mitad del valor obtenido de los ensayos de 30 min de duración.</p> <p>^d Valores orientativos.</p>		

La forma del uso de la suspensión de bentonita se detalla en Murray, D. (2017) “Debido a que se realizan pantallas de hasta alrededor de 25m de profundidad se debe implementar un sistema que ayude a soportar

las paredes del suelo para que éstas no colapsen antes de la fundición. Para esto, se utiliza un polímero especial de alta densidad, llamado Bentonita, que está siendo mezclado en un gran tanque construido en el sitio de construcción. Este polímero es introducido dentro de la excavación, mediante una manguera y lo que hace es generar presión a las paredes de la excavación evitando que éstas colapsen.” (p.17)

1.3.8. Ejecución de la excavación

Según la norma UNE-EN 1538-2011 “La longitud de los paneles y el nivel del fluido de sostenimiento deben asegurar la estabilidad de la zanja durante la excavación (...) Para asegurar la estabilidad de la zanja, el nivel del fluido de sostenimiento debe ajustarse teniendo en cuenta el mayor nivel piezométrico previsto durante la excavación, y debe permanecer siempre al menos 1 m. por encima de este máximo nivel.” (p.25)

1.3.9. Jaulas de armadura

Según la norma UNE-EN 1538-2011 “La armadura en un panel puede comprender una o más jaulas. (...) Se debe permitir un espacio entre las jaulas de armadura de paneles adyacentes para acomodar el tipo de juntas y para tener en cuenta las tolerancias constructivas (...) Se debe permitir un espacio entre la jaula de armadura para la instalación de la tubería Tremie.” (p.24) La instalación de las jaulas se detalla en Murray, D.

(2017) “Luego, se introduce una jaula de acero de refuerzo previamente armada. En el caso de la estaciones del Metro de Quito, los aceros vienen doblados y cortados por parte de las empresas de acero, pero las jaulas son armados en sitio. Para la introducción de esta jaula se utilizan dos grúas y se ponen topes de hormigón (también llamadas galletas de hormigón) para que el acero no se arrime a las paredes de excavación” (p.18, 19)



Figura 3: Instalación de jaula de armadura.
Fuente: Pilotes Terratest Terra Foundations

1.3.10. Hormigonado

Según la norma UNE-EN 1538-2011 “El hormigón preparado in situ debe formularse para que se minimice la segregación durante su puesta, para fluir fácilmente alrededor de la armadura y, cuando fragüe, para que proporcione un material de baja densidad y permeabilidad. (...) El hormigón debe cumplir con los requisitos relativos a la resistencia y durabilidad en su estado endurecido así como con los requisitos relativos a la consistencia en su estado fresco.” (p.20) así como otras consideraciones que nos indica la norma.

1.3.11. Descabezado

Según la norma UNE-EN 1538-2011 “El descabezado debe eliminar el hormigón contaminado y/o sucio, y se debe exponer el hormigón sano por encima del nivel de estanquidad a lo largo de la sección transversal del panel. (...) Se debe hacer el descabezado final hasta el nivel de coronación solamente después de que el hormigón haya alcanzado la suficiente resistencia.”(p.37)

1.3.12. Otros métodos constructivos

Muro Perimetral con Pilotes

Según Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017) existe la posibilidad de realizar los muros perimetrales de las estaciones subterráneas con pilotes espaciados, donde el espaciamiento dependerá de las

Método constructivo muro pantalla
para mejorar la construcción de
estaciones de metro subterráneo en Lima en el 2020
condiciones del terreno y la durabilidad requerida siendo entre 1.2 a 1.8m. la
distancia entre pilotes.

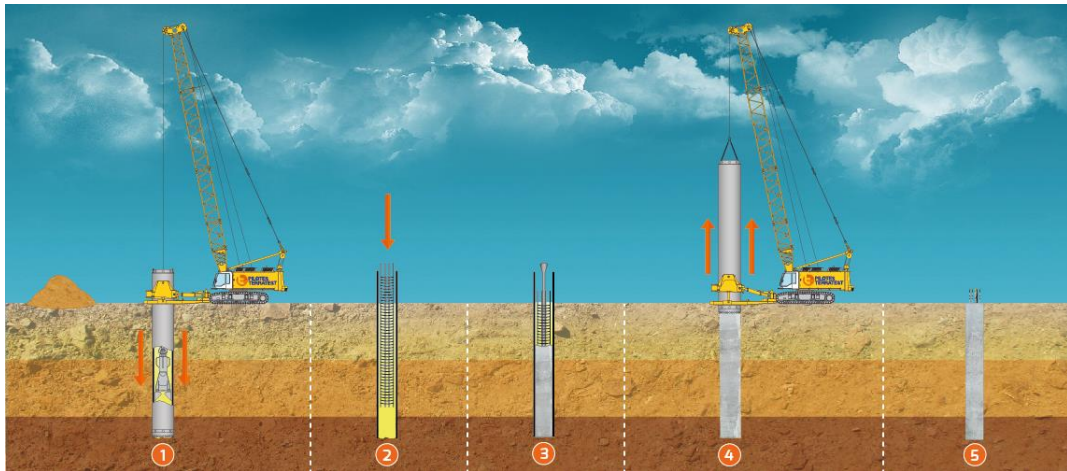


Figura 4: Muros perimetrales con pilotes
Fuente: Pilotes Terratest Terra Foundations

Muro Anclados

Según Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017) *“Los muros anclados son utilizados para la construcción de muros de retención o para asegurar cortes en excavaciones. Los anclajes son usados para proporcionar una recarga de los sistemas estructurales aplicando tensión por medio de sistemas hidráulicos al tendón del anclaje, que puede ser tanto barras como cables de acero de alta resistencia.”* (p.52)

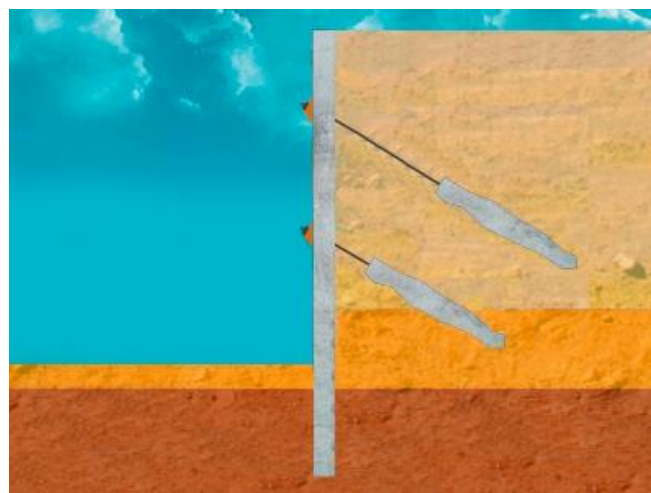


Figura 5: Muros anclados
Fuente: Pilotes Terratest Terra Foundations

1.4. Formulación del problema

¿El método constructivo muro pantalla mejora la construcción de estructuras de metro subterráneo?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar el método constructivo muro pantalla para mejorar la construcción de estaciones de metro subterráneo en Lima en el 2020.

1.5.2. Objetivos específicos

- O.E.1.** Dar a conocer cuál es el procedimiento constructivo de los muros pantalla.
- O.E.2.** Determinar los controles de calidad que se deben aplicar en el método constructivo de muros pantalla.
- O.E.3.** Calcular el porcentaje de mejora del método muro pantalla en la ejecución del proyecto del Metro 2 de Lima en el 2020 respecto a otros métodos.

1.6. Hipótesis

El método constructivo muro pantalla es utilizado para mejorar la construcción de estaciones de metro subterráneo en Lima en el año 2020.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el Propósito: investigación descriptiva

Debido a que el presente estudio busca dar a conocer cuáles son las principales variables en las que se ve la influencia de la aplicación del método constructivo muros pantalla, entonces nuestro estudio “Método constructivo muro pantalla para mejorar la construcción de estaciones de metro subterráneo en Lima en el 2020” se realizará bajo una investigación no experimental del tipo descriptivo que de acuerdo con Hernández, Fernández & Baptista (2014) *“Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.”* (p.92)

2.1.1. Según el diseño de investigación: no experimental

Hernández, Fernández & Baptista (2014) “Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar

fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.” (p.152)

2.2. Diseño de investigación: transversal

Hernández, Fernández & Baptista (2014) “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede.” (p.154)

2.2.1. Diseño transversal descriptivo

Debido a que el presente estudio busca dar a conocer cuáles son las principales variables en las que se ve la influencia de la aplicación del método constructivo muros pantalla entonces nuestro estudio “Método constructivo muro pantalla en estructuras de metro subterráneo en Lima en el año 2020” se realizará bajo una investigación no experimental transversal del tipo descriptivo que de acuerdo con Hernández, Fernández & Baptista (2014) “*Los diseños transeccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables*

en una población. El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades, etc., y proporcionar su descripción. Son, por tanto, estudios puramente descriptivos.” (p.155)

Además, la metodología que se aplicará a nuestro estudio será con enfoque cualitativo.

Cualitativo porque investigaremos los impactos que genera la aplicación del método constructivo muro pantalla mediante juicios de opinión de expertos que hayan estado involucrados en construcciones subterráneas aplicando el método constructivo en mención.

Quecedo, Castaño (2002) “El diseño cualitativo, se adapta especialmente bien a las teorías sustantivas, ya que facilita una recogida de datos empíricos que ofrecen descripciones complejas de acontecimientos, interacciones, comportamientos, pensamientos... que conducen al desarrollo o aplicaciones de categorías y relaciones que permiten la interpretación de los datos. En este sentido el diseño cualitativo, está unido a la teoría, en cuanto que se hace necesario una teoría que explique, que informe e integre los datos para su interpretación”.

Por lo tanto, la metodología aplicada a nuestro estudio será una metodología cualitativa ya que según indica Punch, 2014; Lichtman, 2013; Morse, 2012; Encyclopedia of Educational Psychology, 2008 “*El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean,*

(pág. 358)

2.3. Variables

2.3.1. Variables

Hernández, Fernández & Baptista (2014) “Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida.”

Variable Independiente: Método constructivo Muro Pantalla

El método constructivo muro pantalla se puede describir como, Martínez (2017) El proceso de trabajos previos como la preparación y nivelación de la plataforma de trabajo, la ejecución de muretes guía, la excavación del panel, la colocación de juntas, colocación de armaduras, el hormigonado del panel, así como otros procesos de planificación para llevar a cabo un muro pantalla.

Variable Dependiente: Mejora la construcción de estaciones de metro subterráneo

Las estaciones de metro subterráneo se pueden describir como, Padilla,

Amado, Pando & Sixto (2017) Son estructuras que se emplazan por debajo del terreno natural, para su realización requiere de un amplio conocimiento del área.

2.3.2. Clasificación de las variables

Tabla 3
Clasificación de Variables

CLASIFICACIÓN VARIABLES	POR SU NATURALEZA	POR SU ESCALA DE MEDICIÓN	POR SU RELACIÓN	POR SUS DIMENSIONES	POR SU FORMA DE MEDICIÓN
Método Constructivo Muro Pantalla	CUALITATIVA	RAZÓN	INDEPENDIENTE	BIDIMENSIONAL	INDIRECTA
Mejora de la Construcción de Estaciones de Metro Subterráneo	CUANTITATIVA ORDINAL	RAZÓN	DEPENDIENTE	BIDIMENSIONAL	DIRECTA

Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 4

Operacionalización de la Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
Mejora de la construcción de estaciones subterráneas	Son estructuras que se emplazan por debajo del terreno natural, para su realización requiere de un amplio conocimiento del área. Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017)	Detectar o identificar limitaciones en espacios reducidos de trabajo	Optimización de procesos constructivos en operatividad y constructabilidad	- Tiempo.	%
			Comparación económica de procesos	- Análisis comparativo de procesos.	%
Método Constructivo Muro Pantalla	Es una cimentación profunda del edificio, podríamos hablar tanto de cimentación como elemento de contención ya que el muro pantalla va a recibir cargas en su perímetro y también del terreno que lo circunda se trata de unos muros verticales habitualmente realizados con hormigón armado. López, V. (Autor). (2010). Muros Pantalla (Polimedia). De Universidad Politécnica de Valencia, España.	Para la aplicación del método constructivo se empleará un procedimiento para dar conocimiento proceso además se controlará con formatos de control de calidad que asegurarán la debida aplicación en las obras de metro subterráneo en Lima en el 2020.	Procedimiento Constructivo Control de Calidad	- Procedimiento Constructivo de Ejecución de Muro Pantalla. - Protocolo de verificación del acero de refuerzo - Registro Geológico-Geotécnico. - Verificación de lodos bentoníticos - Reporte topográfico. - Control diario de vaciados y muestras de concreto estructural. - Descabezado de elementos de concreto.	Norma UNE-EN 1538:2011 +A1:2016 N.T.E. G.050 ISO 9001:2015 Norma E.060

Fuente: Elaboración propia

2.4. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.4.1. Población

En la presente investigación la población sería todas las estructuras subterráneas pertenecientes a la Línea 2 del Metro de Lima. La construcción de la línea 2 del metro de Lima se viene ejecutando y será un metro subterráneo por lo que hemos seleccionado las estaciones subterráneas como población de esta tesis.

2.4.2. Muestra

En la presente investigación la muestra serán las pantallas perimetrales pertenecientes a las Estaciones subterráneas E-23 Hermilio Valdizán y E-24 Mercado Santa Anita. Sin embargo nuestra muestra será del tipo no probabilística por lo que Hernández, Fernández & Baptista (2014) “En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación.” (p.176) Así como también “Para el enfoque cualitativo, al no interesar tanto la posibilidad de generalizar los resultados, las muestras no probabilísticas o dirigidas son de gran valor, pues logran obtener los casos (personas, contextos, situaciones)

que interesan al investigador y que llegan a ofrecer una gran riqueza para la recolección y el análisis de los datos.” (p.190).

