Contenido

7 DESCRIPCION DEL PROYECTO 3
7.1 Antecedentes 3
7.2 Introducción 3
7.3 Ubicación del Trazado de la Variante de 2.6 Km y estación Quitumbe 3
7.4 Características Generales 7
7.5 Actividades preliminares 8
7.5.1 Inspección 8
7.5.2 Retiro de propiedades e infraestructuras 9
7.5.3 Reubicación de infraestructuras y propiedades 9
7.5.4 Avalúo de predios afectados por la construcción 9
7.5.5 Adecuación de infraestructuras auxiliares en el tramo de la Variante Quitumbe 9
7.5.6 Adecuación y uso de campamentos 14
7.5.7 Abastecimiento de agua, energía y más servicios 14
7.6 Plan de auscultación 14
7.7 Fase de construcción 18
7.7.1 Procesos constructivos 18
7.8 Fase de operación y mantenimiento 47
7.8.1 Prueba e inspección de los equipos y puesta en servicio 47
7.8.2 Operación ordinaria 48
7.8.3 Mantenimiento de equipos e instalaciones 50
7.9 Fase de cierre y rehabilitación 50

Tablas

Tabla 7-1: Coordenadas de la Variante Quitumbe de la Primera Línea del Metro de Quito 3
Tabla 7-2 Localización y distancia de las salidas de emergencia en Tramo de la Variante Quitumbe 10
Tabla 7-3 Resumen localización pozos de ventilación 12
Tabla 7-4: Resumen diagonales y bretelle definidos 28

Ilustraciones

Ilustración 7-1 Trazado de la Variante Quitumbe de 2.6 km., de la Primera Línea del Metro de Quito 6
Ilustración 7-2 Pozo de Extracción en la Variante 11
Ilustración 7-3 Salida de Emergencia y Pozo de Bombeo 11

Ilustración 7-4 Sección tipo de salida de emergencia 12
Ilustración 7-5 Sección tipo pozo ventilación 13
Ilustración 7-6 Auscultación para el Tramo de la Variante 15
Ilustración 7-7 Secuencia del proceso constructivo entre pantallas 18
Ilustración 7-8 Sección tipo entre pantallas 19
Ilustración 7-9 Principales elementos tuneladora 20
Ilustración 7-10 Sección tipo con tuneladora 20
Ilustración 7-11 Sección tipo de vía 23
Ilustración 7-12 Sección tuneladora 24
Ilustración 7-13 Esquema de ubicación aparatos de vía en estaciones 28
Ilustración 7-14 Fases de ejecución del túnel por el método Cut and Cover 30
Ilustración 7-15 Fases de ejecución de una estación mediante Cut And Cover 31
Ilustración 7-16 Desvió de servicios (I) 33
Ilustración 7-17 Desvío de tráfico (I Y II) 34
Ilustración 7-18 Excavación bajo losa (I) 34
Ilustración 7-19 Excavación bajo losa (II y III) 35
Ilustración 7-20 Andenes y acabados (I) 36
Ilustración 7-21 Andenes y acabados (II) 37

Fotografías

Fotografía 7-1 Salida de emergencia en un tramo de túnel 26
Fotografía 7-2 Salida de emergencia en un tramo de túnel 27
Fotografía 7-3 Imagen de una bretelle 29

7 DESCRIPCION DEL PROYECTO

7.1 Antecedentes

El diseño del trazado original del Proyecto del Metro de Quito contiene al inicio de línea, la Estación intermodal denominada "Quitumbe", adyacente a la actual Estación de buses interprovinciales en el PK 10+000.

La estación de metro se integrará en el entorno a través de una estructura y una cubierta diseñada con características estructurales y arquitectónicas similares a la estación de buses.

A continuación, se detallan los aspectos críticos del trazado en el entorno de la Estación Quitumbe:

- ✓ El diseño del trazado original conecta la Estación Quitumbe con el Patio de Cocheras, cruzando por el área de estacionamientos de buses existente, lo que genera una fuerte interferencia por ser un tramo entre pantallas.
- ✓ El trazado original tiene el Pozo de Extracción 1 de la Tuneladora que viene de la Estación Solanda, en el redondel de la Av. Rumichaca y Amaru Ñan, por donde pasan tres tuberías: Poliducto, Oleoducto (SOTE) y Tubería Pasiva, a poca profundidad del trazado original. Esto origina la interferencia entre el pozo de Extracción y las mencionadas tuberías ya que se dificulta la extracción de la tuneladora en dicho redondel.
- ✓ Complementando el punto anterior, la extracción de la máquina en el mencionado redondel, obligaría a un desvío de tráfico considerable en dimensiones y en tiempo.
- ✓ Este trazado atraviesa los conjuntos habitacionales de la Calle Pumapungo, lo cual ocasionaría molestias a los moradores, al tratarse de túnel entre pantallas encajado en una calle estrecha que sirve de acceso a las viviendas, afectando también el único acceso al estacionamiento del conjunto habitacional.
- ✓ El trazado original cruza la Quebrada Ortega-Rumichaca-Pumapungo, para lo cual se proyecta un marco tricelular de gran magnitud, con el inconveniente que conlleva una obra de drenaje de esta envergadura.

Con todos estos antecedentes se ha planteado una variante (Variante Quitumbe), que minimice estas afectaciones.

7.2 Introducción

El presente Estudio Complementario de la Primera Línea del Metro de Quito, comprende la alternativa al trazado de 2,6 km denominado Variante Quitumbe la cual comprende desde Patio de Cocheras hasta su entronque con la Estación Morán Valverde con una longitud de 2.6 Km.

7.3 Ubicación del Trazado de la Variante de 2.6 Km y estación Quitumbe

La ubicación geográfica del trazado de la variante Quitumbe de 2.6 Km., de la Primera Línea del Metro de Quito, en coordenadas UTM-DATUM WGS 84 comprende lo siguiente:

Tabla 7-1: *Coordenadas de la Variante Quitumbe de la Primera Línea del Metro de Quito*

PUNTOS	COORDENADAS (WGS84)	
	X	Y
1	771916	9966882
2	771842	9966876

PUNTOS	COORDENADAS (WGS84)	
	X	Y
3	771756	9966945
4	771735	9967104
5	771755	9967173
6	771814	9967246
7	771823	9967255
8	771880	9967310
9	771874	9967317
10	771933	9967374
11	771929	9967378
12	771987	9967433
13	772017	9967402
14	772019	9967403
15	772020	9967403
16	772028	9967410
17	772033	9967405
18	772024	9967398
19	772025	9967397
20	772023	9967394
21	772036	9967382
22	772036	9967381
23	772039	9967378
24	772037	9967376
25	772044	9967369
26	772040	9967364
27	772032	9967372
28	772031	9967371
29	772028	9967374
30	772021	9967367
31	772024	9967365
32	772023	9967364
33	772030	9967356
34	772026	9967352
35	772018	9967360
36	772017	9967359
37	772015	9967361
38	772009	9967356
39	772000	9967366
40	771991	9967358
41	772002	9967345
42	771999	9967341
43	771987	9967354
44	771978	9967345

PUNTOS	COORDENADAS (WGS84)	
	X	Y
45	771973	9967351
46	771995	9967371
47	771982	9967384
48	771951	9967355
49	771947	9967359
50	771897	9967311
51	771895	9967313
52	771886	9967304
53	771874	9967317
54	772016	9967438
55	772065	9967489
56	772117	9967609
57	772120	9967679
58	772126	9967778
59	772202	9967932
60	772278	9967997
61	772550	9968207
62	772626	9968272
63	772687	9968370
64	772712	9968467
65	772773	9968780
66	772790	9968853
67	772801	9968880
68	772837	9968946

Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.

Ilustración 7-1 *Trazado de la Variante Quitumbe de 2.6 km., de la Primera Línea del Metro de Quito*

Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.

7.4 Características Generales

El trazado de la variante Quitumbe forma parte de la Primera Línea del Metro de Quito, y comprende 2.6 Km.Del PK 9+500 al PK 10+600 (1.1 Km) la tipología es de túnel entre pantallas. Esta metodología consiste en la ejecución de muros diafragma dentro del terreno, a continuación, se ejecuta la losa de cubierta contra el terreno, seguidamente se realiza la excavación de las tierras bajo losa de cubierta hasta losa de contrabóveda, para finalmente ejecutar la losa contrabóveda contra el terreno.

Entre los PK´s 10+320 al 10+400 se embaúla la quebrada Rumichaca mediante un marco bicelular que encauzará la quebrada para un período de retorno de 500 años. Este tramo se ejecutará en falso túnel, es decir a cielo abierto pero cubierto con paredes y techo de hormigón armado.

En el PK 10+600 se ejecutará el pozo de Extracción 1 de la tuneladora que viene de la Estación Solanda. Una vez dentro del pozo, la máquina se extrae por partes, causando la menor interferencia en superficie.

Del PK 10+600 al PK 11+600 (entronque con la Estación Morán Valverde), la tipología es de túnel mecanizado con TBM (Tunnel Boring Machine) del tipo EPB (Earth Pressure Balance). Esta metodología consiste en equilibrar la presión del frente de tierras con una contrapresión dada por las propias tierras excavadas y alojadas en una cámara interior a la máquina y justo detrás de la cabeza cortadora, al mismo tiempo que el par motor (Torque) junto con el empuje de los gatos hidráulicos (fuerza de empuje) generan el avance de la máquina y por consiguiente la excavación del túnel. Justo después de la excavación de un tramo de avance se colocan los anillos de revestimiento definitivo del túnel. Para este proyecto se colocarán anillos de hormigón armado con juntas de impermeabilización, de acuerdo con la tipología de anillo universal. Esta tipología consiste en dotar a las dovelas (cada una de las partes que compone un anillo) de múltiples posiciones (13 para este proyecto) que garantizan que no se forman juntas en cruz, mejorando notablemente la estanqueidad del túnel. El diámetro de excavación es de 9.40 m.

La cobertura para el tramo con tuneladora parte de 9 m sobre clave de túnel en el pozo de Extracción 1, es decir aproximadamente 1 diámetro de túnel e irá aumentando a medida que avance a la Estación Moran Valverde.