Así mismo la metodología de muestreo será a conveniencia por lo que tomaremos únicamente las pantallas perimetrales de las estaciones subterráneas mencionadas aun cuando en la actualidad existen otras en construcción. Es así como lo define Diaz (2006) *“El investigador decide qué individuos de la población pasan a formar parte de la muestra en función de la disponibilidad de los mismos”* (p.126)

2.4.3. Técnica de muestreo

La técnica de muestreo a emplear en esta investigación será la de juicio de expertos que se define según Escobar (2008) “El juicio de expertos se define como una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones.” (p.29)

2.4.4. Materiales

Los materiales usados en esta investigación se han agrupado en dos. Primero el grupo de materiales que se utilizaron en el trabajo de campo donde se realizó la entrevista con el experto y segundo el grupo de materiales que se utilizaron en oficina para el análisis de datos.

Tabla 5
Materiales empleados en la investigación

MATERIALES DE CAMPO	MATERIALES DE OFICINA
EPP'S	Laptop
Cámara fotográfica	Microsoft Word
Grabador de voz	Impresora
Bolígrafos	Marcadores

Fuente: Elaboración propia

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1. Técnica de recolección de datos: La entrevista

Hernández, Fernández & Baptista (2014) “Se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados). En el último caso podría ser tal vez una pareja o un grupo pequeño como una familia o un equipo de manufactura.” “En las primeras, el entrevistador realiza su labor siguiendo una guía de preguntas específicas y se sujeta exclusivamente a ésta (el instrumento prescribe qué cuestiones se preguntarán y en qué orden). Las entrevistas semiestructuradas se basan en una guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información. Las entrevistas abiertas se fundamentan en una guía general de contenido y el entrevistador posee toda la flexibilidad para manejarla. Regularmente en la investigación cualitativa, las primeras entrevistas son abiertas y de tipo “piloto”, y van estructurándose conforme avanza el trabajo

(p.403)

2.5.2. Instrumentos de recolección de datos

En esta investigación el instrumento de recolección de datos que se diseñó es una guía de entrevista de tal manera que pueda resolver todas las dudas que surgieron luego de la revisión de la información acerca del método constructivo muro pantalla (Ver Anexo 04). Hernández, Fernández & Baptista (2014) “Para diseñar la guía de temas es necesario tomar en cuenta aspectos prácticos, éticos y teóricos. Los prácticos tienen que ver con que debe buscarse que la entrevista capte y mantenga la atención del participante. Los éticos en el sentido de que el investigador debe reflexionar sobre las posibles consecuencias que tendría que el participante hable de ciertos temas. Y los teóricos en cuanto a que la guía de entrevista tiene la finalidad de obtener la información necesaria para responder al planteamiento. Asimismo, debemos tener en mente que la cantidad de preguntas está relacionada con la extensión que se busca en la entrevista. Se incluyen sólo las preguntas o frases detonantes necesarias y es recomendable redactar varias formas de plantear la misma pregunta, para tenerlas como alternativa en caso de que no se entienda.” (p. 407)

2.5.3. Validación del instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos diseñado de manera tal que recopile la mayor cantidad de información necesaria para nuestra investigación, fue elaborado en conjunto con el ingeniero Humberto Martin

Velasquez, ingeniero civil con experiencia en la ejecución del proceso

constructivo muro pantalla pues fue parte de la construcción de las obras

civiles de algunas de las estaciones subterráneas de la Línea 2 del metro de

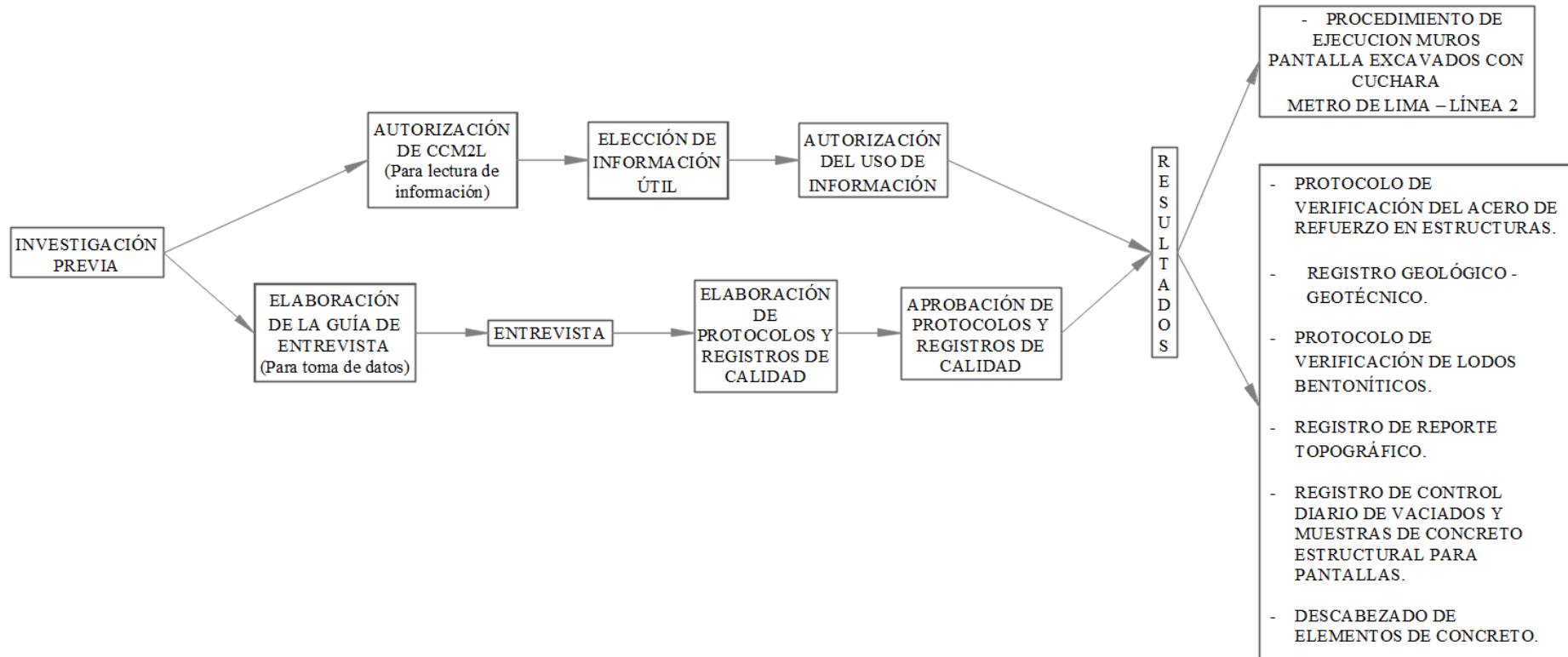
Lima. (Ver Anexo 05)

2.5.4. Análisis de datos

Análisis documental

La presente investigación descriptiva de diseño no experimental, transversal descriptiva, se realizó mediante un análisis documental, porque se realizó una investigación de estudios previos para luego analizarlos, además de, recolectar información a partir de la entrevista desde la cual se pudieron obtener los resultados deseados.

2.6.Procedimientos de la investigación



2.7. Desarrollo de la tesis

La presente tesis se desarrolló en base a la investigación de la literatura científica acerca del Método Constructivo Muro Pantalla. Luego de haber realizado la investigación se optó por tomar dos vías para la consecución de los resultados que validen nuestra tesis y a continuación se describen:

Acerca de la información confidencial.

En Lima en el año 2020 el proyecto que contempla estructuras de metro subterráneo está a cargo del Consorcio Constructor Metro 2 Lima, después de haber revisado información existente en repositorios universitarios, revistas científicas, etc. Se optó por solicitar la autorización del Consorcio para la lectura de documentos de tal manera que podamos hallar información que sea útil para la tesis y a la vez le dé validez.

Tabla 6

Estación E-23 Hermilio Valdizán - Estudio Definitivo de Ingeniería

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
Memoria Descriptiva de Obras Civiles	Documento del EDI aprobado
Memoria Descriptiva de Excavaciones	Documento del EDI aprobado
Memoria Descriptiva de Procesos Constructivos	Documento del EDI aprobado
Especificaciones Técnicas	Documento del EDI aprobado
Presupuestos	Documento del EDI aprobado
Metrados	Documento del EDI aprobado
Planos	Documento del EDI aprobado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Estación E-24 Mercado Santa Anita - Estudio Definitivo de Ingeniería

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
Memoria Descriptiva de Obras Civiles	Documento del EDI aprobado
Memoria Descriptiva de Excavaciones	Documento del EDI aprobado
Memoria Descriptiva de Procesos Constructivos	Documento del EDI aprobado
Especificaciones Técnicas	Documento del EDI aprobado
Presupuestos	Documento del EDI aprobado
Metrados	Documento del EDI aprobado
Planos	Documento del EDI aprobado

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa de la investigación dentro de la memoria descriptiva de procesos constructivos se eligió un procedimiento llamado “*Procedimiento Constructivo de Ejecución de Muros Pantalla*”, para ello fue necesaria la autorización para el uso de la información al Consorcio Constructor Metro 2 Lima.

Acerca de la entrevista a expertos.

En esta etapa de la investigación se diseñó una guía de entrevista estructurada de tal manera que la entrevista sea fructífera para esta tesis, para la entrevista fue necesario contactar al experto y solicitar una cita. Durante la entrevista el ingeniero Jean Carlos Francesco Solari quien confirmó algunas informaciones que habíamos podido hallar durante la revisión de la literatura científica y también nos brindó nueva información que seleccionamos para generar los protocolos de calidad que luego fueron revisados y aprobados por un especialista en el campo.

Tabla 8
Diseño de documentos para control de calidad

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
Protocolo de verificación del acero de refuerzo	Elaboración propia
Registro levantamiento geológico - geotécnico	Elaboración propia
Protocolo de verificación de lodos bentoníticos	Elaboración propia
Registro de reporte topográfico	Elaboración propia
Registro de control diario de vaciados y muestras de concreto estructural	Elaboración propia
Registro de descabezado de elementos de concreto	Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Todos los documentos elaborados fueron validados por el ingeniero Humberto Martín Velásquez, ingeniero que forma parte del Consorcio Constructor Metro 2 de Lima y cuenta con la experiencia en la construcción de estaciones subterráneas y a su vez con la ejecución de muros pantalla. (Ver Anexos del 08 al 13)

2.8. Aspectos éticos.

El artículo 06 del Código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú dice: “Los ingenieros deben promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de su profesión, contribuyendo con su conducta a que el consenso público se forme y mantenga un cabal sentido de respeto hacia ella y sus miembros, basado en la honestidad e integridad con que la misma se desempeña. Por consiguiente, deben ser honestos e imparciales. Sirviendo con fidelidad al público, a sus empleadores y a sus clientes; deben esforzarse por incrementar el prestigio, la calidad y la idoneidad de la ingeniería y deben apoyar a sus instituciones profesionales y académicas.” CIP, (2011)

Ávila, M. G. (2002), nos dice que “El ejercicio de la

investigación científica y el uso del conocimiento producido por la ciencia demandan conductas éticas en el investigador y en el maestro. La conducta no ética carece de lugar en la práctica científica. Debe ser señalada y erradicada. Aquel que con intereses particulares desprecia la ética en una investigación, corrompe a la ciencia y a sus productos y se corrompe a sí mismo. Existe un acuerdo general en que hay que evitar conductas no éticas en la práctica de la ciencia. Es mejor hacer las cosas bien que hacerlas mal. Pero el problema no es simple, porque no hay reglas claras e indudables. La ética trata con situaciones conflictivas sujetas a juicios morales” (p.93).

En esta investigación se ha respetado en absoluto los derechos de las personas involucradas; se hizo de conocimiento a la empresa y al entrevistado el motivo y la finalidad de la investigación, teniendo en cuenta que los mismos podrían negarse a ser partícipe de esta.

Toda la información leída y mostrada tanto por la empresa como por el entrevistado se mantienen en absoluto secreto, cumpliendo así los principios éticos de investigación: principio de justicia (para todos los involucrados), principio de beneficencia (libre de riesgo para los involucrados); además se utilizaron los datos de estos solo para fines de investigación.

Se deja en claro que la información obtenida en la presente investigación solo se utilizara para cumplir con los objetivos del estudio.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Procedimiento Constructivo para Ejecución de Muros Pantalla

A continuación se realizará una descripción de las actividades necesarias para la ejecución de los muros pantalla, el documento del procedimiento constructivo se puede revisar en el anexo 7.

Generalidades sobre la metodología considerada

La excavación de los muros pantalla se realizó mediante cucharas valva accionadas con grúas, estas tienen un ancho de entre 2.80 y 3.40 m.

Trabajos previos

Plataforma de trabajo, esta debió ser estable con las dimensiones y condiciones suficientes para el normal desenvolvimiento de los trabajos de perforación, colocación de armadura, vaciado de concreto y ubicación de la planta de lodo.

Muretes Guías

Debieron estar compuestos por dos elementos paralelos, estos orientaron la perforación para tener verticalidad y horizontalidad para la correcta funcionalidad de los trabajos.

Montaje de planta de lodos

Esta debió estar ubicada fuera del área de la estación subterránea pero dentro del área de cerramiento para una buena funcionalidad de los trabajos.

Replanteo

Este se realizó con el fin de ubicar la posición en planta de cada panel, la cota de perforación, la de concreto y la de armadura. La ubicación de estos se pudo marcar con pintura sobre el murete guía, sin embargo también pudo proporcionarse la información en un listado o planos.