La distancia a la que pasan las tres tuberías de Poliducto, Oleoducto (SOTE) y Tubería Pasiva es de 68 m respecto del pozo de Extracción 1. A partir de estudios realizados por MTC TunnelConsultants (Munich – Alemania) se desglosa que:

- ✓ La estabilidad del conjunto de túnel, tuberías y terreno se garantiza con 1.3 bares de presión en la cámara de tierras (presión en el frente), valor que puede ser dado sin problemas por la tuneladora.
- ✓ Los asientos e inclinaciones del terreno en la zona del paso bajo las tuberías son mínimos.
- ✓ Las variaciones tensionales en las tuberías son mínimas, dejando reservas de capacidad estructural del orden del 95%.

Al igual que el proyecto original, la Variante propuesta tiene 4 pozos verticales auxiliares, 2 de ellos en la vertical del túnel, y otros 2 adyacentes y conectados al túnel mediante galerías de conexión en mina (excavación convencional de túneles).

El futuro Proyecto Paraíso de Quitumbe, promovido por el ISSFA (Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas), se encuentra entre los PK´s 10+300 – 10+620 de la Variante propuesta; y consiste en edificios habitacionales de 10 plantas más un subsuelo, el cual no interfiere con el túnel de metro.

Con esta Variante no queda afectado el estacionamiento de buses de la Estación Interprovincial de Buses Quitumbe, ni tampoco el conjunto habitacional de la Calle Pumapungo.

Tanto el Proyecto original como la variante propuesta, afectan la Av. Condor Ñan justo después de la estación de metro de Quitumbe, debido a la ejecución de las pantallas y losa de cubierta del túnel.

La variante propuesta pasa por debajo de las viviendas de la Av. Amaru Ñan, acera Norte, con una cobertura de 10mts sobre clave de túnel.

Entre el PK 11+020 y PK 11+140 se prevé la ejecución de una futura estación de reserva de Metro.

Para el diseño de la Variante de Quitumbe, se ha ejecutado una campaña geotécnica que consiste en siete sondeos mecánicos con ejecución de ensayos SPT, Lefranc y extracción de muestras para ensayos de laboratorio, así como tres penetrometros estáticos de cono (CPT).

Como criterio básico, tanto la línea como la estación previstas serán subterráneas para no interferir su operación con el resto de tráfico (en superficie) y permitir la liberación de espacios para su disfrute por el ciudadano (residencial, ocio y servicios arriba, infraestructuras debajo).

7.5 Actividades preliminares

Previo a la realización de la construcción se realizarán las siguientes actividades que se detallan a continuación:

- ✓ Inspección
- ✓ Retiro de propiedades e infraestructuras (de ser aplicable)
- ✓ Reubicación de infraestructuras y propiedades
- ✓ Avalúo de predios afectados por la construcción
- ✓ Adecuación y uso de patios para maquinarias (de ser aplicable)
- ✓ Adecuación y uso de instalaciones auxiliares
- ✓ Adecuación y uso de campamentos
- ✓ Abastecimiento de agua, energía y más servicios

Esta fase se puede denominar preparación y cada uno de sus componentes se los analiza a continuación.

7.5.1 Inspección

Se procederá a realizar un recorrido por el trazado de la variante de 2.6 km de la primera línea del Metro, al igual que los espacios destinados a la estación, entre los encargados de la construcción del Metro y un notario público autorizado a fin de establecer el estado actual tanto

de los espacios destinados a la estación y túneles. Se levantará la información respectiva en fotografía, planos y más especificaciones, a efectos de cualquier queja o reclamos en el futuro. Los informes de las inspecciones realizadas contarán con la certificación y firma del Notario y la persona designada por el constructor. Además, se investigará y analizará por medio de planos existentes y/o sondeos realizados en campo, las condiciones de los cimientos y bases de las edificaciones que se encuentren en las inmediaciones al sitio.

7.5.2 Retiro de propiedades e infraestructuras

De acuerdo a información proporcionada por la EPMMQ no se tiene previsto la afectación de predios y por ende algún tipo de expropiación.

7.5.3 Reubicación de infraestructuras y propiedades

Luego de cumplidos los requerimientos para las reubicaciones y de remoción de la infraestructura o mejoras, se tomarán las medidas pertinentes para recuperar la mayor cantidad de los elementos de la infraestructura o mejoras que puedan utilizarse para usos secundarios, siempre y cuando estos elementos no cuenten con sustancias tóxicas. En caso de proponer emplear algunos elementos o materiales para las obras provisionales del proyecto, se solicitará la autorización respectiva.

7.5.4 Avalúo de predios afectados por la construcción

En el recorrido de la variante, es necesaria la construcción de la estación Quitumbe y áreas auxiliares. Todo este proceso obliga a contar con los espacios necesarios para el efecto; una vez realizado el trazado de la variante, los predios requeridos para la construcción son de carácter público en la mayoría de los casos y privados en menor porcentaje.

De acuerdo a información proporcionada por la EPMMQ no se tiene previsto la afectación de predios y por ende algún tipo de expropiación.

Se realizarán la inspección de todos aquellos predios que se encuentren a una distancia de 40 metros respecto del nuevo trazado, tanto a la derecha como a la izquierda del mismo, para poder evaluar el nivel de daños y posibles riegos en las construcciones cercanas al nuevo trazado.

7.5.5 Adecuación de infraestructuras auxiliares en el tramo de la Variante Quitumbe

Como infraestructuras auxiliares al propio túnel, además de la estación, se dispondrán de otras instalaciones, las cuales se mencionan a continuación:

7.5.5.1 Salidas de emergencia y pozos de ventilación

Necesarios para garantizar el acceso y la renovación de aire en el interior de la infraestructura así como la evacuación en caso de emergencia.

Los criterios para definición y ubicación de las salidas de emergencia y ventilación se recogen a continuación.

7.5.5.1.1 Salidas de emergencia

Los principales criterios de diseño son:

- Independencia de pozos de ventilación y puede estar asociado a pozo de bombeo
- Emplazamiento urbanístico: trampilla a nivel del suelo confinada, con mecanismo hidráulico de apertura. Hueco asociado de 4 m^2 para ventilación, con rejilla, drenaje y acceso desde el interior de la salida para su limpieza.
- Distancia estación-pozo-estación: equidistante entre estaciones.
- Vestíbulo de independencia: en cota inferior a nivel de vía.

En el siguiente cuadro se resumen la localización y distancia de las salidas de emergencia definidas en el tramo de la Variante Quitumbe.

Tabla 7-2 *Localización y distancia de las salidas de emergencia en Tramo de la Variante Quitumbe*

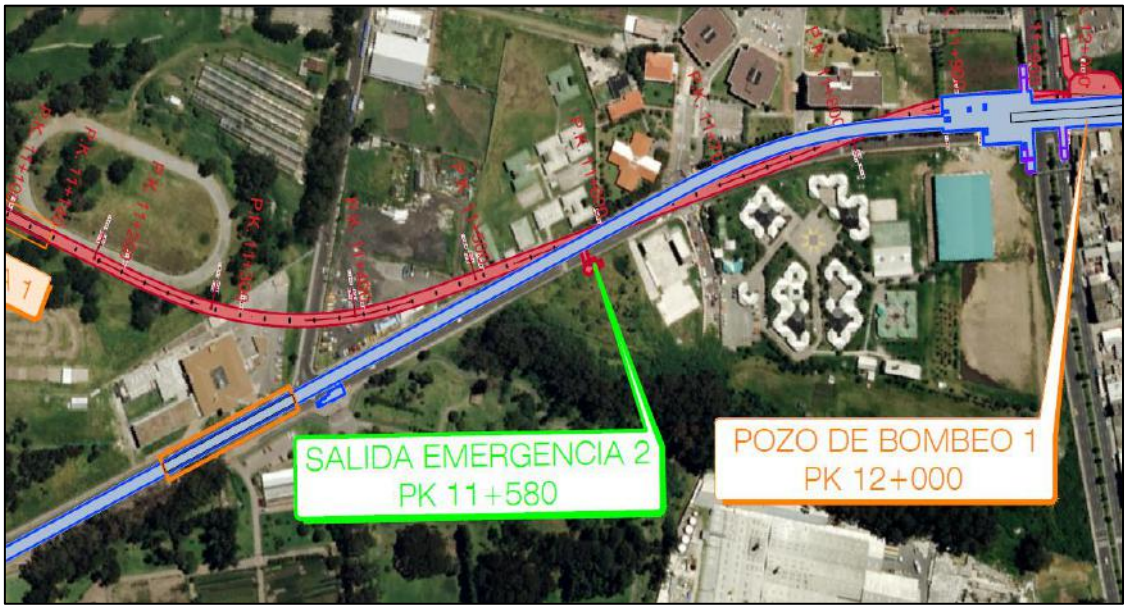
SALIDAS DE EMERGENCIA	TRAMO	P.K. INICIO-P.K. FINAL	LONGITUD DEL TRAMO (m)	P.K. SALIDAS EMERGENCIA	DISTANCIA CON LA ESTACIÓN O RESERVA ANTERIOR (m)	DISTANCIA CON LA ESTACIÓN O RESERVA POSTERIOR (m)
SE1	TRAMO 1-2	0+175,03 - 1+282	1.106,97	**10+600**	0,00	0,00
	TRAMO 2- 3	1+394,52 - 2+022,92	628,40		0,00	0,00
SE2	TRAMO 3-4	2+137,88 - 2+992,77	854,89	**11+580**	0,00	0,00
	TRAMO 4-5	3+107,94 - 4+183,32	1.075,38		0,00	0,00

Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Ilustración 7-2 *Pozo de Extracción en la Variante*