Excavación de pantalla con empleo de lodos de perforación

Debido a la presencia de bolonería en el terreno, la excavación de la pantalla se inició generalmente con preforos con pilotera de diámetro igual o ligeramente superior al espesor de la pantalla para luego realizar la excavación con las cucharas valvas entre preforos, cabe indicar que dependiendo de la compacidad del terreno la excavación se pudo ejecutar directamente con las cucharas valva.

Preforos

El uso de preforos facilitó la excavación con cucharas además de mejorar la verticalidad de las estructuras. La distancia entre preforos será igual al largo de la cuchara más una distancia de seguridad.

Excavación con cucharas

Al inicio de la excavación se debió centrar y aplomar la cuchara entre los muretes guía de tal manera que se garantice un inicio de excavación vertical. Seguidamente se verificó durante el proceso la situación del centrado del cable de suspensión con respecto a los muretes guía interrumpiendo la actividad si se observase alguna desviación. La profundidad se comprobó con cadena o cinta

métrica. El nivel de lodo debió ser tal que asegure la estabilización de las paredes de la excavación para evitar el ingreso partículas en el pozo. Durante el proceso de excavación y vaciado de concreto el nivel del lodo debe mantenerse dentro del murete guía. La extracción del tubo junta se realizó una vez que el concreto tenga suficiente resistencia para garantizar su estabilidad. Las propiedades del lodo fresco están reguladas por la norma europea UNE EN 1538.

Control de tolerancias de la excavación

Los principales controles tuvieron como objetivo evitar una torsión en planta del panel o una inclinación, estos controles están regulados por la norma europea UNE EN 1538, y la rugosidad estuvo sujeta al tamaño máximo de los bolos presentes en el terreno.

Sustitución de lodos de perforación

Una vez terminada la perforación del panel se debió proceder al cambio de lodo, para ello la bentonita de excavación fue cambiada en su totalidad por lodo fresco. El lodo extraído se desarenó antes de regresar al tanque de lodo para ser reutilizado en las siguientes excavaciones, cabe indicar que este debió pasar por una verificación de sus propiedades según norma, de lo contrario fue descartado.

Instalación de juntas

Una vez terminado el proceso de desarenado se procedió a la instalación de las juntas, introduciéndolas pegadas a los extremos de la excavación y verificando la verticalidad.

Preparación y colocación de armaduras

La armadura debió tener un límite de peso por jaula ya que depende de la capacidad de carga de la grúa de izaje, las jaulas debían contar con elementos rigidizadores y las barras de acero debían estar soldadas a estas con el propósito de que la armadura mantenga su forma en todo momento, en el extremo superior se debieron instalar asas de izaje y cuelgue que servirán tanto para el izaje como para colgar la armadura al momento del vaciado de concreto.

Vaciado de concreto

El vaciado fue simultáneo utilizando dos líneas de tubos tremie, estos debían ser modulados de tal manera que su cota de fondo sea la misma. Se introdujo una pelota de plástico en cada línea tremie antes del primer vaciado para desplazar la bentonita y permita el ingreso del concreto limpio. Conforme se fue vaciando el concreto se cortaron tramos de tubería tremie asegurando que siempre existan tres metros de tubería inmersa. El vaciado de concreto debió ser continuo sin que se produzcan interrupciones notables y se realizó hasta rebasar la cota teórica según planos. Se debían contar con al menos dos mixer por cada línea de tubería tremie al inicio de la actividad y se previó la programación del suministro de concreto a fin de lograr el vaciado continuo.

Curva de vaciado

Se llevó un registro del vaciado en el cual se marcaron las posiciones inferiores de los tubos tremie en todo momento con el fin de calcular la curva de vaciado y comparar con la curva teórica, esta sirvió para tener una idea del estado de vaciado del concreto en sus diferentes niveles.

Extracción de tubo junta

Una vez que inició el fraguado del concreto al punto tal que pueda mantenerse vertical se procedió a la extracción de las juntas mediante gatos, estas se irán extrayendo por tramos poco a poco.

Según lo expuesto se da respuesta al objetivo O.E.1 dando a conocer el procedimiento constructivo muro pantalla.

3.2. Protocolos y Registros de Calidad

Otro de los objetivos de esta investigación fue determinar cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar durante la ejecución de muros pantalla, y estos se describen a continuación dando respuesta al objetivo O.E.2. Además los protocolos y registros de calidad están diseñados considerando las normas E.030 Diseño Sismorresistente, E.050 Suelos y cimentaciones, E.060 Concreto armado, UNE-EN 1538-2011 Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Muros-pantalla y se encuentran validados por un especialista y se pueden ver en los anexos 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

Protocolo de Verificación del acero de refuerzo en estructuras

Este protocolo de calidad se utilizó para garantizar que las armaduras de las pantallas cumplan con los estándares necesarios para un adecuado izaje, suspensión previo al vaciado de concreto y todas las características según norma para un buen desenvolvimiento estructural. (Anexo 8)

Registro de levantamiento geológico – geotécnico

Este registro fue utilizado para conocer in situ las características del suelo en el área de trabajo, para así establecer cuáles podrían ser los inconvenientes durante la excavación del muro pantalla. (Anexo 9)

Verificación de lodos bentoníticos

Este protocolo de calidad se utilizó para dar seguimiento a las propiedades del lodo bentonítico, el cual debía cumplir con los estándares que rige la norma UNE-EN 1538-2011. (Anexo 10)

Registro de reporte topográfico

Este registro fue utilizado para la correcta ubicación, alineamiento, verticalidad y demás requisitos de los muretes guía. (Anexo 11)

Registro de control diario de vaciados y muestras de concreto estructural para pantallas

Este registro sirvió para controlar el concreto desde la salida de la planta concretera, las características del concreto a su llegada a obra y el registro de las longitudes utilizadas de tubería tremie. (Anexo 12)

Descabezado de elementos de concreto

Este registro sirvió para llevar un debido control del descabezado de las pantallas el cual ayudó a verificar que los niveles de descabezado proyectado y lo ejecutado se encuentren dentro de los límites permitidos. (Anexo 13)

3.3. Porcentaje de mejora del método muro pantalla respecto a otros métodos

Luego de analizar el método constructivo muro pantalla respecto a otros métodos constructivos que se han descrito en los antecedentes de la investigación como lo son los pilotes espaciados y los muros anclados tenemos los siguientes resultados del análisis económico.

Tabla 9
Costos de procedimientos

MÉTODO CONSTRUCTIVO	COSTO POR PARTIDA (en \$)
Muro pantalla	6,610,869.66
Pilotes espaciados	5,936,839.40
Muro anclado	4,358,354.17

Fuente: Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017)

Tabla 10
Comparaciones económicas

MÉTODO CONSTRUCTIVO	AHORRO (en \$)	% DE AHORRO
Muro pantalla vs Pilotes espaciados	674,030.26	-10.20%
Muro pantalla vs Muro anclado	2,252,515.49	-34.07%

Fuente: Elaboración propia

Se tomaron como referencia los costos plasmados según los autores Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017) (Anexos 14, 15 y 16) y en la tabla de comparaciones económicas el cálculo de porcentaje nos indicó que no existe ahorro alguno en la utilización del método constructivo muro pantalla, incluso es 34.07% más costoso que el método de muros anclados.

Así mismo se analizaron los plazos de obra teniendo los siguientes

resultados.

Tabla 11
Plazos de procedimientos

MÉTODO CONSTRUCTIVO	DURACIÓN DE OBRA (en días)
Muro pantalla	320
Pilotes espaciados	337
Muro anclado	238

Fuente: Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017)

Tabla 12
Comparaciones en plazo de obra

MÉTODO CONSTRUCTIVO	AHORRO (en días)	% DE AHORRO
Muro pantalla vs Pilotes espaciados	17	5.31%
Muro pantalla vs Muro anclado	-82	-25.63%

Fuente: Elaboracion propia

De igual manera se tomaron como referencia los plazos establecidos en Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017) (Anexos 17 y 18) y la tabla de comparaciones de plazo el cálculo nos indicó que si bien es cierto obtuvimos un ahorro en plazo respecto al método de pilotes espaciado de 5.31% en el método de muros anclados continuamos obteniendo ahorro, esta vez de 25.63% respecto a muro pantalla.

Cabe resaltar que la aplicación del método constructivo muro pantalla tiene una mejor constructabilidad respecto al método de muros anclados pues este último requiere de mayores espacios de trabajo de tal manera que genera un mayor impacto social (Padilla, Amado, Pando & Sixto, 2017, p. 66).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El método constructivo muro pantalla en estructuras de metro subterráneo en Lima en el año 2020, es aquel método que hace uso de procedimientos constructivos y controles de calidad, apoyándose en normativas nacionales e internacionales en los casos en los que la normativa local carece de consideración al no tener precedente del uso del método constructivo en estaciones de metro subterráneo. Además mejora la construcción de estaciones de metro subterráneo ya que si bien es cierto, según los costos utilizados para la comparación demuestran que es costoso, también hemos evidenciado que tiene una mejor constructabilidad respecto a los otros métodos.

En el procedimiento constructivo para ejecución de muros pantalla, documento en el cual nos describe paso tras paso el proceso constructivo, podemos apreciar la necesidad de aplicación de normas y además controles de calidad necesarios para llevar a cabo en forma conjunta una buena ejecución del muro pantalla. Por otro lado podemos confirmar que este documento contiene muchos de los aspectos que hemos podido recuperar de otras fuentes en las bases teóricas consideradas en esta tesis. Este documento contempla de forma implícita los registros y protocolos de calidad que son parte de los resultados de esta tesis, por ejemplo respecto al control de acero de refuerzo nos indica que se debe limitar el peso máximo de cada jaula de armadura a 11 ton. En caso de que la armadura supere este peso se deberán considerar dos jaulas con una separación libre entre ella de 20 a

25cm. Las jaulas deberán contar con elementos rigidizadores soldados a las barras para su izaje, además la armadura debe instalarse inmediatamente después de la limpieza del fondo. Respecto al área geotécnica es importante considerar que la plataforma de trabajo deberá tener la capacidad de soportar los equipos de perforación. Acerca de la bentonita podemos decir que este debe ser tal que su resistencia logre estabilizar las paredes de la excavación y que su nivel debe mantenerse dentro del murete guía, también es importante que se decir que existe un ciclo de cambio del fluido para ser desarenado. Acerca de las consideraciones topográficas se deben tener en cuenta los controles de paralelismo y verticalidad de los muretes guía, también considerar los trazos de separación de paneles en planta sobre los muretes guía. Acerca del vaciado de concreto se deben considerar una modulación de la tubería tremie de manera tal que todas queden en la misma cota de fondo, además es importante que la velocidad de ascenso del concreto logre desplazar la bentonita hacia arriba evitando que se contamine por ello es que el vaciado debe ser continuo hasta rebasar la cota teórica del concreto sano según planos, esto a su vez hace requerimiento de que exista una debida programación para el suministro de concreto.

El protocolo de verificación de acero de refuerzo nos ayuda a apreciar la necesidad de confirmar la longitud de la jaula de armadura, así como también la resistencia y tipo de acero, la longitud de traslapes y/o instalación de conectores mecánicos, la colocación de separadores entre armaduras, la limpieza del acero, la verificación de la soldadura de la armadura, entre otros. El registro de levantamiento geológico – geotécnico nos ayudará a estudiar el terreno del proyecto que servirá a su vez como plataforma de trabajo. Mediante el protocolo de verificación de lodos bentoníticos podremos realizar el control de la suspensión bentónica que deberá

cumplir con los parámetros para soportar las paredes de la excavación durante su ejecución. El registro de reporte topográfico nos ayudará a controlar la verticalidad, alineamiento, nivelación, etc. Puntos que son de mucha importancia durante toda la ejecución de los diferentes pasos del proceso constructivo. El registro de control de vaciados de concreto estructural ayuda al debido manejo de la frecuencia del vaciado y al control del nivel de fondo de la tubería tremie. Finalmente el registro de descabezado de elementos de concreto es necesario para la eliminación del concreto pobre o contaminado previamente calculado dando cuenta de la calidad del concreto bueno y del acero de refuerzo descubierto. Todo lo mencionado se ejecuta llevando a cabo la aplicación de normativas nacionales e internacionales vigentes.

El cálculo de porcentaje de mejora económica refleja que tanto el método de pilotes espaciados como el de muros anclados resultan más económicos desde el punto de vista de costos directos; sin embargo, percibimos que las proyecciones de las alternativas propuestas en (Padilla et al.,2017) no toman en cuenta algunos factores de diseño estructural que podrían generar grandes cambios respecto a lo económico. De igual manera en el cálculo de porcentaje de mejora en el plazo de obra obtenemos que el método constructivo de muros anclados es una alternativa para un plazo de obra más corto; sin embargo su elección dependerá de los espacios de trabajo.

Sanhueza, Oteo (2008) Concluye que el método constructivo muro pantalla es el ideal para las construcciones de metro esto en parte por su permisibilidad para reponer todo lo que existen en la superficie lo cual es cierto ya que al ser estaciones subterráneas una vez construido el muro pantalla y realizando el

descabezado correspondiente, el área por encima de la estación subterránea quedaría libre para la reposición de todo lo que existía a nivel de urbanización.

De León (2014) Indica algunas de las ventajas de utilizar el sistema por medio de pantallas, como por ejemplo su continuidad, ejecución poco ruidosa, descompresión mínima del terreno. Podemos afirmar estas ventajas aduciendo primero que, si la construcción se ejecuta con el debido control de calidad topográfico aplicado en los muros guía para lograr una verticalidad y un paralelismo de forma tal que el muro pantalla no quede inclinado. Segundo que, durante la ejecución de la excavación se hace uso del lodo bentonítico y no existe la necesidad de realizar voladuras ni golpes con maquinaria por lo tanto es poco ruidosa y por último que al ser únicamente necesaria una zanja profunda excavada desde la superficie existe una descompresión mínima del terreno a su alrededor.

Coll (2014) En su tesis afirma que debido a la alta densidad de estructuras existentes en Lima, la línea 2 se construirá utilizando muros diafragma que es uno de los términos que también se aplica al muro pantalla. Afirmación que tiene lugar ya que el muro pantalla al no necesitar de más espacio que para los muretes guía y la zanja de excavación y que además no requiere de anclajes enterrados que puedan interferir con estructuras adyacentes es el idóneo para la construcción en ciudades con desarrollo urbanístico.

Errázuriz (2009) Nos muestra datos acerca de la construcción de una de las estaciones del metro regional de Chile, datos como por ejemplo la longitud de excavación de 5.0 a 6.80 m. Dato que podemos confirmar a partir del procedimiento

constructivo para la ejecución de muros pantalla en el cual nos dice que las cucharas de excavación tienen un ancho entre 2.80 y 3.40 m. y que los paneles tienen un ancho típico de 6.80 m.

De Justo (1994) Que un tramo de 4 km. De longitud se encontraba en zona de desarrollo urbanístico y que debido a ello se optó por el sistema Milán que es uno de los nombres al método constructivo muro pantalla, además nos describe que consiste en la ejecución de una zanja a cielo abierto. Lo cual coincide con lo descrito en el procedimiento constructivo para la ejecución de muros pantalla, además de reforzar el criterio de elección del tipo de muro a construir en zonas con desarrollo urbano y estructuras existentes.

Proinversión (2012) determinó que la línea 2 y las siguientes cuatro líneas del metro de Lima serán subterráneas. En nuestra investigación contamos con el procedimiento constructivo para la ejecución de muros pantalla perteneciente a los documentos del Consorcio Constructor Metro 2 de Lima, el cual nos indica que la construcción de la estación será del tipo subterránea.

La presente investigación tuvo algunas limitaciones respecto a la información existente en el Perú acerca del método constructivo debido a que como ya se ha dicho, la primera vez que se ejecutó el procedimiento en Lima fue en el 2016 y por otro lado en el Perú no existen otras estructuras de metro subterráneo que el que se está ejecutando actualmente y que es precisamente el proyecto en el proceso constructivo se ejecutó por primera vez. Gracias a la metodología aplicada en la investigación a través de la técnica de recolección de datos que fue la entrevista

y el instrumento utilizado que fue la guía de entrevista al ingeniero especializado.

Además de la autorización de lectura de información a la empresa constructora de la línea 2 del metro de Lima se pudieron mitigar las limitaciones obteniendo información veraz. Es por ello que este estudio aporta de gran manera con información novedosa a la comunidad ingenieril local.

El resultado obtenido a partir de la lectura de información de la empresa constructora, así como también los resultados obtenidos mediante la entrevista al especialista y los cálculos de porcentaje de mejora se ubican dentro de la unidad de estudio de la presente tesis es decir, los resultados obtenidos tienen lugar en la unidad de estudio: estructuras de metro subterráneo en Lima en el 2020.

Los hallazgos encontrados en esta investigación tanto el procedimiento constructivo como los controles y registros de calidad describen el método constructivo muro pantalla de inicio a fin y ayudarán a aplicaciones futuras entendiendo que en el futuro se ejecutarán más proyectos de metro subterráneo en nuestro país, finalmente el porcentaje de mejora ayudará a prever una mejor gestión en los estudios previos de proyectos de metro subterráneo.

4.2 Conclusiones

El método constructivo muro pantalla mejora la construcción de estaciones de metro subterráneo pues su ejecución es factible en espacios reducidos, además de minimizar los daños a estructuras cercanas. Existen alternativas más

económicas según este estudio, sin embargo, la buena constructabilidad de este método es un beneficio que marca diferencia con los otros métodos.

El procedimiento constructivo de los muros pantalla es el documento: Procedimiento de ejecución – Muros pantalla excavados con cuchara – Metro de Lima – Línea 2, documento que pertenece al Consorcio Constructor Metro 2 de Lima.

Los controles de calidad que se aplican en el método constructivo muro pantalla son: Protocolo de verificación del acero de refuerzo, registro geológico – geotécnico, registro de verificación de lodos bentoníticos, reporte topográfico, registro de control diario de vaciados y muestras de concreto estructural y finalmente el registro de descabezado de elementos de concreto.

Por último el porcentaje de mejora calculado del método constructivo muro pantalla indica que tenemos otras opciones más económicas y con menor plazo, no obstante, esto dependerá de factores de diseño estructural y espacio de trabajo.

4.3 Recomendaciones

Se recomienda a las entidades que desarrollan las normas técnicas peruanas complementar las normas existentes con las consideraciones y criterios que se deben tomar para la ejecución del método constructivo muro pantalla.

Se recomienda a las empresas constructoras capacitarse acerca de la ejecución del método constructivo muro pantalla, ya que como indica Proinversión existirán más líneas de metro y serán subterráneos.

Se recomienda a la comunidad ingenieril capacitarse acerca de las construcciones de estaciones de metro subterráneo con la aplicación de muros pantalla pues la continua inclusión de proyectos de metro en el país puede generar futuros puestos de empleo.

Se recomienda a las municipalidades dar las facilidades del caso para la viabilidad de los proyectos de metro subterráneo pues la modernización de las ciudades debe ser constante en todo país.

Se recomienda a los investigadores realizar futuros estudios acerca del diseño de muros pantalla pues de esa manera contribuiremos a la literatura científica acerca del método constructivo muro pantalla que existe en el Perú.

REFERENCIAS

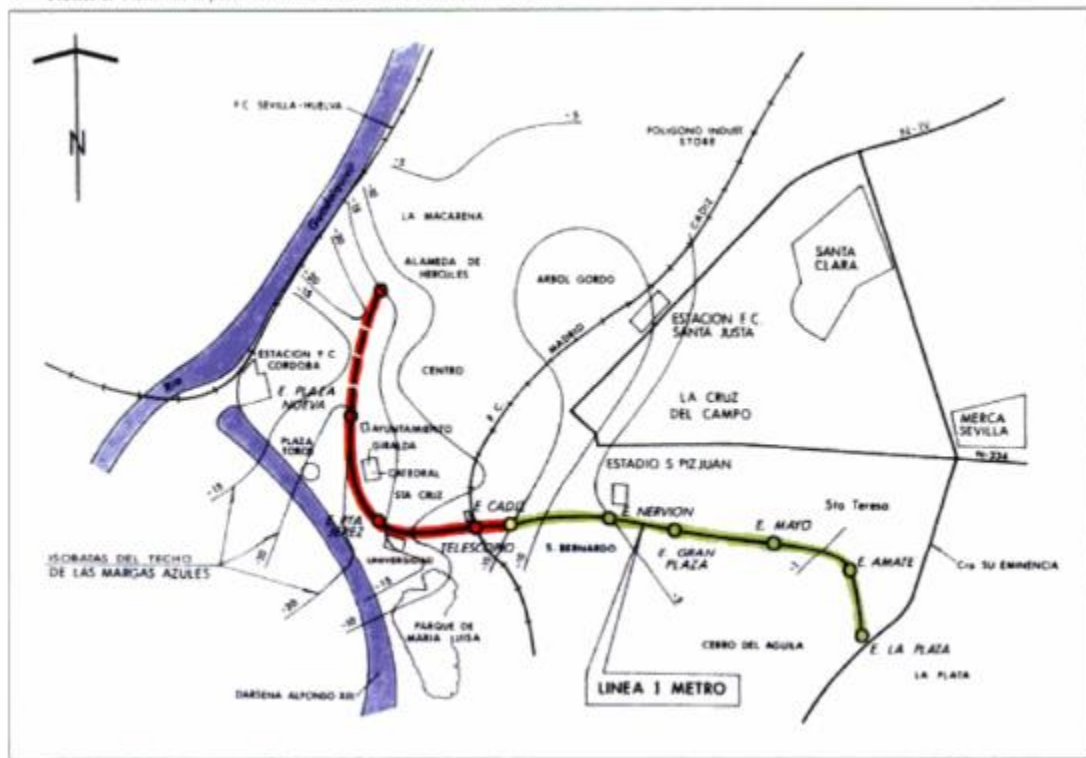
- Ávila, M. G. (2002). Aspectos éticos de la investigación cualitativa. *Revista Iberoamericana de educación*, 29, 85-104.
- Calderón, J. D. C. (2014). Muros-Diafragma y Muros-Pilote: Aporte a la solución del tráfico de Lima. *REVISTA CIENTÍFICA INGETECNO*, 2(2), 29.
- Cordero, Z. R. V. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista educación*, 33(1), 155-165.
- De Justo Alpañes, J. L. (Ed.). (1994). *Pasado y futuro del metro en Sevilla* (No. 16). Universidad de Sevilla.
- Díaz, N. (2006). Técnicas de muestreo. Sesgos más frecuentes. *Revistas Sedén*, 9, 21-132.
- Errázuriz Amenabar, E. F. (2009). Pantallas de contención métodos de diseño y aplicaciones.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6(1), 27-36.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición por McGRAW-HILL.
- Kohon, J. (2016). *Metro de Lima: el caso de la Línea 1*. CAF.
- León Quezada, M. (2014). Análisis comparativo de excavaciones con muros pantalla diseñados mediante el método de elementos finitos utilizando diferentes modelos constitutivos (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- López Mateu, V. (2010). *MUROS PANTALLA Sanhueza* (2007)
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, M. I. (2018). *Proceso constructivo de un muro pantalla de pequeño espesor en aparcamiento subterráneo privado y local comercial* (Doctoral dissertation).
- Nava Martínez, C. (2016). *Diseño geotécnico de cimentaciones*.
- Pilotes Terratest Terra Foundations, (Agosto 2016). *Muro Pantalla*.
- Pilotes Terratest Terra Foundations, (Agosto 2016). *Primer Muro Pantalla realizado en Lima, Perú*
- Punch, 2014; Lichtman, 2013; Morse, 2012; *Encyclopedia of Educational Psychology*, 2008
- Quecedo, R., & Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de psicodidáctica*, (14), 5-39.
- Ramirez, P., Jhoel, A., & Pando Pinto, L. S. (2017). Análisis de los procesos constructivos cut and cover para evaluar el plazo y costo de la construcción de una estación subterránea típica.
- Sanhueza, C., & Oteo, C. (2008). *Criterios y parámetros de diseño para pantallas continuas en Madrid*. Trabajo de titulación para optar al título de Doctor. Madrid, España, 19-42.

ANEXOS

ANEXO N.º 01. Trazo de la Red Básica del Metro de Lima



ANEXO N.º 02. Planta de la parte construida de la Línea 1 del metro de Sevilla



Fuente: De Justo Alpañes, J. L. (Ed.). (1994)

ANEXO N.º 03. Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS PRINCIPAL	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
			VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONA	DIMENSIONES INDICADORES
¿Cómo se aplica el método constructivo muro pantalla en estructuras de metro subterráneo en Lima en el año 2019?	Describir el método constructivo muro pantalla en estructuras de metro subterráneo en Lima en el 2019.	El método constructivo muro pantalla en estructuras de metro subterráneo en el año 2019 se aplica con el uso de procedimientos constructivos y controles de calidad para una buena ejecución.	INDEPENDIENTE	Es una cimentación profunda del edificio, podríamos hablar tanto de cimentación como elemento de contención ya que el muro pantalla va a recibir cargas en su perímetro y también del terreno que lo circunda se trata de unos muros verticales habitualmente realizados con hormigón armado. López, V. (Autor). (2010). Muros Pantalla (Polimedia). De Universidad Politécnica de Valencia, España.	Para la aplicación del método constructivo se empleará un procedimiento para dar conocimiento proceso además se controlará con formatos de control de calidad que asegurarán la debida aplicación en las obras de metro subterráneo en Lima en el 2019.	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimiento Constructivo de Ejecución de Muro Pantalla. - Protocolo de verificación del acero de refuerzo. - Registro Geológico-Geotécnico. - Verificación de lodos bentoníticos. - Reporte topográfico. - Control diario de vaciados y muestras de concreto estructural. - Descabezado de elementos de concreto.
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS O.E.1. Dar a conocer cuál es el procedimiento constructivo de los muros pantalla. O.E.2. Determinar los controles de calidad que se deben aplicar en el método constructivo de muros pantalla.					

ANEXO N.º 04. Guía de entrevista – Formato

Guía de entrevista sobre el método constructivo muro pantalla en estaciones de metro subterráneo.

Fecha: Hora:

Lugar: (lugar de entrevista)

Entrevistador: (nombre)

Entrevistado: (nombre, profesión, cargo, empresa)

Introducción:

Descripción de la entrevista (propósito, participante elegido, motivo
de elección, utilización de los datos)

Características de la entrevista:

Confidencialidad, duración aproximada.

Preguntas:

1. ¿Participaste en alguna de las obras de las estaciones subterráneas en el
Consorcio Constructor Metro 2 Lima?
2. ¿Participaste directa o indirectamente en la ejecución del proceso constructivo
muro pantalla?
3. ¿Cuáles son los pasos a seguir en la ejecución del método constructivo muro
pantalla?

4. ¿Existen controles de calidad para los materiales a utilizar en la ejecución del método constructivo?
5. ¿Qué otros controles de calidad se dan durante la construcción?
6. ¿En qué normas se apoyan para la aplicación del método constructivo muro pantalla?
7. ¿Se puede afirmar que es en definitiva necesario el uso de los controles de calidad para asegurar una buena ejecución del método constructivo muro pantalla?