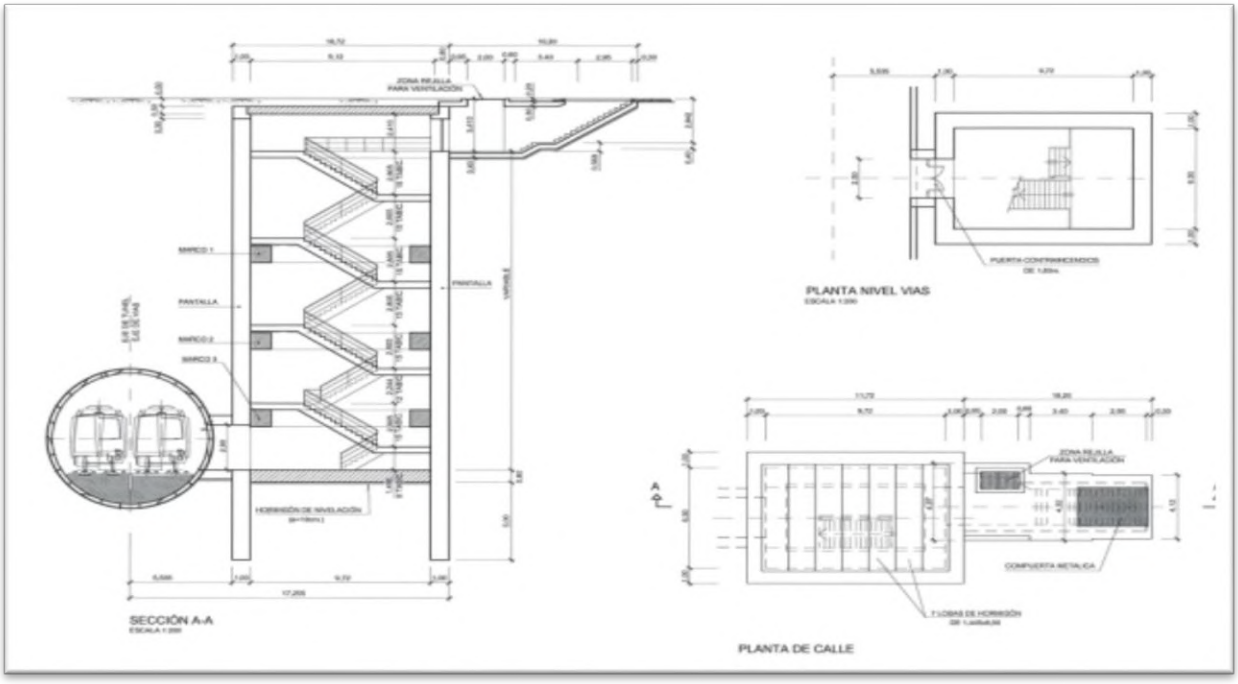
Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.

Ilustración 7-3 *Salida de Emergencia y Pozo de Bombeo*



Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.

Ilustración 7-4 *Sección tipo de salida de emergencia*



Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

7.5.5.1.2 Pozos de ventilación

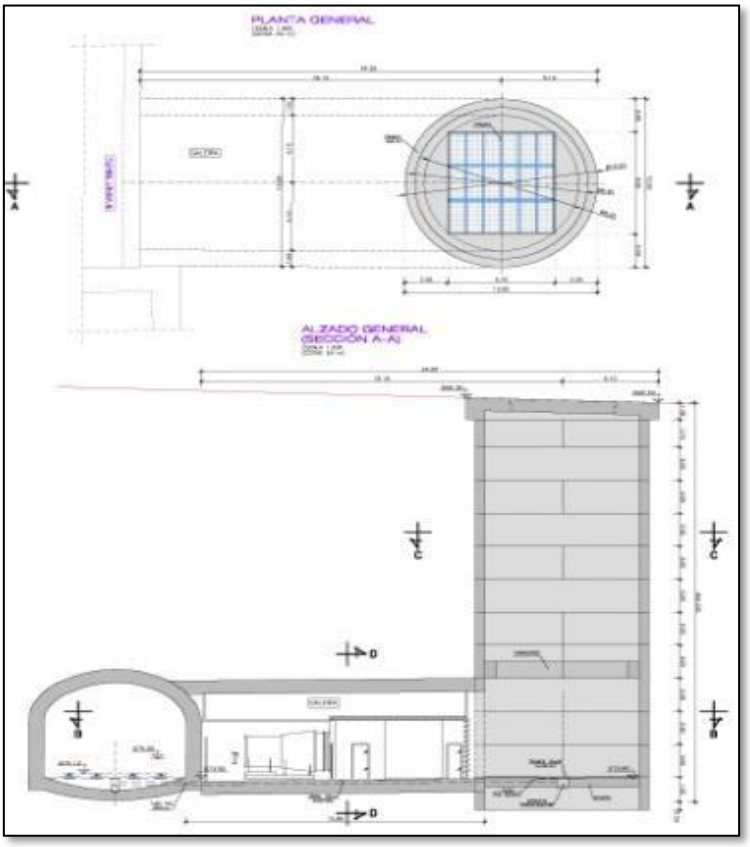
El criterio general es un pozo de ventilación entre estaciones. En función de la distancia entre estaciones y de la disponibilidad en superficie para la implantación de las rejillas y accesos, se ha definido un pozo de ventilación en el tramo de la variante Quitumbe de la Primera Línea del Metro de Quito.

Tabla 7-3 *Resumen localización pozos de ventilación*

POZOS DE VENTILACIÓN	TRAMO	P.K. INICIO-P.K. FINAL	LONGITUD DEL TRAMO (m)	P.K. POZO VENTILACIÓN	DISTANCIA CON LA ESTACIÓN O RESERVA ANTERIOR (m)	DISTANCIA CON LA ESTACIÓN O RESERVA POSTERIOR (m)
PV1	TRAMO 1-2	0+175,03 - 1+282	1.106,97	**11+040**	644,97	462,00
-	TRAMO 2- 3	1+394,52 - 2+022,92	628,40	-	-	-

Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Ilustración 7-5 *Sección tipo pozo ventilación*



Fuente: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013

7.5.5.1.3 Pozos de extracción

En el PK 10+600 se ejecutará el pozo de Extracción 1 de la tuneladora que viene de la Estación Solanda. Una vez dentro del pozo, la máquina se extrae por partes, causando la menor interferencia en superficie.

7.5.5.1.4 Zonas de reserva de trazado

Se ha definido 1 zona de reserva para la variante para ubicación de estación, en caso necesario de que en un fututo los requerimientos funcionales y de explotación de la línea así lo requieran. Entre el PK 11+020 y PK 11+140 se prevé la ejecución de la estación de reserva de Metro.

7.5.5.1.5 Escombreras y sitios de disposición final

Los escombros son los residuos producidos en obras de demolición, remodelación y construcción. Estos materiales presentan características inertes, y son constituidos por tierra y áridos mezclados como piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, ladrillos y en general todos los desechos que se producen del movimiento de tierras y construcción de edificaciones y obras de infraestructura.

De acuerdo a convenios previamente establecidos, entre la Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito (EPMMQ) y la Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EPMGIRS). La Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EPMGIRS), se compromete a:

1. Garantizar a la EPMMQ la disponibilidad total de las escombreras para material de desalojo, correspondientes a 5 millones de metros cúbicos, provenientes de la construcción de la Fase 2 de la PLMQ, y estas son:

- Escombrera el Troje 4, en este sitio se dispondrían los materiales de desalojo provenientes del Sector de Desalojo de la Zona Centro Sur de la PLMQ.
- Escombrera Oyacoto, en este sitio se dispondrían los materiales de desalojo provenientes del Sector de Desalojo de la Zona Centro Norte
- Escombrera de Lloa, en este sitio se dispondrían los materiales de desalojo provenientes de la construcción de la Fase 2 de PLMQ.
- Escombrera Zambiza, en este sitio se dispondrían los materiales de desalojo provenientes de la construcción de la Fase 2 de PLMQ.
- Escombrera Cotocog, en este sitio se dispondrían los materiales de desalojo provenientes de la Fase 2 de PLMQ de la construcción.

Las escombreras mencionadas son administradas por la EPMGIRS, en tal razón la regularización ambiental de las mismas se encuentra bajo su responsabilidad. Las escombreras autorizadas y empleadas en el primer semestre de la construcción de la Fase II del proyecto en los tramos norte y tramo surson las siguientes: El Troje IV y el parque Bicentenario.

7.5.6 Adecuación y uso de campamentos

En el tramo de la variante Quitumbe los campamentos a construirse comprenden:

1. El campamento donde se construirá la Estación Quitumbe del mismo nombre.
2. Campamentos menores para la construcción de los pozos de ventilación.

Los campamentos de obra civil tendrán las siguientes instalaciones:

- Instalaciones sanitarias
- Área de comedor
- Área de oficinas
- Área de almacenamiento de residuos sólidos

7.5.7 Abastecimiento de agua, energía y más servicios

El abastecimiento de agua será a través de la red pública de agua potable como se realiza en las otras estaciones. El abastecimiento de energía eléctrica se realizará a través de la red pública y a través de generadores eléctricos a diésel conforme los requerimientos. Conforme el avance de la construcción en los campamentos de obra se empleará servicios higiénicos portátiles o servicios higiénicos conectados a la red pública de alcantarillado sanitario existente en el sector.

7.6 Plan de auscultación

Durante la ejecución de las obras, el único procedimiento disponible para comprobar que los movimientos y esfuerzos realmente inducidos se encuentran por debajo de los umbrales admisibles, tanto para la propia obra como en el entorno, es el seguimiento y lectura de estas variables. En puntos particularmente sensibles, es necesario disponer sensores de medida que permitan, mediante lecturas programadas, controlar el desarrollo de la obra en estos aspectos.