ANEXO N.º 05. Guía de entrevista – Formato validado

**Guía de entrevista sobre el método constructivo muro pantalla en
estaciones de metro subterráneo.**

Fecha: **Hora:**

Lugar: (lugar de entrevista)

Entrevistador: (nombre)

Entrevistado: (nombre, profesión, cargo, empresa)

Introducción:

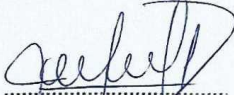
Descripción de la entrevista (propósito, participante elegido, motivo
de elección, utilización de los datos)

Características de la entrevista:

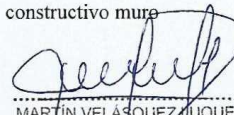
Confidencialidad, duración aproximada.

Preguntas:

1. ¿Participaste en alguna de las obras de las estaciones subterráneas en el
Consortio Constructor Metro 2 Lima?
2. ¿Participaste directa o indirectamente en la ejecución del proceso constructivo
muro pantalla?
3. ¿Cuáles son los pasos a seguir en la ejecución del método constructivo muro
pantalla?


MARTÍN VELÁSQUEZ LUQUE
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 114015

4. ¿Existen controles de calidad para los materiales a utilizar en la ejecución del método constructivo?
5. ¿Qué otros controles de calidad se dan durante la construcción?
6. ¿En qué normas se apoyan para la aplicación del método constructivo muro pantalla?
7. ¿Se puede afirmar que es en definitiva necesario el uso de los controles de calidad para asegurar una buena ejecución del método constructivo muro pantalla?


MARTÍN VELÁSQUEZ DUQUE
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 114015

ANEXO N.º 06. Guía de entrevista – Desarrollo

**Guía de entrevista sobre el método constructivo muro pantalla en
estaciones de metro subterráneo.**

Fecha: 30/11/2019 **Hora:** 09:00 am

Lugar: Oficina en obra del proyecto del Metro 2 de Lima.

Entrevistador: Roberto Daniel Clavijo Zavaleta

Entrevistado: Jean Carlos Francesco Solari, Ingeniero Civil, Ingeniero de Producción
en el Consorcio Constructor Metro 2 de Lima.

Introducción:

La presente guía de entrevista forma parte de la tesis para optar el grado de Ingeniero Civil de la Universidad Privada del Norte y tiene como propósito la confirmación de datos obtenidos mediante la investigación y a su vez también la recolección de nueva información científica a partir de la experiencia del entrevistado.

El entrevistado es ingeniero civil de profesión, titulado y colegiado con experiencia en la construcción de estaciones subterráneas con la aplicación del método constructivo muro pantalla.

El entrevistado fue seleccionado por su experiencia y su accesibilidad para colaborar con la presente investigación.


JEAN CARLOS FRANCESCO
SOLARI FUENTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 220383

La información mostrada durante la entrevista no formará parte de la presente tesis, pues sólo se utilizará de tal manera que podamos complementar nuestra investigación.

Características de la entrevista:

Confidencialidad alta, duración aproximada 2 horas.

Preguntas:

1. ¿Participaste en alguna de las obras de las estaciones subterráneas en el Consorcio Constructor Metro 2 Lima?

Sí, participé desempeñándome como Ingeniero de Producción en la estación 21, Ovalo Santa Anita y la estación 20, Evitamiento, ambas ubicadas en el distrito de Santa Anita.

2. ¿Participaste directa o indirectamente en la ejecución del proceso constructivo muro pantalla?

Sí, forme parte del equipo encargado de la ejecución de los trabajos de obra civil de ambas estaciones, los cuales incluían los muros pantallas, participando durante todo el ciclo de su proceso constructivo.

3. ¿Cuáles son los pasos a seguir en la ejecución del método constructivo muro pantalla?


JEAN CARLOS FRANCESCO
SOLARÍ FUENTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 220383

Para el caso de las estaciones Ovalo Santa Anita y Evitamiento, el primer paso fue tener el área de trabajo libre de interferencias como las instalaciones de los operadores públicos y privados. Esta área debe ser además, estable, nivelada y adecuada para soportar la carga de maquinaria pesada.

El segundo paso es la ejecución de los muretes guías, estos muretes permiten que la excavación de las pantallas se realice lo más vertical posible y también su alineación de acuerdo al trazo del proyecto. Su diseño estructural le permite resistir los golpes ocasionados por la cuchara bivalva y además, de apoyo para sostener la armadura del muro pantalla durante su proceso constructivo, Su profundidad fue de 1.00m en ambas estaciones.

Tercero, en la parte superior de los muretes guías se marcan la ubicación de las pantallas de acuerdo a la modulación de los planos. En la modulación, las pantallas se clasifican en 03 tipos: inicio, avance y cierre. Para no perder las marcas, se procedía a cortar con amoladora las juntas entre pantallas ya que por el uso de la bentonita con agua, se podían borrar.

Cuarto, se inicia la excavación del muro pantalla, para ello primero se excava con una retroexcavadora hasta la profundidad que le permite el brazo hidráulico y posterior se continua con la cuchara bivalva hasta la profundidad final. Para garantizar el sostenimiento de las paredes en el proceso de la excavación, se utiliza la bentonita, la cual es liberada de acuerdo a parámetros normados y es agregada progresivamente mientras más profunda sea la excavación.

Para controlar la verticalidad de la excavación se hace una medición con nivel electrónico a los 15m de profundidad, para descartar que haya alguna desviación y una segunda al finalizar la excavación.


JEAN CARLOS FRANCESCO
SOLARI FUENTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 220383

Quinto, culminada la excavación se procede a colocar la junta de acero con ayuda de grúas y cuya profundidad es la misma que la de la pantalla. La cantidad de juntas dependerá del tipo de pantalla de acuerdo a la modulación. Si es del tipo inicio, se deberá colocar una junta en cada extremo del ancho de la excavación, si del tipo avance, se debe colocar solo una junta y si es del tipo cierre, no es necesario colocar ninguna junta.

Sexto, se procede a reemplazar la bentonita por una nueva ya que la utilizada en este proceso, en comparación de la utilizada en la excavación, no debe contener exceso de arena.

Séptimo, se continúa con la colocación de la armadura o jaulas de acero y se verifica que queden centradas en su posición y profundidad. Las jaulas quedan sostenidas por los muretes guía de tal manera que no se apoyen en el fondo de la excavación.

Octavo, se procede a colocar los tubos tremie entre las jaulas de acero. Estos tubos sirven para transportar el concreto desde la superficie hasta el fondo de la excavación

Noveno, se da inicio al vaciado del concreto a través de los tubos tremie, permitiendo que el concreto ingrese desde la parte inferior de la pantalla y desplazando a la bentonita hacia arriba, por la diferencia de densidades. Conforme la bentonita va saliendo, es succionada por hidrobomba para evitar derrames y accidentes. El vaciado culmina cuando la bentonita haya sido desplazada en su totalidad por el concreto.

Décimo, culminado los trabajos de pantallas se procede a excavar toda la plataforma de la estación 1.20m, que corresponde a la altura de la losa cubierta, luego se eliminan los muretes guías y posterior a ello, se da inicio al


JEAN CARLOS FRANCESCO
SOLARÍ FUENTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 220383

descabezado de las pantallas. El descabezado consiste en picar el concreto contaminado con bentonita, que haya podido quedar en la parte superior de la pantalla.

4. ¿Existen controles de calidad para los materiales a utilizar en la ejecución del método constructivo?

Así es, existen controles de calidad para la bentonita, para el concreto, para la armadura de acero.

5. ¿Qué otros controles de calidad se dan durante la construcción?

Además de los controles de calidad que reciben los materiales también se hacen controles de calidad durante la ejecución de los procesos por ejemplo se hacen controles de calidad del terreno en la plataforma de trabajo, se hacen controles de nivelación de los muretes guía, se hacen controles de la verticalidad de los elementos del muro pantalla, registro de tiempos de vaciado del concreto entre otros.

6. ¿En qué normas se apoyan para la aplicación del método constructivo muro pantalla?

Durante todo el proceso constructivo se aplican las normativas respectivas, se han usado tanto normas españolas como nacionales. Algunas de las normas utilizadas son UNE-EN 1538-2011 Ejecución de trabajos geotécnicos especiales – Muros Pantalla, la norma.G.050 – Seguridad durante la


JEAN CARLOS FRANCESCO
SOLARI FUENTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 220383

construcción, la norma E.060 – Concreto armado además de la aplicación de sistema de gestión ISO-9001.

7. ¿Se puede afirmar que es en definitiva necesario el uso de los controles de calidad para asegurar una buena ejecución del método constructivo muro pantalla?

Si, definitivamente es necesario el uso de protocolos y registros de calidad para llevar un buen control de las actividades y asegurar que todos los procedimientos se ejecutan de la manera correcta para obtener un buen resultado, un muro pantalla con la verticalidad que se encuentre dentro de las tolerancias permitidas, además que no presente cangrejas y que sea con un concreto limpio libre de contaminación.


JEAN CARLOS FRANCESCO
SOLARI FUENTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 220383

ANEXO N.º 07. Procedimiento de Ejecución Muros Pantalla Excavados con Cuchara


Metro de Lima – Línea 2

PROCEDIMIENTO DEL AREA DE PILOTES Y PANTALLAS

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION


MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA

METRO DE LIMA – LINEA 2

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 2 DE 18

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE.....	3
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	3
4. DEFINICIONES.....	3
5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	4
5.1. GENERALIDADES SOBRE LA METODOLOGÍA CONSIDERADA.....	4
5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS PREVIOS.....	5
5.2.1. PLATAFORMA DE TRABAJO.....	5
5.2.2. MURETES GUÍAS.....	5
5.2.3. MONTAJE DE PLANTA DE LODOS.....	6
5.2.4. REPLANTEO.....	6
5.3. EXCAVACIÓN DE PANTALLA CON EMPLEO DE LODOS DE PERFORACIÓN.....	7
5.3.1. PREFOROS.....	8
5.3.2. EXCAVACIÓN CON CUCHARAS.....	8
5.3.3. CONTROL Y TOLERANCIAS DE LA EXCAVACIÓN.....	9
5.3.4. SUSTITUCIÓN DE LODOS DE PERFORACIÓN.....	9
5.3.5. INSTALACIÓN DE JUNTAS.....	10
5.4. PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ARMADURAS.....	11
5.4.1. PREPARACIÓN DE ARMADURAS.....	11
5.4.2. IZAJE DE ARMADURAS.....	12
5.5. VACIADO DE CONCRETO.....	14
5.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL VACIADO DE CONCRETO.....	14
5.5.2. CURVA DE VACIADO.....	16
5.6. EXTRACCIÓN DE TUBO JUNTA.....	17

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 3 DE 18

1. OBJETIVO.

Este documento tiene como propósito explicar la metodología que se propone utilizar para la correcta excavación de los Muros Pantallas, por medio de cucharas mecánicas pesadas para el proyecto del METRO de Lima – Línea 2.

2. ALCANCE.


El alcance del presente documento consiste en la descripción del proceso constructivo necesario para la correcta ejecución de las pantallas de concreto excavadas con cucharas que deberá ser construida como fase inicial en todas las estaciones adjudicadas a Pilotes Terratest Perú de la Línea 2 del Metro de Lima.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.

- EN 1538:2011: Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Muros pantalla.
- Contrato de ejecución de pantallas con el CCM2L

4. DEFINICIONES.

Pantalla de concreto	de	Muro de concreto armado compuesto de paneles verticales que se ejecutan en etapas sucesivas de acuerdo a una determinada secuencia.
Murete guía		Elemento que sirve como guía para la cuchara de pantallas y que permite mantener el alineamiento del muro evitando la socavación en la parte inicial de la perforación (similar a una camisa iniciadora en perforación con lodo). Está compuesto de dos vigas de concreto armado construidas en forma paralela y cuya separación es igual al espesor del muro pantalla más 5cm.
Viga de coronamiento	de	Elemento de amarre superior del muro pantalla y que se construye con posterioridad a la ejecución de los paneles.
Tubo Junta		Tubo cuyo diámetro exterior es igual al espesor del muro pantalla y largo mayor al de la perforación proyectada, cuya finalidad es servir de molde lateral del panel al vaciar el concreto, produciendo a la vez la interfaz de unión con el panel adyacente (machihembrado). Este tubo se clava en los extremos de la perforación que correspondan y se vaciará contra ellos.
Panel de inicio		Panel que abre un frente de trabajo. Este panel se vaciará con un tubo de junta en cada extremo.

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
Elaborado por		: MRD	
Revisado por		: AGG/JJMA/JME	
Aprobado por		: AMC	
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 4 DE 18

Panel de avance	Este tipo de panel se vacía con concreto en un extremo contra el panel construido anteriormente y en el otro contra un tubo de junta.
Panel de cierre	Panel que se vacía en ambos extremos contra el concreto de paneles ejecutados previamente.
Panel primario	Panel de inicio en una secuencia de inicios alternados con cierres.
Panel secundario	Panel de cierre en una secuencia de inicios alternados con cierres.
Panel "L"	Panel con dos lados en un ángulo cercano a 90 grados, formando una L en planta.
Panel "T"	Panel formado por dos tramos ortogonales o cercanos a los 90 grados en el cual uno de los lados interfecta al otro en un sector central y no en un extremo como el caso anterior.
Panel "Z"	Panel formado por tres tramos que generan un zigzag.
Unión macho de panel	Extremo del panel que se vacía contra uno ya existente. La armadura de este extremo eventualmente tiene una prominencia (vértice) hacia fuera.
Unión hembra de panel	Extremo del panel que se vacía contra un tubo de junta. La armadura de este extremo eventualmente tiene un vértice hacia el interior de la armadura.