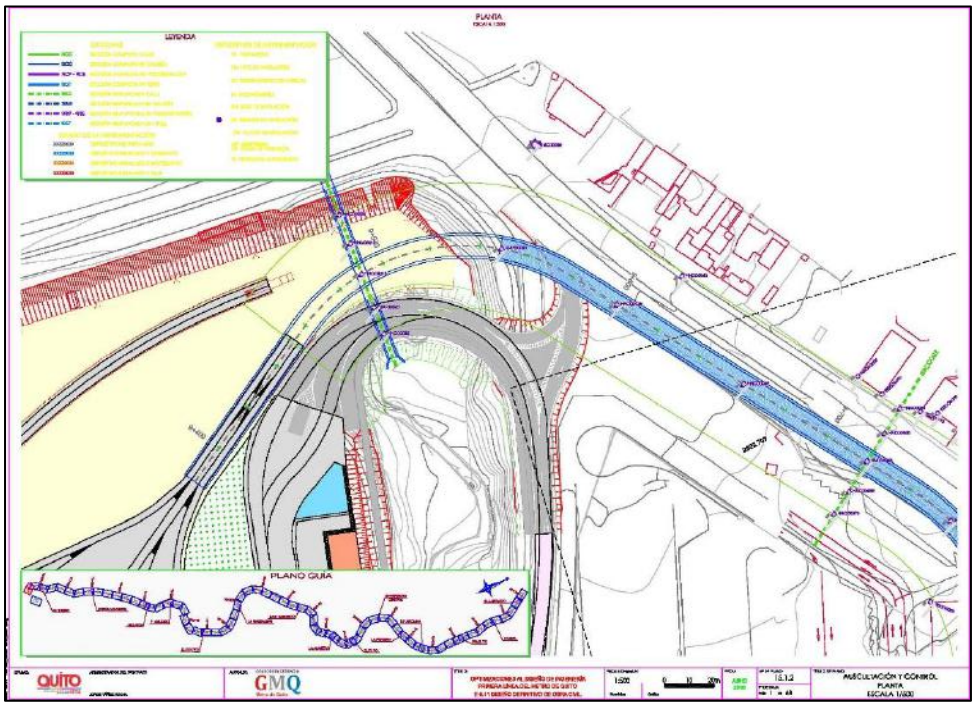
Para la obra proyectada se considera un aspecto fundamental establecer un sistema de auscultación, sencillo, preciso y eficaz. La finalidad de los sistemas de auscultación será controlar los movimientos de las propias obras en ejecución así como el grado de influencia en el entorno,

durante las distintas fases de construcción y poder asegurar su adecuación a las hipótesis y modelos de cálculo adoptados durante la fase de diseño.

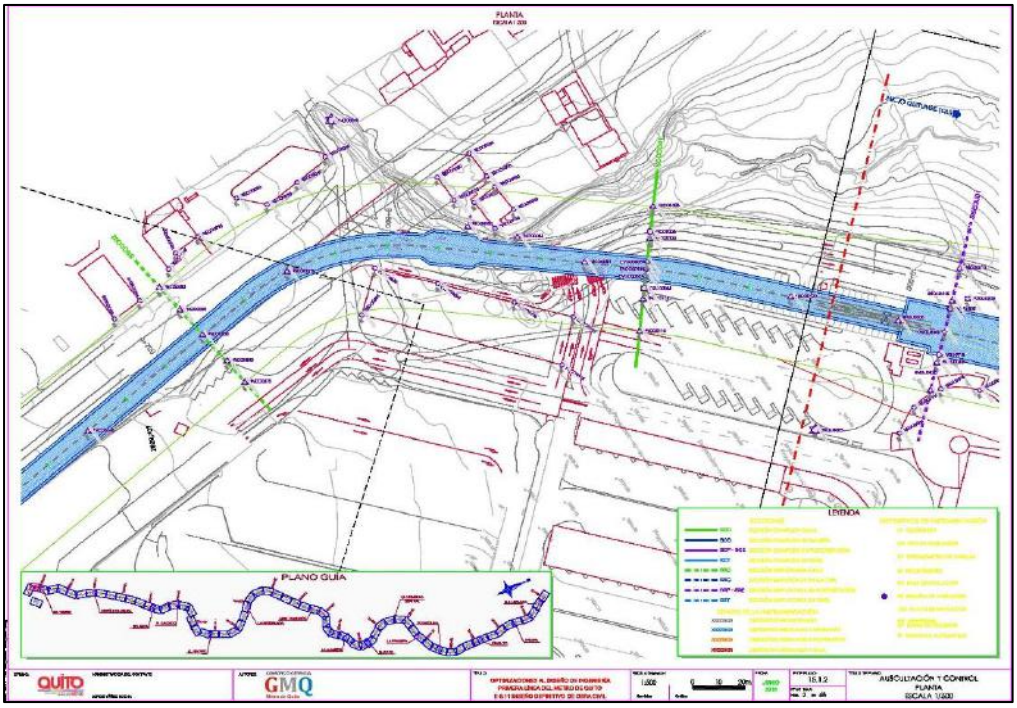
Para cumplir tales objetivos se deben proyectar los dispositivos y sistemas de auscultación que, en cada momento, informen de las reacciones con las que el terreno, estructuras e instalaciones, responden a las distintas fases constructivas que se lleven a cabo.

A continuación, se presenta la definición de auscultación para la nueva variante:

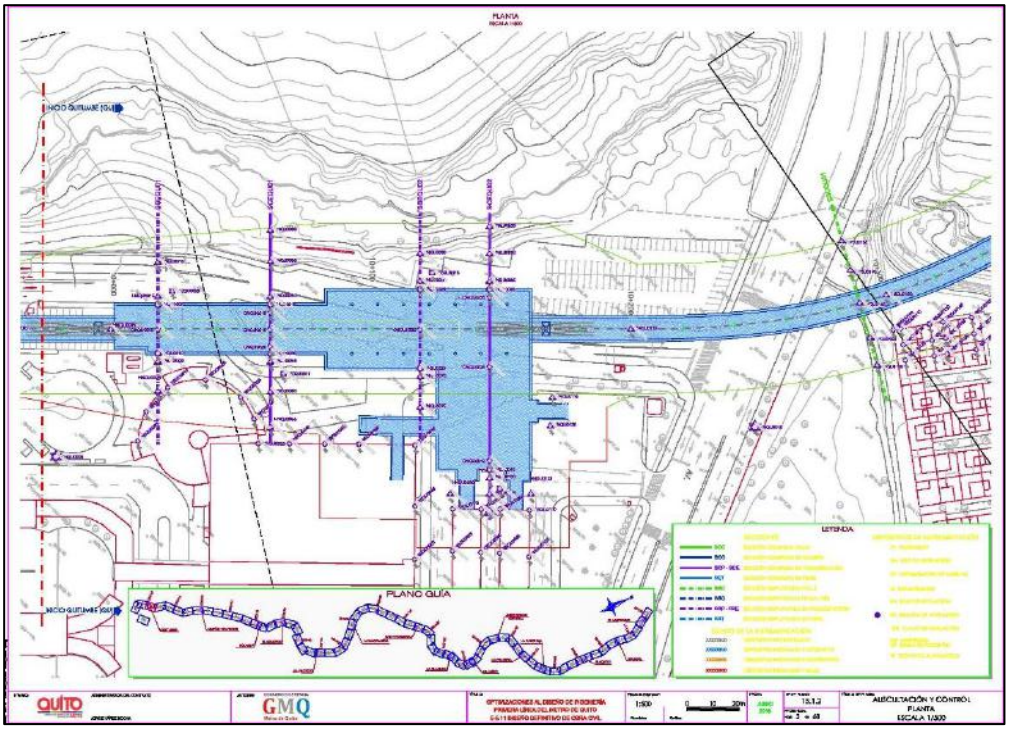
Ilustración 7-6 *Auscultación para el Tramo de la Variante*



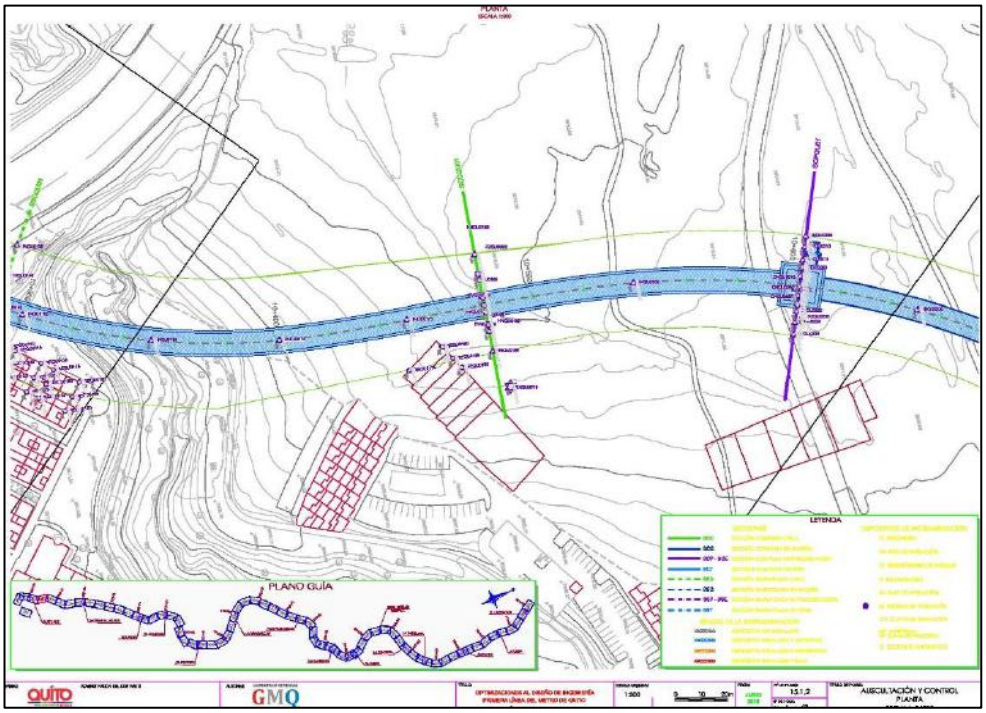
Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.



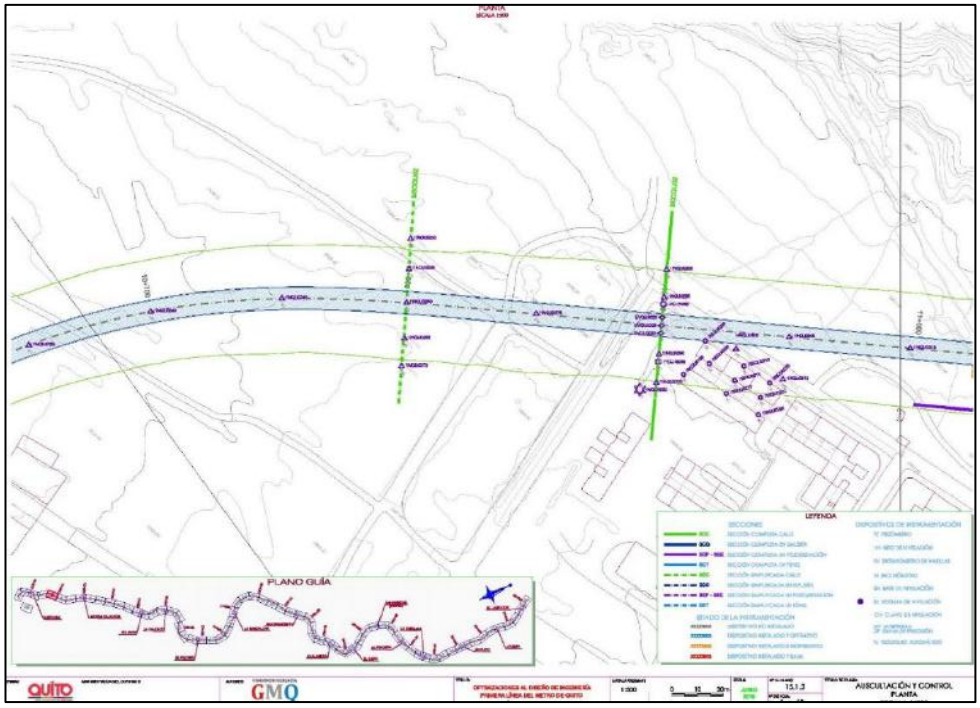
Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.



Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.



Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.



Fuente: Consorcio Línea 1, 2016.

7.7 Fase de construcción

7.7.1 Procesos constructivos

7.7.1.1 Proceso constructivo entre pantallas

Del PK 9+500 al PK 10+600 (1.1 Km) la tipología es de túnel entre pantallas. Esta metodología consiste en la ejecución de muros diafragma dentro del terreno, con posterior ejecución de las losas y excavación entre pantallas, configurando de esta manera el túnel.

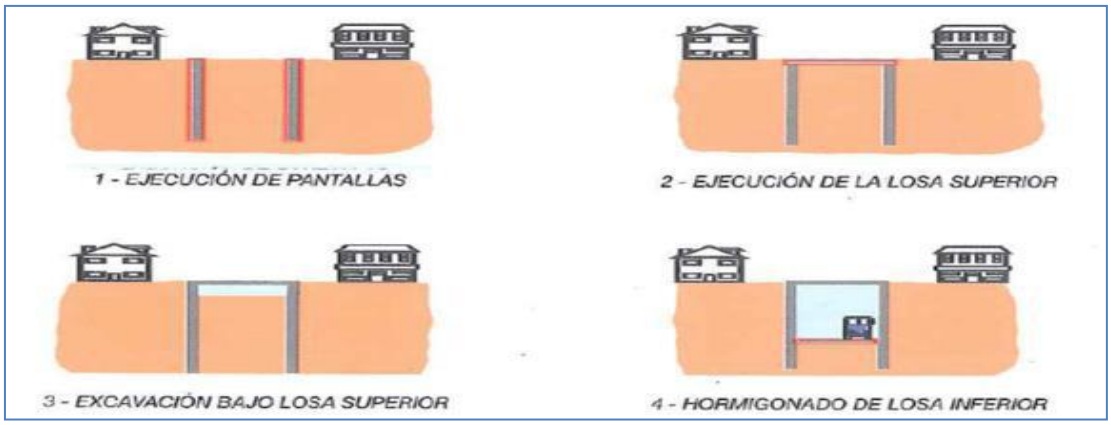
Dentro de esta tipología caben dos alternativas, la ejecución top – downward, o la bottom – upward. La primera consiste en ir excavando por debajo de las losas previamente ejecutadas, las cuales se hormigonan contra el terreno, así sucesivamente hasta ejecutar la losa de contrabóveda contra el terreno.

La segunda alternativa mencionada consiste en la excavación a cielo abierto entre pantallas hasta cota de losa de contrabóveda, posterior ejecución de ésta, para finalmente hormigonar las losas de abajo hacia arriba mediante cimbras.

Se ha escogido en este proyecto la ejecución top – downward, por reponer lo antes posible los servicios y actividades en superficie, así como porque evita el cimbrado de las losas.

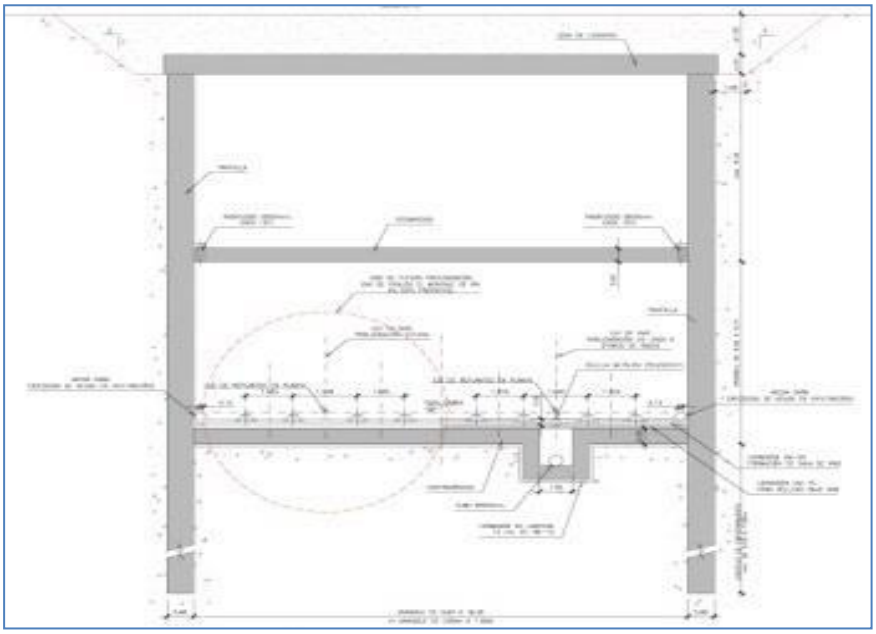
La secuencia de las principales actividades son: ejecución de pantallas, ejecución de la losa superior, excavación bajo la losa superior y hormigonado de la losa inferior.

Ilustración 7-7 Secuencia del proceso constructivo entre pantallas



***Fuente**: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Ilustración 7-8 *Sección tipo entre pantallas*



Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

7.7.1.2 Embaulado del río Causayllacta

Entre los PK´s 10+320 al 10+400 se embaúla la quebrada Causayllacta mediante un marco bicelular que encauzará la quebrada para un período de retorno de 500 años. Este tramo se ejecutará en falso túnel, es decir a cielo abierto pero cubierto con paredes y techo de hormigón armado.

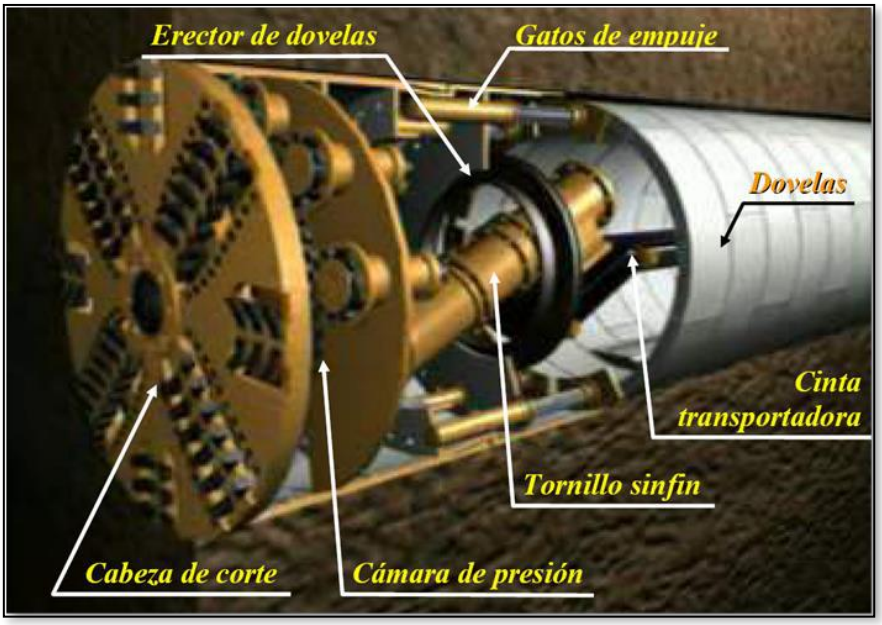
En el tramo de la quebrada Causayllacta, ya ha sido afectado anteriormente debido a que por el mismo sitio fue construida la Av. Condor Ñan y la quebrada se encuentra embaulada actualmente. Con las actividades de la Variante no existirá afectaciones adicionales puesto que al finalizar las actividades constructivas de la Variante Quitumbe, tanto el paso de la Av. Condor Ñan así como, el embaulado de la quebrada será dejado en las condiciones encontradas.

7.7.1.3 Túnel mecanizado con TBM (Tunnel Boring Machine) del tipo EPB (Earth Pressure Balance)

Esta metodología consiste en equilibrar la presión del frente de tierras con una contrapresión dada por las propias tierras excavadas y alojadas en una cámara interior a la máquina y justo detrás de la cabeza cortadora, al mismo tiempo que el par motor (Torque) junto con el empuje de los gatos hidráulicos (fuerza de empuje) generan el avance de la máquina y por consiguiente la excavación del túnel. Justo después de la excavación de un tramo de avance se colocan los anillos de revestimiento definitivo del túnel.