5. DESCRIPCION DE ACTIVIDADES.

5.1. GENERALIDADES SOBRE LA METODOLOGIA CONSIDERADA.

La excavación de los muros pantalla se realiza mediante cucharas con cables muy pesadas accionadas con grúas 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 1.



Figura 1: Cuchara para excavación de pantallas.

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 5 DE 18

Las Cucharas tiene valvas de sección semicircular o rectangular, de 2.80/3.40 m de ancho y espesor de 100 cm (Pesos aprox. de 18 a 23 ton).

Se empleará la técnica de **Preforos**, la cual es comúnmente utilizada cuando se conoce la presencia general de un terreno constituido por gravas densa o muy densa con bolos.

5.2. DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS PREVIOS.

Estos trabajos incluyen la preparación de la plataforma de trabajo, construcción del murete guía, montaje de la planta de lodo y el replanteo, trabajos que no forman parte del alcance del presente procedimiento.

5.2.1. PLATAFORMA DE TRABAJO.

La plataforma de trabajo será estable y de las dimensiones y condiciones suficientes para permitir el normal desenvolvimiento de los trabajos, tanto para la perforación como para la colocación de la armadura, vadiado de concreto (espacio para el acceso de los camiones) y ubicación de la planta de lodo.


El Consorcio entregará áreas inmediatas vecinas para el montaje de la planta de lodo, armaduras, oficinas y demás instalaciones de obra, todo lo anterior dentro del cerramiento de la estación.

El Consorcio otorgará una plataforma de trabajo en seco y despejada, para acceso y maniobras del equipo de dimensiones adecuadas para los trabajos a realizar. Se considera que la plataforma de trabajo tendrá la capacidad de soportar el equipo de perforación (90 a 130 Ton). La napa freática debe encontrarse en todo momento a no menos de 2,0 m del nivel de la plataforma de trabajo.

5.2.2. MURETES GUIAS.

La construcción del murete guía será realizada por el Consorcio y deberá estar compuesto de dos elementos en paralelo, cuyas dimensiones y armaduras son determinadas de acuerdo a proyecto. Los aspectos más importantes del murete guía, debido a que orienta la perforación, sirve de apoyo y referencia para colgar las armaduras, y de reacción para apoyar los extractores de juntas, son los siguientes:

- el paralelismo y verticalidad de las superficies interiores, cuya separación debe ser de 5cm más que el espesor nominal del muro pantalla proyectado.
- la horizontalidad de las caras superiores para permitir el correcto apoyo a su cota de las armaduras y de los extractores.
- tener las dimensiones y resistencia adecuada para su fin.

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
Elaborado por		: MRD	
Revisado por	: AGG/JJMA/JME		
Aprobado por	: AMC		
CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202		
PAGINA	: 6 DE 18		

5.2.3. MONTAJE DE PLANTA DE LODOS.

La planta de lodo se montará idealmente en una superficie adyacente a cada estación, fuera del área interna de la misma, pero dentro del área de cerramiento de cada estación, para evitar movilizaciones internas.

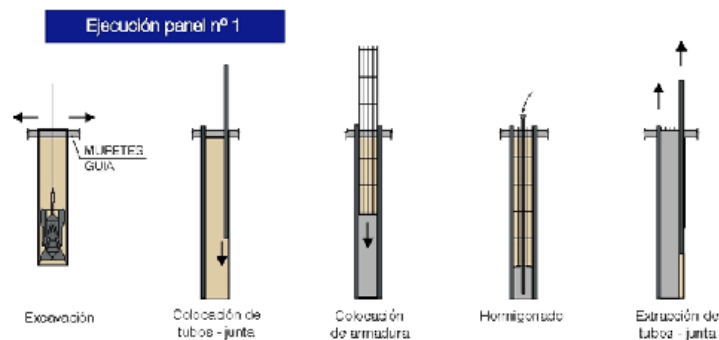
5.2.4. REPLANTEO.


El replanteo de los paneles será realizado por el topógrafo del Consorcio, quién además de indicar la posición en planta del panel, indicará la cota de perforación, la de concreto y la de armadura, no necesariamente en el murete guía, pudiendo proporcionarse esta información en un listado o plano. Normalmente las longitudes en planta de la perforación de los paneles se deben marcar con pintura sobre el murete guía.

Al replantear un panel se debe tomar en cuenta siempre la medida de la apertura de la excavación y la longitud que se vaciará con concreto, esto es por la ocupación del(los) tubo(s) de junta(s).

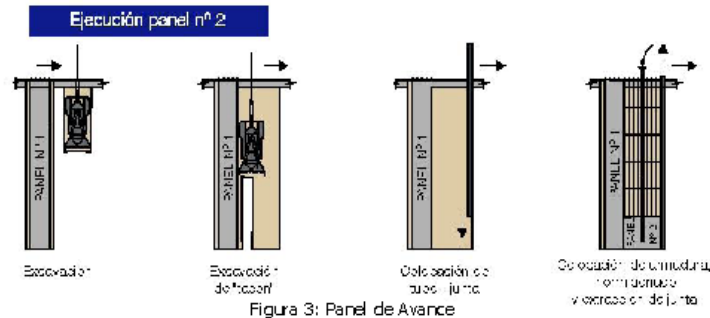
El muro pantalla se dividirá en módulos o paneles de 3 tipos: inicio, avance y cierre. Sus características son las siguientes (Figuras 2, 3 y 4):

Panel de inicio (panel nº1): La ejecución de módulos de inicio requiere la colocación de dos juntas laterales, una en cada extremo del módulo (Fig. 2).

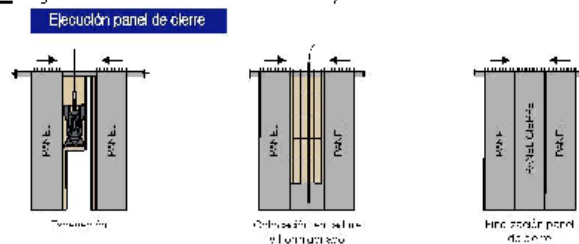


 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202		
PAGINA	: 7 DE 18		

- Panel de avance (panel nº2): Los módulos de avance conectan con módulos previamente ejecutados, por lo que sólo requieren la colocación de una junta en el extremo más alejado del panel previamente ejecutado (Figura 3).



Panel de cierre: ejecutado entre dos avances y sin necesidad de colocación de juntas (Figura 4).




En la medida que se avanza en la obra suelen existir diferencias entre las longitudes vaciadas con concreto de los paneles de avance e inicio y las de proyecto, lo cual debe ser resuelto ajustando la longitud de los paneles de cierre, para de esta forma poder vaciar un tramo determinado con la cota de sello establecida y teniendo la misma armadura de refuerzo. Esta misma situación ocurre en obras cerradas, en las cuales se debe verificar al finalizar que el perímetro total registrado (como suma de ancho de los paneles), coincida con el perímetro de acuerdo a planos y/o topografía.

5.3. EXCAVACIÓN DE PANTALLA CON EMPLEO DE LODOS DE PERFORACIÓN.

Dada la presencia general de un terreno constituido por grava densa o muy densa con bolos, la excavación de la pantalla se realizará optativamente según el siguiente procedimiento:

Para materializar la excavación de la pantalla, se utilizará preforos (perforaciones realizadas previamente con pilotera de diámetro igual o ligeramente superior al espesor de las

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 8 DE 18

pantallas), y posterior excavación con cuchara y trépano del suelo entre preforos (sector denominado "tacón") o bien realizar directamente la excavación con la propia cuchara dependiendo de la compactidad del terreno.

5.3.1. PREFOROS.

Para la ejecución de preforos se han considerado piloterías tipo Bauer BG28 o similar, equipadas con herramientas especiales para el terreno a perforar. La utilización de preforos en terrenos muy compactos donde se requiera su uso evita el uso de trépano, facilita el trabajo de excavación con cucharas y además permite mejorar la verticalidad de las estructuras en este tipo de terrenos.

El criterio adoptado para la distancia entre preforo será igual al largo de la cuchara más una distancia adicional de seguridad que debe de absorber el posible desvío del preforo y evitar un posible atrapamiento de la cuchara.

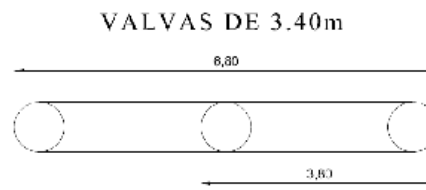



Figura 5: ejemplo de distribución de preforos en un panel típico de 6,00 m

5.3.2. EXCAVACION CON CUCHARAS.

Las Cucharas son cucharas mecánicas accionadas por cable con valvas de sección semicircular (para adaptarse a la huella dejada por la junta en el tacón), de 2.80/3.40 m de ancho y 100 cm de espesor (Pesos aprox. de 18 a 23 Ton. Estas cucharas se distinguen en el mercado por su peso y longitud (10,3 a 11,1 m), condiciones que optimizan la verticalidad obtenible.

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 vertical, dentro de las tolerancias previstas. Adicionalmente se estará atento durante el descenso de la cuchara a la situación de centrado del cable de suspensión con respecto al murete guía, en caso de observarse desviaciones se interrumpirá el avance de la perforación y se tomarán las medidas posibles para corregir la desviación observada, las que variarán según cada caso. La profundidad se comprobará con cadena o con cinta métrica, independientemente de que el equipo de perforación disponga de profundímetro.

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
Elaborado por		: MRD	
Revisado por		: AGG/JJMA/JME	
Aprobado por		: AMC	
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	9 DE 18

El nivel del lodo debe ser tal que en todo momento la presión hidrostática del lodo sea la suficiente para estabilizar las paredes de la excavación y prevenir el ingreso de partículas de suelo en el pozo.

En todo momento, durante la excavación y el vaciado de concreto, el nivel del lodo debe mantenerse dentro del murete guía.

Dado que la extracción del tubo junta sólo se puede realizar una vez que el concreto tiene suficiente resistencia para garantizar su estabilidad, la excavación del pase virgen en el panel adyacente es evidente podrá comenzarse una vez retiradas las juntas del panel vecino.

Como fluidos estabilizantes para la perforación se han considerado lodos bentoníticos

Las propiedades que debe satisfacer el lodo fresco, durante la perforación y durante el vaciado de concreto son las que exige la norma europea UNE EN 1538.

Pilotes Terratest Perú fabricará y controlará la bentonita en base a los requerimientos de la norma citada UNE EN 1538

5.3.3. CONTROL Y TOLERANCIAS DE LA EXCAVACIÓN.


Los principales controles de excavación apuntan a evitar una torsión en planta del panel o una inclinación del mismo tanto hacia la excavación como hacia fuera de ella, estando estos controles definidos en la norma UNE EN 1538.

En este caso, la rugosidad estará determinada por el tamaño máximo de los bolos presentes en el terreno. Dicha condición variará en cada estación de acuerdo a la geología existente y este parámetro podrá tener mayor tolerancia según norma.

5.3.4. SUSTITUCION DE LODOS DE PERFORACIÓN.

Terminada la perforación del panel a la cota prevista se procederá al cambio de lodo. Para ello la bentonita de excavación será cambiada completamente por lodo fresco. El lodo de trabajo procedente del panel se desarenará primero y se devolverá al tanque de lodo de trabajo para ser reutilizado durante la excavación de paneles siguientes. Cuando el lodo de trabajo no cumpla con los parámetros de lodo apto para la excavación según el punto 5.3.2), será descartado.

Este proceso de sustitución podrá realizarse con dos técnicas a través del propio tubo tremie como medio, colocado hasta el fondo del panel, mediante bombas de succión directa en superficie dentro del citado tremie o mediante "air lift" impulsando aire

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 10 DE 18

comprimido por su interior cerca del fondo, siendo imprescindible que se compaginen los volúmenes de extracción del lodo de excavación con el del lodo fresco de aportación en la superficie.

5.3.5. INSTALACION DE JUNTAS.

Una vez terminado el proceso de desarenado se introducirá en el panel el tubo junta. En este caso las juntas que se utilizarán serán la juntas de sección circular (ver Figura 6). Las juntas se colocarán pegadas a los extremos de la excavación, cuidando de dejarlas verticales.

Las juntas sirven tanto para limitar la sección a vaciar con concreto como para crear a su vez una superficie de contacto adecuada para la correcta unión del siguiente panel o batadhe. Además las juntas permiten crear la forma para el guiado de la cuchara cuya valva semiesférica se adapta y desliza por la huella del concreto que la junta ha dejado.

En la Figura 6 se presenta el modelo de extractor de juntas cilíndricas a utilizar. Los criterios para la extracción de las juntas se comentan en punto 5.6.



Figura 6: Extractor de Juntas o encofrados cilíndricos.

La mínima longitud de junta que se introducirá será la longitud del panel más la longitud mínima necesaria para que el extractor pueda abrazar al tubo junta.

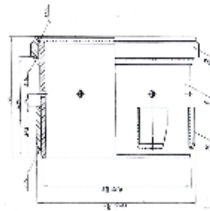



Figura 7. Junta tipo Stein

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
Elaborado por		: MRD	
Revisado por		: AGG/JJMA/JME	
Aprobado por		: AMC	
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 11 DE 18

Para evitar el posible sifonamiento del concreto por el fondo del tubo junta durante el proceso de vaciado de concreto y extracción de la misma, se podrá optar por alguno de los siguientes dos procedimientos:

- hincar el tubo junta, en el caso que el terreno lo permitiera (no sería el caso en terrenos granulares gruesos).
- rellenar con grava y bolos por el interior del tubo junta en una altura aproximada de seis (6) metros.


Cualquiera de estas dos operaciones se deberá realizar antes de la instalación de las armaduras en el panel.