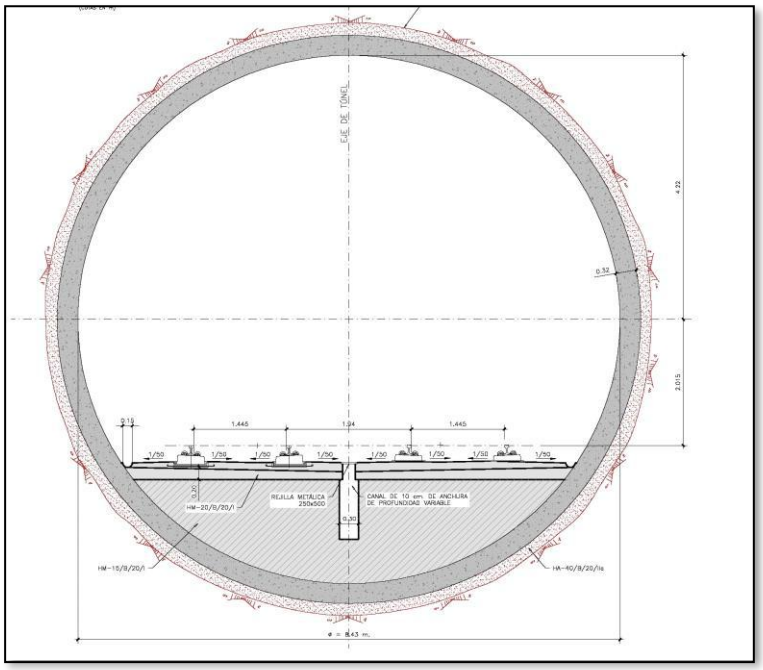
7.7.1.4 Tuneladora

Ilustración 7-9 *Principales elementos tuneladora*



Fuente: *EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Ilustración 7-10 *Sección tipo con tuneladora*



Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Los trabajos del túnel que se hagan con tuneladora requerirán, al menos, de las siguientes instalaciones:

- Pozo de ataque / extracción de la tuneladora
- Parque de dovelas *(no considerado en este tramo de la Variante, incluido en EIA 2013)*

De forma general, el ciclo de la tuneladora se resume en:

- Avance e inyección
- Colocación de dovelas

El rendimiento medio de avance por este método es de 500 m/mes.

a. Espumas y aditivos en tuneladoras

Cuando se emplean tuneladoras de presión de tierras (TBM-EPB), es necesario el empleo de aditivos en el frente de ataque para mejorar los rendimientos y realizar un pretratamiento del terreno que facilite el avance de la máquina. Por ello, las TBM-EPB disponen de un sistema generador de espumas en su cabeza de avance, en el cual se pueden mezclar distintos aditivos, lo que permite usar además de agentes espumantes, otros productos como desestructurantes de terreno, polímeros, inhibidores de hidratación de yesos, etc., dependiendo del terreno hallado en cada momento.

A modo de ejemplo, a continuación se describen las principales características de algunos de los aditivos empleados habitualmente en TBM-EPB:

- ✓ Agentes espumantes: reducen la pegajosidad del terreno excavado y evitan el bloqueo de la cabeza de corte y las paradas para su mantenimiento. Al mismo tiempo, el tratamiento con espumas facilita el desescombro del material a través del tornillo sin-fin, incrementando los rendimientos de avance.
- ✓ Agentes desestructurantes: son agentes líquidos basados en una solución de ácidos policarboxílicos especialmente diseñados como agentes desestructurantes de terrenos arcillosos. Se emplean para evitar atascos en la cabeza de corte en el tornillo sin-fin, lo que obligaría operar manualmente dentro de la cámara de amasado.
- ✓ Polímeros: se trata de polímeros diseñados para cuando la cantidad de agua en el frente aumenta y los espumantes no pueden proporcionar suficiente estabilización en el frente.

En referencia a la biodegradabilidad y posible impacto ambiental de los productos químicos utilizados para el tratamiento de terreno en máquinas tuneladoras tipo TBM-EPB, se dispone de las conclusiones de los ensayos de riesgo de la gama de productos MEYCO® SLF, de la compañía BASF, que son los de mayor difusión a nivel mundial y que han sido empleados en las últimas obras de ampliación de los Metros de Madrid y Barcelona, además de en otras obras singulares ejecutadas en España. Estas conclusiones permiten afirmar que[2]:

1. No hay riesgos esperados para los trabajadores en el túnel debido al uso de productos MEYCO® SLF, suponiendo en el peor de los casos una concentración en el aire 1000 veces inferior al nivel límite máximo permitido, durante una posible exposición en el trabajo.

2. No hay riesgos esperados para las aguas superficiales por emisiones procedentes de las bombas de agua de la tuneladora o por fugas de agua de la misma, con tal de que esta sea drenada en el sistema de alcantarillado municipal para su posterior tratamiento.
3. La infiltración potencial de ingredientes en las aguas subterráneas durante el proceso de aplicación no debería causar un riesgo relevante para la salud humana o el medioambiente (vegetación u organismos acuáticos), siempre que se respeten las dosificaciones recomendadas.

b. Empleo de cal viva

Respecto del empleo de cal viva (óxido de calcio – CaO), se emplea en las obras únicamente como desecador de los productos procedentes de la excavación, con el objeto de disminuir la humedad de las tierras excavadas antes de su transporte a su lugar de deposición final (escombreras), y evitar así posibles chorreos y vertidos en los viales por los que deben discurrir los vehículos de transporte, además de reducir el peso del material a transportar al reducir el contenido de agua en el material.

La cal viva se combina químicamente con el agua contenida en los suelos generando una reacción exotérmica. El calor generado por esta reacción contribuye a secar los suelos mojados, incluso si los suelos no contienen fracciones arcillosas significativas. Cuando las arcillas están presentes, la reacción química de la cal con las arcillas, seca aún más los suelos. El efecto neto es que el secado ocurre rápidamente, dentro de un lapso de horas, permitiendo compactar el suelo mucho más rápidamente que si se esperara que el suelo se secara por la evaporación natural. Los porcentajes de cal viva empleados habitualmente para estos fines son del orden del 1 al 4%, en función del contenido de humedad de los suelos.

Los trabajadores que manipulan la cal viva deben ser entrenados y utilizar el equipo protector apropiado. El terreno tratado con cal viva queda inertizado, pudiendo ser depositado en la escombrera sin ningún problema adicional desde el punto de vista medioambiental.

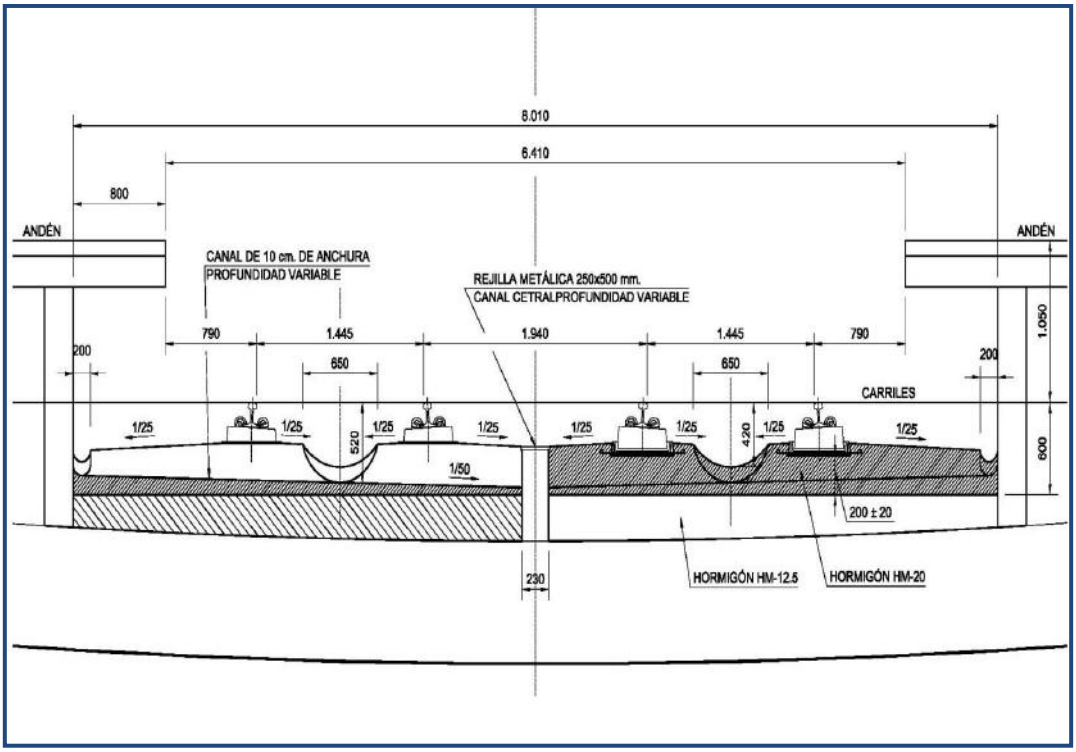
7.7.1.5 Superestructura

La tipología de vía que se adoptará es la de vía de ancho internacional (s= 1435 mm), en placa con tacos prefabricados de hormigón, embebidos en elastómero y que se compone de los siguientes elementos:

- **Carril UIC 54 E1.**
- **Sistema de sujeción.**
- **Taco elástico de hormigón:** está formado por**:**
  - Un dado de hormigón armado que soporta directamente el carril y sujeto a él por el sistema de sujeción. Este dado descansa sobre un elastómero y una bandeja de hormigón, que queda sumergida en el hormigón de la losa.
  - Losa de hormigón en masa, HM-20, con un espesor bajo 20+-2 cm, sobre una superficie de hormigón de limpieza con resistencia mínima de 15 Mpa.

- **Elastómero**: confiere al conjunto las propiedades amortiguadoras e incrementa las propiedades elásticas.

Ilustración 7-11 *Sección tipo de vía*



Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

El procedimiento general de construcción consiste en:

1. Limpieza de la contrabóveda del túnel con agua presión o medios mecánicos.

2. Disposición de manta elástica en caso necesario.

3. Hormigonado previo de la solera de forma que su nivelación deje un espesor a hormigonar bajo los tacos de 20±2 cm.

4. Descarga de carriles: se descargarán en los laterales de la solera con barras entre 18 y 36 m en el exterior de las áreas que ocuparán los tacos.

5. Replanteo de la vía: se realizará mediante el piqueteado de vía situados 50 cm sobre la rasante teórica de la vía, en ambas vías.

6. Descarga de tacos en sus posiciones aproximadas.

7. Montaje de carril: una vez tendidos los tacos se colocará el carril sobre la placa de asiento y se pasan los clips de sujeción.

8. Posicionado de la vía: se realizan las operaciones de levante, alineación, nivelación y comprobación de la vía.

9. Comprobaciones previas al hormigonado.

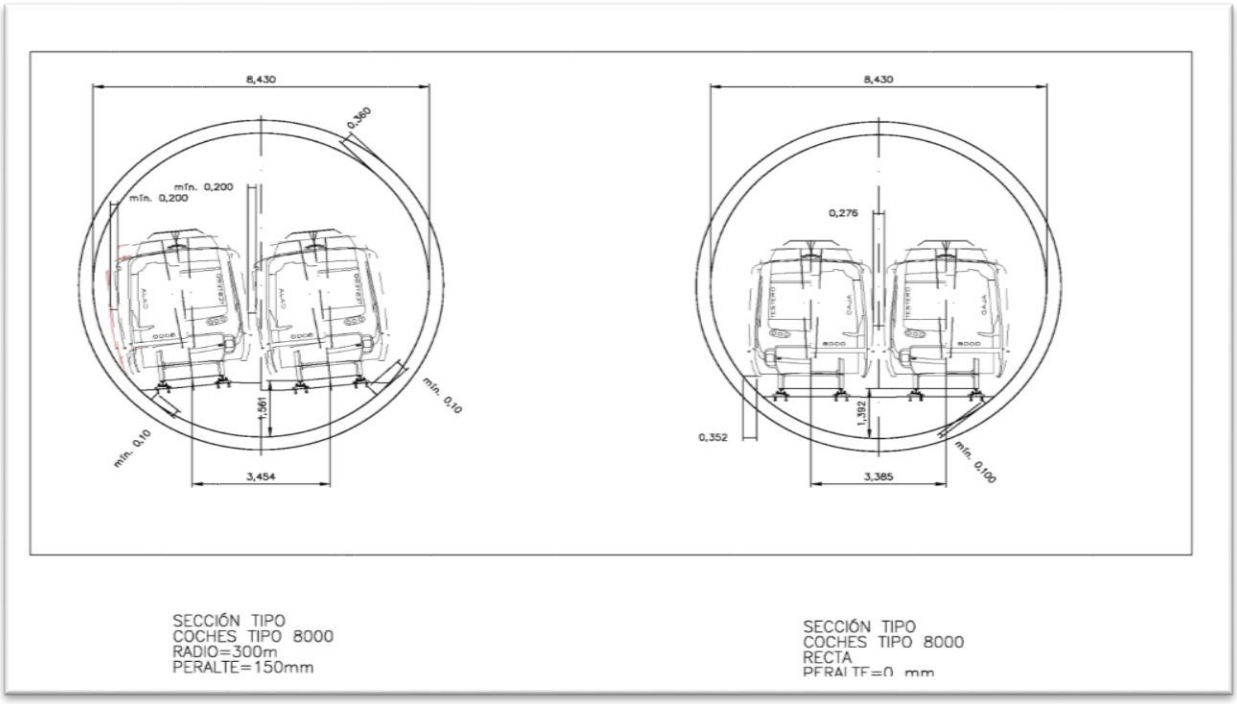
10. Riego de la solera: se debe humedecer la solera.

11. Hormigonado de bateo: se montan en primer lugar los encofrados verticales de los canales de drenaje necesarios, posteriormente se realizada el hormigonado con hormigón tipo HM-20/P/20, que será vibrado para que pase bajo los tacos. Tras el vibrado la superficie superior debe nivelarse con las pendientes establecidas

12. Recuperación de dispositivos de posicionamientos de vía: se realiza 24 horas después del hormigonado.

13. Soldaduras: consiste en desembridado, corte de carril, dejando la cala reglamentaria, instalación del crisol, colocación de mordazas para mantener la cala, desabrochado, calzado y acodalado de la vía, colocación de aparato de precalentamiento y crisol, levante de moldes, desbaste de soldadura, retirada de las mordazas y reconstrucción del perfil con esmeriladora y abrochado de la vía.

Ilustración 7-12 *Sección tuneladora*



Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

7.7.1.6 Construcción de la estación

El trazado de la variante de 2.6 km comprende la estación Quitumbe que al igual que todas las estaciones se ha diseñado con una longitud de andén útil de 115 m, que permiten la operación mediante composiciones de trenes de 6 coches. Tanto las estaciones como las reservas se sitúan sobre el trazado en tramos horizontales y sobre alineaciones rectas.

Desde el punto de vista geométrico y de organización de los volúmenes, son varios los criterios adoptados para el conjunto de las estaciones diseñadas. A los conceptos claros de sencillez y funcionalidad se añade el de la continuidad espacial. Los andenes y el vestíbulo están comunicados visualmente, lo que facilita en gran medida la comprensión y las posibilidades de orientación de los viajeros. Los amplios espacios abiertos tratan de hacer amable el tránsito por la estación. Se propone como solución contrapuesta a los largos pasillos o cañones abovedados que tradicionalmente se han construido en las estaciones de metro de todo el mundo, para huir de sus efectos negativos.

La mayoría de las estaciones propuestas se organizan en torno a un espacio vacío central, que se genera entre el vestíbulo y los andenes. La apertura de este espacio, permite la visión simultánea de las distintas circulaciones de conexión, lo que facilita su comprensión. Estos espacios multinivel disponen de una gran riqueza espacial, debido a la confluencia de escaleras y losas en torno al espacio vacío. Las dimensiones previstas contribuyen a la luminosidad de todos los ámbitos, que será potenciada por la correcta elección de los materiales de revestimiento y por la iluminación.

Los distintos tipos de estaciones garantizan la accesibilidad universal mediante la instalación de ascensores que llegan a todos los niveles y la posibilidad de adaptación de todos los recorridos a los usuarios con distintos tipos de discapacidad.

Se propone la utilización de materiales sencillos aunque de gran calidad, que aportan una estética funcional y garantizan una mayor durabilidad, facilidad de mantenimiento y protección frente a las agresiones vandálicas.

El diseño de la estación Quitumbe responde a las premisas de poca anchura y baja profundidad de trazado.La accesibilidad no es el único criterio de ubicación. Las estaciones no son construcciones aisladas, son parte esencial de un sistema de transporte coherente, con sus reglas de trazado y servidumbres técnicas y de operación. Por tanto, no deben, no pueden ser dispuestas en la ciudad atendiendo exclusivamente a un criterio de cercanía peatonal. Al menos pueden considerarse otros cuatro criterios, si cabe, de igual importancia:

1. El funcionamiento de la línea debe ser eficaz y rápido. Las estaciones muy cercanas disminuyen notablemente la velocidad comercial. Los parámetros de trazado, tanto en planta como alzado condicionarán enormemente la velocidad de circulación de los trenes, su vida útil y el consumo energético necesario para moverlos, es decir, el trazado marca de forma rotunda la eficacia del sistema.
2. Las estaciones y el túnel deben poder ser construidos sin riesgos y con el esfuerzo económico y constructivo adecuado al beneficio social obtenido.
3. La profundidad de las estaciones debe ser la menor posible (de forma razonable) En el equilibro entre la profundidad de la estación y la ejecución racional del túnel reside el éxito de la empresa. Por supuesto, las estaciones estarán siempre en recta y en horizontal.
4. En las estaciones en general, y en particular en aquellas en las que se van a producir intercambios con otros modos de transporte, el diseño y concepción de los espacios interiores, debe permitir el tránsito seguro, rápido, cómodo y natural de los viajeros. La adecuada integración espacial y funcional mejorará notablemente la utilización del sistema.

7.7.1.6.1 Seguridad funcional

Uno de los aspectos o condicionantes de diseño que tiene más impacto y repercusión económica en la concepción de una línea de Metro, es la seguridad de las personas frente a posibles incendios que puedan producirse. Es absolutamente fundamental asegurar que la evacuación pueda realizarse tanto en las estaciones como en los túneles.

Las estaciones subterráneas de un ferrocarril metropolitano no deben ser analizadas a efectos de seguridad y evacuación como si fueran edificios sobre rasante. Las estaciones junto con el túnel forman un sistema que debe ser analizado en su conjunto. La estrategia debe estar basada, tanto para el túnel como para las estaciones en los siguientes conceptos:

- Concepción y diseño de los espacios de tránsito de forma que siempre haya alternativa de salida.
- Uso de materiales difícilmente combustibles o incombustibles, con baja o nula emisión de humos.
- Diseño, disposición y configuración de los elementos de evacuación en túneles y pasillos o escaleras de emergencia que no puedan ser invadidos por humo durante el tiempo de evacuación.
- Disposición de sistemas de iluminación con alimentaciones redundantes, utilizando como apoyo último, iluminaciones pasivas basadas en materiales fotoluminiscentes.
- Concepción de las estaciones como recintos de gran volumen en los que el humo no pueda colmatar toda la estación antes de que se produzca la evacuación.
- No establecer protocolos de emergencia que supongan de forma ineludible el cambio, telemandado y en tiempo real, mientras se está produciendo el evento, de los sentidos de las ventilaciones.
- Asumir que, en general, dado el número de personas a evacuar, la profundidad y situación en la que puedan encontrarse en el espacio subterráneo, así como la velocidad a la que se producen los eventos, la evacuación deberá ser en la mayoría de las ocasiones autoevacuación. La actuación de los servicios de emergencia debe ser evaluada como un refuerzo más de la estrategia de evacuación.

Fotografía 7-1 Salida de emergencia en un tramo de túnel

***Fuente**: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Se proponen, por tanto, las siguientes decisiones:

- En todas las estaciones que no cuenten con doble vestíbulo deberán disponerse salidas de emergencia a nivel de andén con recorrido independiente y desembarco en espacio seguro en la superficie.

- Se dispondrán salidas de emergencia en túnel cuando las distancias entre estaciones superen los 1.000 m. Su disposición será la necesaria para que ningún recorrido de evacuación en túnel, supere los 500 m, si no puede asegurarse razonablemente la inexistencia de humos en el túnel. Si se considera que al menos durante 500 m del recorrido no hay humo, se podrán alcanzar los 1000 m de recorrido de evacuación.

- La profundidad de las estaciones deberá ser siempre la mínima que las condiciones constructivas, funcionales y estructurales permitan.

- La distancia mínima entre los pozos de extracción de aire del túnel y las salidas de evacuación será de 200 m. Debe asegurarse, de forma razonable, que no hay humo en el punto de evacuación previsto.