5.4. PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE ARMADURAS.

5.4.1. PREPARACIÓN DE ARMADURAS.

Se debe verificar que la armadura cumpla con los siguientes requisitos:

- Se limitara el peso máximo de cada jaula de armaduras a 11 ton. En caso de que la armadura total del panel pese más de 11 ton, se prepararán dos jaulas verticales de armaduras con una separación libre en planta entre ellas de 20 a 25 cm.
- En ningún caso las armaduras se realizarán mediante solapes de tramos de jaulas verticales de armaduras en el panel.
- La jaulas tendrán suficientes elementos rigidizadores tanto verticales como horizontales, los cuales serán definidos según el armado, peso y espesor que tenga cada pantalla
- Las barras de acero deben soldarse a todos los elementos de rigidización, de forma que la armadura mantenga su forma durante el izaje.

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 12 DE 18

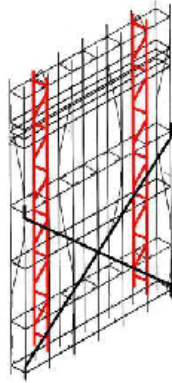



Fig. 8a –Rigidizadores verticales en muros pantalla.



Fig. 8b -Diagonales de rigidez.

- Todas las barras longitudinales que llegan al empalme se amarrarán con doble amarra en al menos 2 puntos.
- En el extremo superior se instalarán dos asas de izaje y cuatro de cuelgue. Las asas de izaje son para sostener la armadura en sus desplazamientos con la grúa, mientras que las de cuelgue son solo para colgar la armadura y permitir el recubrimiento mínimo de concreto en el fondo. Tanto las asas de izaje como las de cuelgue serán de acero e irán soldadas de un lado a las cerchas de rigidez.
- En caso de instalarse elementos adicionales tales como pasadas de anclajes o reservaciones, las posiciones de éstas deben quedar registradas en el parte de construcción.

5.4.2. IZAJE DE ARMADURAS.

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 13 DE 18

- Previo a realizar cualquier maniobra se debe verificar la correcta rigidización de la armadura.
- Previo a la postura de la armadura en el pozo se deben haber instalado los tubos de junta con sus respectivas cuñas.
- Para el izado se utilizarán balancines, sujeciones y ganchos que garanticen la integridad de la armadura.
- Para el caso de armaduras de longitud superior a 12m, se debe aplicar el sistema de izaje descrito en la Figura 10.

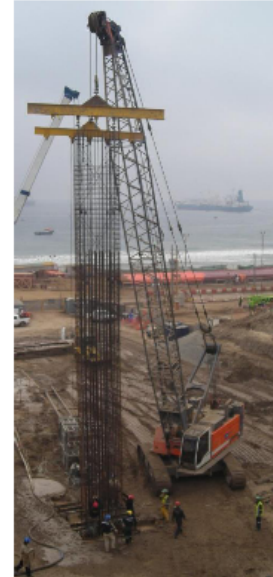


Fig. 9 – Grúa Liebherr HS 855 durante montaje de armadura de 25 m

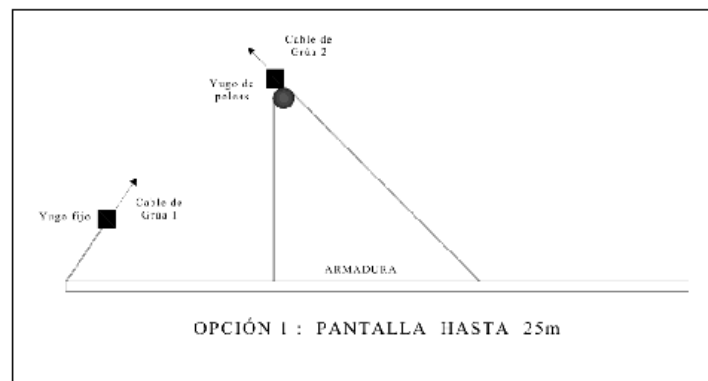



Figura 10: Sistema de izaje

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
		Elaborado por	: MRD
		Revisado por	: AGG/JJMA/JME
		Aprobado por	: AMC
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 14 DE 18

- Para el caso de armaduras de más de 25 m, cabe la posibilidad de poder colocar el yugo o balancín de cabeza a una quinta parte de la longitud de la armadura, pudiendo sobresalir la armadura por encima de la cabeza de la pluma de la grúa de izaje.

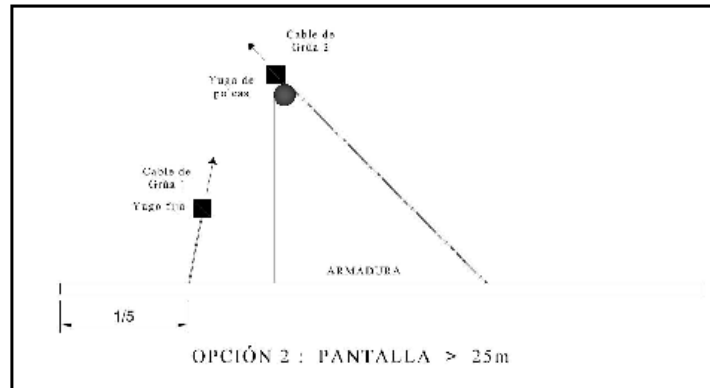



Figura 11: Sistema de izaje

- Se coloca la armadura dentro del panel excavado, guiándola con cuerdas u otros elementos auxiliares.
- Se baja la armadura dentro del panel excavado hasta la zona de sujeción del cable del balancín de poleas (cable "2") y se traba con una viga horizontal contra los muretes guía.
- Luego se desengancha los extremos asociados al cable "2" (dependiendo si se está usando estrobo o yugo de poleas), y se continua bajando la armadura con el cable "1" hasta llegar a la altura en la que se pueden poner los "frenos" a las asas de fijación. Una vez instalados los frenos se puede desenganchar completamente la armadura.

5.5. VACIADO DE CONCRETO.

5.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL VACIADO DE CONCRETO.

Elemento	Control
Concreto	Cumplirá con lo establecido en los documentos de referencia descritos en el punto 3. Se deberá asegurar que el concreto cumpla con una curva de pérdida de cono de acuerdo a Drilled Shafts Manual 2010 (FHWA). Figura 12.

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión : 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia : 19/01/2016 Elaborado por : MRD Revisado por : AGG/JJMA/JME Aprobado por : AMC
		CÓDIGO DOC. : PE-PP-13202
		PAGINA : 15 DE 18

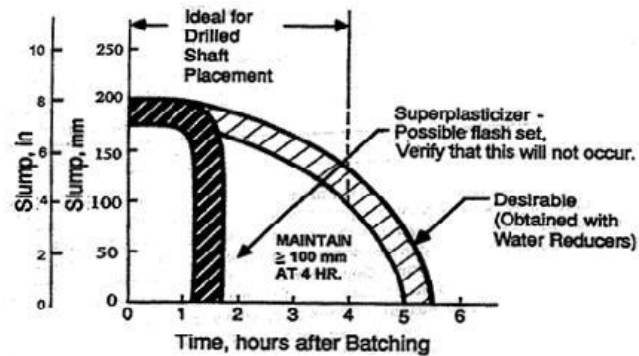



Figura 12.


<p>Vaciado de concreto</p>	<p>La modulación de la tubería tremie para cada línea deberá ser idéntica, de manera que al cortar tubería todas las líneas queden con la misma cota de fondo.</p> <p>Los tubos tremie deben colgarse utilizando frenos y corbatas. No deben apoyarse los embudos en el murete guía para lograr la distancia correcta entre extremo inferior y sello del panel.</p> <p>Se introducirá una pelota de plástico en cada línea de tremie para evitar el lavado de la primera partida de concreto, cada línea de tremie se apoyará en el fondo del panel y una vez rellena con el primer vertido se levantará del orden de 30cms.</p> <p>El vaciado será simultáneo en ambas líneas de tremies. Ambas líneas de premies serán manejadas mediante un yugo/balandín que conecte sus embudos por el mismo cable de la grúa de servicio para que sus movimientos ascensionales sean idénticos.</p> <p>Antes de cortar tubería tremie se verificará que queden al menos 3,0 m inmersos de tubería en el concreto, pero siempre deberá procederse a cortar tubería tremie tan pronto se cumpla con este límite de forma de lograr una adecuada velocidad de ascenso del concreto en la superficie con el fin de desplazar la suspensión bentonítica hacia arriba evitando que quede atrapada en los bordes del panel.</p> <p>El vaciado de concreto será continuo, de forma que no se produzcan interrupciones notables durante el mismo, y continuará hasta rebasar la cota teórica de concreto sano según lo indicado en los planos. En caso que</p>
----------------------------	---

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión	: 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia	: 19/01/2016
Elaborado por		: MRD	
Revisado por		: AGG/JJMA/JME	
Aprobado por		: AMC	
		CÓDIGO DOC.	: PE-PP-13202
		PAGINA	: 16 DE 18

	<p>sea necesario dejar el concreto a una cota inferior a la del murete guía, deberá realizarse un relleno posterior con mortero u concreto pobre, hasta alcanzar una cota dentro de la altura del murete.</p> <p>La armadura debe instalarse <u>inmediatamente</u> antes de vaciar el concreto e <u>inmediatamente</u> luego de la limpieza del fondo y cambio del lodo.</p> <p>En caso que se encuentre la armadura instalada y exista un retraso en el inicio del vaciado de concreto, se mantendrá la sedimentación en suspensión por medio de aire comprimido.</p> <p>No se podrá iniciar el vaciado de concreto hasta que no estén disponibles al menos dos mixer por cada tubería tremie que se use para el vaciado del concreto. A este respecto, se deberá programar cuidadosamente el suministro del concreto, teniendo en cuenta todos los condicionantes que lo puedan afectar, para conseguir que el vaciado sea continuo, lo que significa que las únicas discontinuidades admisibles que ocurran sean las normales del proceso de vaciado mediante tubo tremie.</p> <p>En general, se cumplirá además con los requisitos establecidos para el vaciado por la norma UNE EN 1538</p>
--	--

5.5.2. CURVA DE VACIADO.

En la curva de vaciado de concreto deben marcarse las posiciones inferiores de los tubos tremie en todo momento (ver Figura 13).

 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión : 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia : 19/01/2016 Elaborado por : MRD Revisado por : AGG/JJMA/JME Aprobado por : AMC
		CÓDIGO DOC. : PE-PP-13202
		PAGINA : 17 DE 18

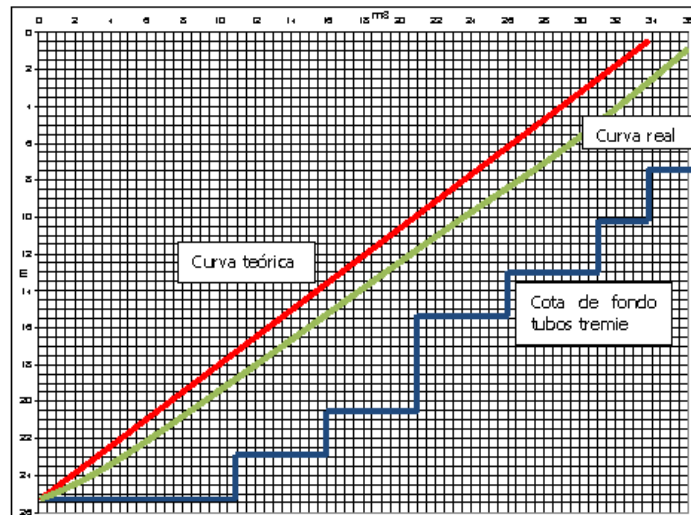
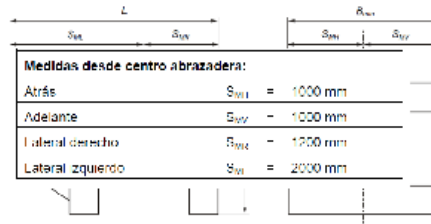



Figura 13: Curva teórica deviado de concreto

5.6. EXTRACCIÓN DE TUBO JUNTA

Una vez comience el proceso de fraguado del concreto manifestado por su capacidad para mantenerse con pared vertical y que puede determinarse mediante punzonamiento en su superficie, o con muestras extraídas para controlar el fraguado, se procederá a la extracción de las juntas mediante gatos o sistemas apropiados como el mostrado en la figura 14. Estas se irán sacando por tramos poco a poco. Una vez movilizada o extraída la primera parte de la junta que se corresponde a la liberación de su zona más profunda donde existe mayor peso de concreto y si éste es homogéneo en las características requeridas de tiempos de fraguado no es de temer que se produzca aquel efecto en las zonas superiores del panel siempre que se respeten los mismos valores de tiempo entre vertido del concreto y movilización de la junta.

Las dimensiones de los gatos extractores son:



 PILOTES TERRATEST S.A.	DOCUMENTO	Revisión : 008
	PROCEDIMIENTO DE EJECUCION MUROS PANTALLA EXCAVADOS CON CUCHARA METRO DE LIMA – LÍNEA 2	Vigencia : 19/01/2016 Elaborado por : MRD Revisado por : AGG/JJMA/JME Aprobado por : AMC
		CÓDIGO DOC. : PE-PP-13202
		PAGINA : 18 DE 18

El extractor se puede colocar de dos formas diferentes en el murete guía.

OPCIÓN 1 :
PERPENDICULAR AL MURETE GUIA

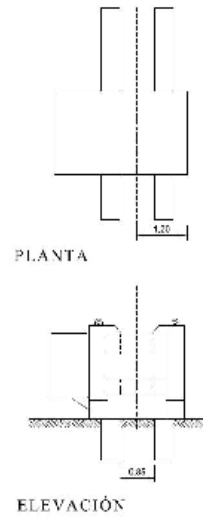


Fig. 14b –Extractor paralelo al murete.

OPCIÓN 2 :
PARALELO AL MURETE GUIA

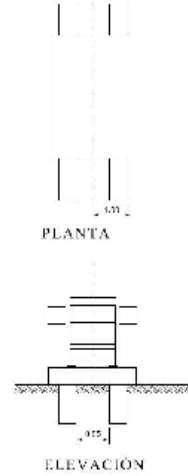


Fig. 14a –Extractor perpendicular al murete.

ANEXO N.º 08. Protocolo de verificación del acero de refuerzo en estructuras

PROTOCOLO	Sistema Gestión Calidad. CÓD-0001 - Rev.0
VERIFICACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO EN ESTRUCTURAS	Fecha: Nov. 2019

Ubicación: _____ Fecha: _____ N° Correlativo: _____
 Estructura: _____ Plano de referencia: _____
 Sector: _____

CHECK LIST DE VERIFICACIÓN				LIBERACIÓN	
VERIFICACIÓN TOPOGRÁFICA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES	Nombre y Firma Supervisión

Verificación de niveles de fondo

ACERO DE REFUERZO	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES	LIBERACIÓN
					Nombre y Firma Supervisión

Verificación del acero de refuerzo, calidad y tipos
(f'y, grado y diámetros)

Verificación de la separación entre las barras de acero de refuerzo.

Verificación de amarre del acero de refuerzo.

Verificación de la longitud de traslapes y/o instalación de conectores mecánicos

Verificación de tipo y colocación de separadores entre armadura y encofrados

Limpieza del acero de refuerzo

Colocación y habilitado del acero de refuerzo (ubicación, cuantía y espaciamientos)

Separadores entre mallas (doble malla)

Verificación de doblado del acero según especificaciones

Soldadura de armadura

Verificación de insertos y embebidos

La estructura lleva encofrado Si No

VERIFICACIÓN FINAL	SI	NO	LIBERACIÓN
			Nombre y Firma Supervisión

De acuerdo a la verificación realizada, queda liberada la armadura para continuar con el encofrado, Si la estructura no requiere encofrado, se autoriza el vaciado de concreto.

OBSERVACIONES:

Producción/Subcontratista:	Calidad Empresa:	Supervisión :
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma:	Firma:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



MARTÍN VELÁSQUEZ LUQUE
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 114015

ANEXO N.º 09. Registro geológico – geotécnico

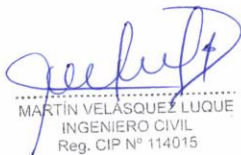
REGISTRO	COD-0001
LEVANTAMIENTO GEOLOGICO - GEOTECNICO	Fecha: Nov. 2019 Revisión 0

Codigo:	UBICACIÓN:
---------	------------

PROGRESIVA KILOMÉTRICA / PROFUNDIDAD

Realizado:	Hora:	Fecha:
Formación Geológica Geotécnica según Proyecto (EDI):		

Formación Geológica Geotécnica encontrada en obra:


 MARTIN VELÁSQUEZ LUQUE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 114015

Observaciones:

CLIENTE:	SUBCONTRATISTA	SUPERVISION
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma:	Firma:

ANEXO N.º 10. Protocolo de verificación de lodos bentoníticos

PROTOCOLO		Sistema Gestión Calidad. CÓD-0001 - Rev.0
VERIFICACIÓN DE LODOS BENTONITICOS		Fecha: Nov. 2019
Ubicación:	Fecha:	Nº Correlativo:
Estructura:	Hora del Control:	
Sector:		

CONTROL DE CARACTERISTICAS DE LOS LODOS DE EXCAVACION				
TIPO DE LODO CONTROLES	Fresco:	Reutilizado:	Antes de Vaciado de concreto:	LIBERACIÓN Nombre y Firma Supervisión
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
CUMPLIMIENTO			OBSERVACIONES	
SI NO N/A				
Densidad (Kgr/litro)				Valor:
Viscosidad en cono de Marsh (seg)				Valor:
Contenido de Arena (%)				Valor:
Perdida de Fluido en cm ³				Valor:
pH				Valor:
Cake en mm				Valor:

VERIFICACIÓN FINAL	SI NO	LIBERACIÓN Nombre y Firma Supervisión
--------------------	-------	--

De acuerdo a la verificación realizada, el lodo bentonítico estaría conforme con lo indicado en el proyecto.

OBSERVACIONES:

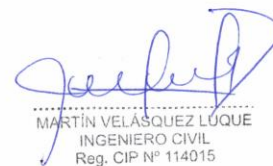


MARTÍN VELASQUEZ LUQUE
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 114015

Producción/Subcontratista:	Calidad Empresa:	Supervisión :
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma:	Firma:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ANEXO N.º 11. Registro de reporte topográfico

REGISTRO					Código-0011
REPORTE TOPOGRAFICO					Revision: 0
					Fecha: Nov. 2019
					Pag. 1 de 1
Ubicación:				Fecha:	
Estructura:					
Sector:					
BMs:			Estación:		
Equipo Topografico:					
ITEM	ACTIVIDAD	SI	NO	N.A.	OBSERVACIONES
1	Comprobacion de BMs de referencia				
2	Ubicación de Puntos Auxiliares				
3	Trazo y Replanteo de ejes (Muros guía; losas, otros)				
4	Replanteo y verificación de encofrados (Muros guía, losas, otros)				
5	Colocación de niveles				
6	Verticalidad y alineamineto				
7	Levantamiento Topográfico				
8	Otros				
Observaciones:					
Topografía Subcontratista		Topografía Empresa		Topografía Supervisión	
Nombre / Firma:		Nombre / Firma:		Nombre / Firma:	
Fecha y Hora:		Fecha y Hora:		Fecha y Hora:	


 MARTÍN VELÁSQUEZ LUQUE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 114015

ANEXO N.º 12. Registro de control diario de vaciados y muestras de concreto

estructural para pantallas

Sistema de Gestión Calidad
CORISO-001 - Rev 9
Fecha: 05/11/2019

REGISTRO
CONTROL DIARIO DE VACIADOS Y MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL PARA PANTALLAS Y PIRAS PLOTE

UBICACIÓN: _____ TIPO DE CONCRETO: _____

TIPO DE ARBITRIO INCORPORADO EN OBRAS: _____ TIPO DE CEMENTO: _____

FECHA: _____ COBRO DEL CONCRETO: _____

AUTORIZA A COLOCACIÓN DE ARBITRIO: _____

No.	Vol. de Concl. (m ³)	Espec. de Concl.	Tem. Ambiente (°C)	PLANTA		ELEMENTO VACIADO		Hora	Día	PK / COTA	PTS DE VACIADO	Hora	Día	Tipo de Muestra / Aplicación
				Inicio	Fin	Inicio	Fin							
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														

P.M.G. de _____

LABORATORIO _____

SECCIONISTA _____

PROFESION _____

SECCIONISTA _____

PROFESION _____

SECCIONISTA _____

PROFESION _____


 MARTÍN VELÁSQUEZ LUQUE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 114015

ANEXO N.º 13. Descabezado de elementos de concreto

REGISTRO LISTA DE VERIFICACIÓN DESCABEZADO DE ELEMENTOS DE CONCRETO	Código-0001 Revisión: 0 Fecha: Nov. 2019 Pagina: 1 de 1
---	--

Ubicación: _____ Fecha: _____ No. Corr. _____

Estructura: _____

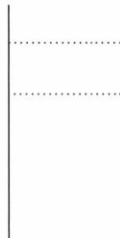
Descripción del trabajo:

Ítem (*)	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Cumplimiento			OBSERVACIONES	LIBERACIÓN Nombre y Firma Supervisión
		SI	NO	N/A		
1	Equipo para rotura de concreto operativo.					
2	Cota Superior de concreto del elemento (Real) (CC).				Valor:	
3	Verificación de cota teorica de descabezado (Nivel superior del elemento) (CT).				Valor:	
4	Cota real del nivel de descabezado (CR).				Valor:	
5	Altura de Descabezado (H= CC - CR).				Valor: H= H= >= 0,30m	
6	Verificación de la variación del nivel de descabezado ($\Delta = CR - CT$).				Valor: $\Delta =$ $-0,07m < \Delta = < 0,04m$	
7	Verificación Visual de concreto bueno en cota real del nivel de descabezado.					
8	Verificación del acero sin daños después del descabezado.					


Cotas de concreto y decabezado:

CC: _____

CR: _____



CT: _____


MARTÍN VELÁSQUEZ LUQUE
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 114015

Observaciones:

Por el Subcontratista:	Por Empresa(Calidad/Producción):	Por la Supervisión:
Firma	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:	Nombre:

ANEXO N.º 14. Presupuesto Estación E23 – Hermilio Valdizán

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN		
Items	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

Fuente: Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017)

ANEXO N.º 15. Presupuesto Estación E23 – Hermilio Valdizán – Alternativa 2

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN - ALTERANTIVA 2		
Items	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

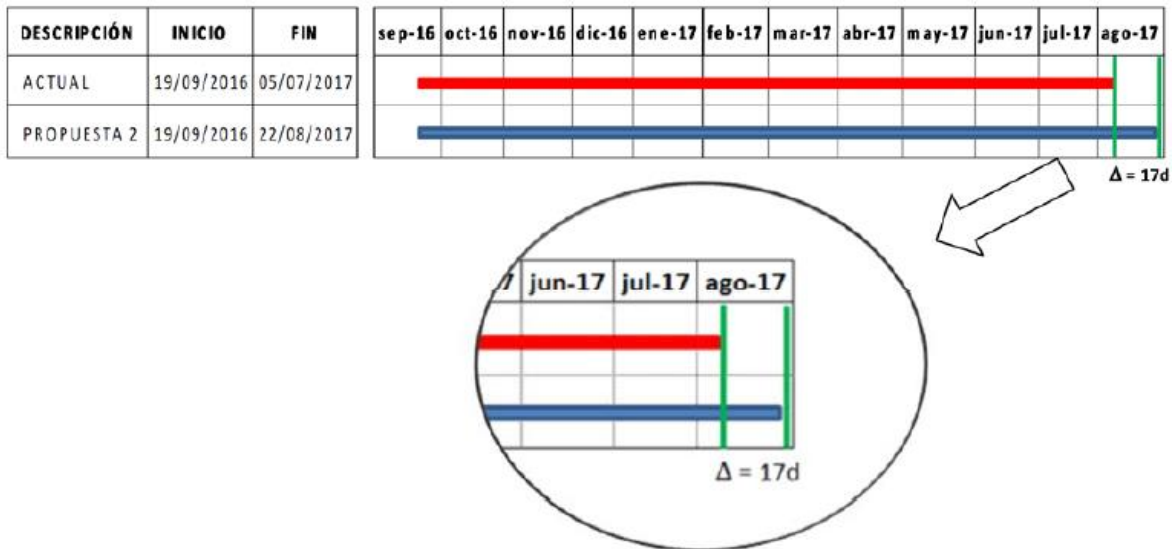
Fuente: Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017)

ANEXO N.º 16. Presupuesto Estación E23 – Hermilio Valdizán – Alternativa 3

ESTACIÓN 23: HERMILIO VALDIZAN - ALTERNATIVA 3		
Items	Descripción	Valorización Total (\$)
09A-5.3	Caja estación	
09A-5.3.1	Movimiento de tierras caja estación	3,356,057.83
09A-5.3.2	Sostenimiento de estación	4,358,354.17
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		12,266,044.44
GG + UTI (31,87%)		2,574,003.65
PRESUPUESTO TOTAL (sin igv)		14,840,048.09

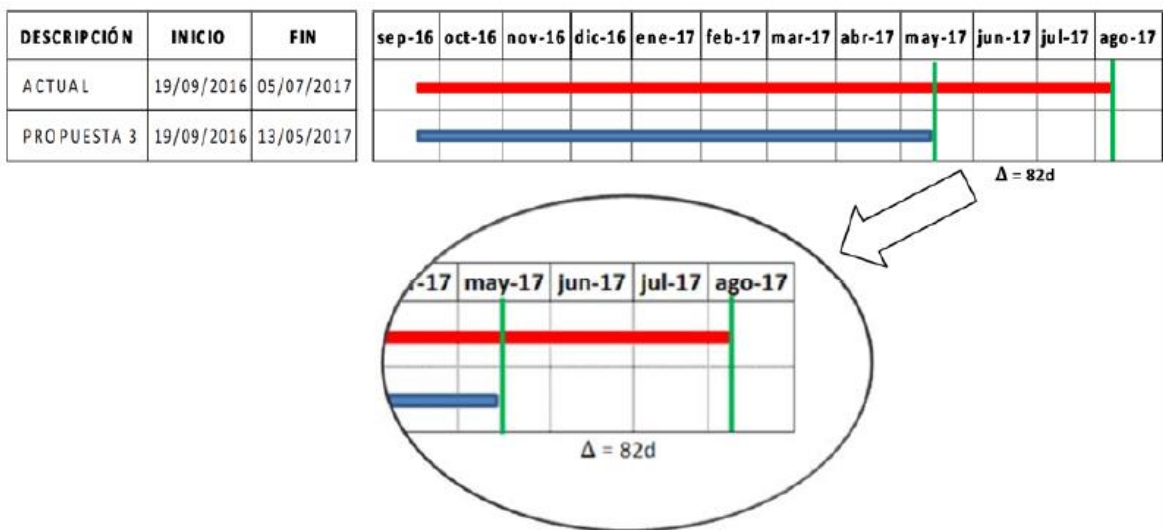
Fuente: Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017)

ANEXO N.º 17. Comparación entre línea de tiempo alternativa actual y alternativa 2



Fuente: Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017)

ANEXO N.º 18. Comparación entre línea de tiempo alternativa actual y alternativa 3



Fuente: Padilla, Amado, Pando & Sixto (2017)