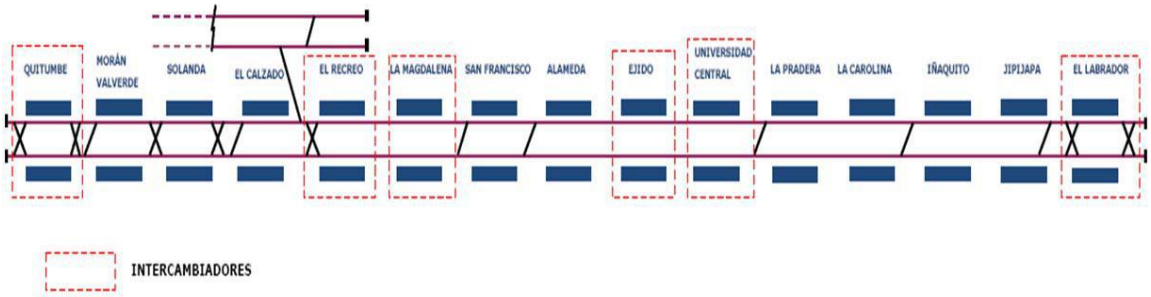
Fotografía 7-2 Salida de emergencia en un tramo de túnel

***Fuente**: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

7.7.1.6.2 Esquema de ubicación aparatos de vía en estaciones

Se ubicarán en tramos con trazado en planta en recta y en alzado en pendiente constante. Los aparatos de vía, bretell y diagonales, se instalarán a la entrada y/o salida de las estaciones según el esquema adjunto:

***Ilustración 7-13** Esquema de ubicación aparatos de vía en estaciones*



***Fuente:** EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Las diagonales previstas hacen posible que en el caso de corte parcial del servicio en la línea, pueda llegarse a las estaciones de intercambio.

***Tabla 7-4**: Resumen diagonales y bretelle definidos*

ESTACIÓN	ENTRADA	SALIDA
Quitumbe	Bretelle	Bretelle

***Fuente:** EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Fotografía 7-3 *Imagen de una bretelle*

Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013.*

7.7.1.6.3 Materiales de construcción

El aprovisionamiento de los materiales para el proyecto se realizará mediante la contratación de proveedores que evidencien regularización ambiental con la autoridad local, aspecto que será objeto de una cláusula contractual específica.

7.7.1.7 Sistema de Cut and Cover

Las estaciones se construirán por el sistema de Cut-and-Cover desde superficie. Esto exige disponer de espacio suficiente en la calle, pero a cambio se tiene una mayor seguridad durante la ejecución de las obras, y a igualdad de tamaño de estación, será más económica que la creación de una caverna subterránea. Además, el espacio resultante permitirá una más sencilla distribución arquitectónica de la estación y mayor espacio para la implantación de instalaciones.

- Longitud mínima andenes: 115 m
- En planta se han ubicado en tramos en recta
- Alzado: en tramos con pendiente horizontal constante.

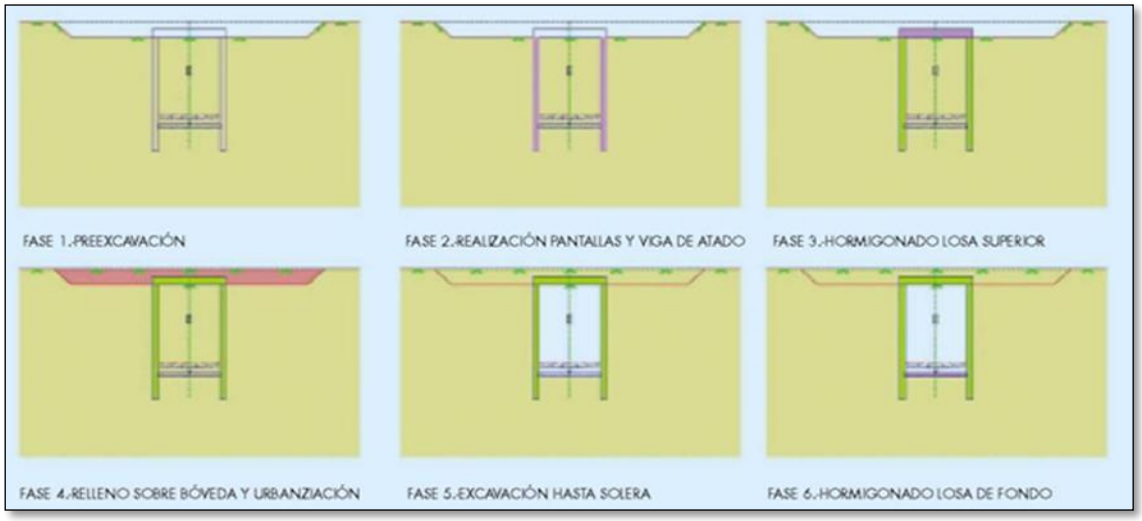
El sistema Cut and Cover es relativamente sencillo. El sistema admite múltiples variantes, en función de la tipología de la losa superior, el momento de reposición del uso preexistente en superficie, la necesidad de ejecutar losas o apuntalamientos intermedios, etc.

La ejecución consta de las siguientes fases tal y como se esquematiza en la Ilustración 49:

- Ejecución de muros laterales
- Excavación entre muros hasta cota de losa superior y ejecución de la misma

- Reposición de uso en superficie y excavación bajo losa
- Ejecución de contra bóveda

Ilustración 7-14 *Fases de ejecución del túnel por el método Cut and Cover*



Fuente: *EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

7.7.1.7.1 Construcción de muros pantallas

Se trata de la ejecución convencional de pantallas, con las operaciones previas de muro guía para excavación de las pantallas, excavación con o sin fluido estabilizante (lodos o polímeros), colocación de armadura y hormigonado. Las pantallas suelen ser de 0,60 m a 1,20 m de espesor y las profundidades normalmente varían entre los 10 y 30 m.

7.7.1.7.2 Excavación entre pantallas

Se excava el terreno hasta el nivel de bóveda o losa superior, disponiendo codales provisionales en caso necesario. Dependiendo del espesor de rellenos a disponer, se dispondrá una losa plana o una bóveda propiamente dicha.

7.7.1.7.3 Construcción de la bóveda y relleno

La fase se inicia picando la pantalla para empotrar la bóveda o losa plana en ella. La bóveda puede construirse sobre el propio terreno (dando a la excavación la forma adecuada) o bien mediante un encofrado que se apoya en el terreno, lo que requiere que la excavación sea algo mayor.

Una vez construida la bóveda e impermeabilizada, se rellena sobre la misma, y se restituye la superficie a su estado original. Este relleno ejerce un acodalamiento sobre las pantallas, similar a la de los codales, lo que permite seguir ejecutando la estructura.

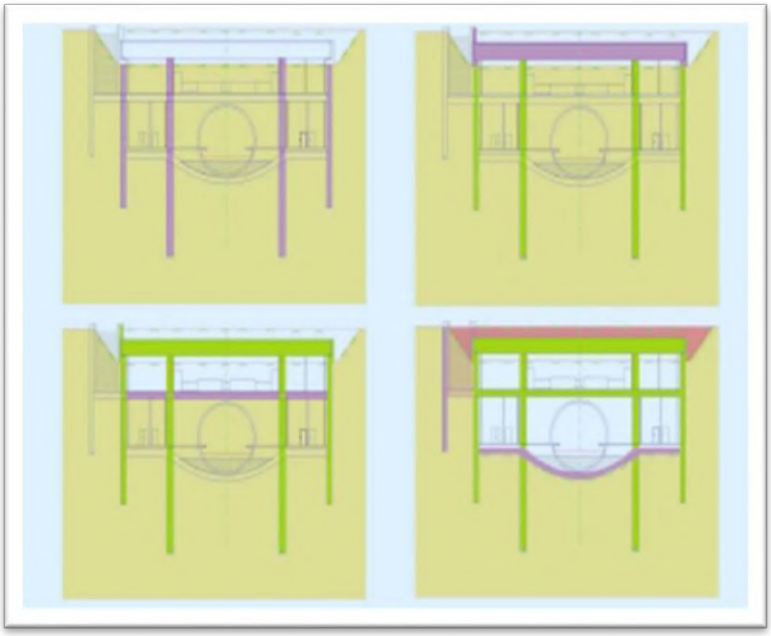
7.7.1.7.4 Excavación bajo cubierta y realización de contrabóveda

La excavación de la sección del túnel se realiza al amparo de la bóveda o losa, desde el propio túnel, lo que obliga a extraer las tierras mediante una rampa o pozo. Se excava hasta el nivel de contrabóveda y se ejecuta esta, empotrándola a las pantallas.

Aunque es poco habitual, en ocasiones (carga de agua importante) debe colocarse un nivel de arriostramiento entre la bóveda y contrabóveda, que dificulta las condiciones de trabajo y debe ser retirado una vez ejecutada la contrabóveda.

En el caso de las estaciones, el procedimiento constructivo es idéntico, aunque con alguna particularidad.

Ilustración 7-15 *Fases de ejecución de una estación mediante Cut And Cover*



Fuente: *EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

En las estaciones, para dar cabida a andenes y cuartos, es necesaria una luz mayor. Esto conlleva la necesidad de apoyos intermedios para las losas, generalmente en forma de pilas-pilote.

La losa superior puede ser hormigonada in situ o de vigas prefabricadas.

Es necesario crear un nivel intermedio (nivel de vestíbulo) en el que se sitúan los elementos de adquisición y cancelación de billetes. Esto implica la inserción de una losa intermedia entre losa superior y contrabóveda.

Esta losa intermedia puede hacerse apoyada en el terreno (conectándose a las pilas-pilote), con cimbra apoyada en la contrabóveda, o colgada de la losa superior (postensada).

7.7.1.7.4.1 Actividades Principales

Entre las principales actividades previas a la construcción de las estaciones se mencionan las siguientes:

1. **Remoción de vegetación**
2. Se deberá remover la vegetación existente que comprende áreas donde exista cobertura vegetal como césped o árboles. **Retiro y reubicación de infraestructura de servicios públicos**

Para la construcción de las estaciones se requerirá la reubicación temporal de los sistemas públicos de energía, comunicaciones, aguas servidas y agua potable.

En adición, se debe remover la capa asfáltico-concreta existente en los sitios definidos. Este material será llevado a los sitios de disposición definidos.

Culminada la construcción de la estación se hará un relleno y se construirán carriles nuevos, de manera tal que quede habilitada nuevamente la vía.

3. **Excavación y relleno**

Cada estación subterránea conllevará la extracción, de un estimado de 244.920 m^3de suelo y una fracción muy pequeña de rocam^{3}de roca. Después de culminar la construcción de la estación subterránea se colocará una losa y se rellenará hasta la altura de la calle. El relleno requerido se estima en 23.070. Todo el material generado por esta actividad será ubicado en uno de los sitios de disposición que se apruebe, respondiendo a criterios de proximidad y características del mismo.

Una vez se obtengan las dimensiones del diseño, se procederá a nivelar la superficie utilizando para ello maquinaria pesada. El suelo se compactará de acuerdo a lo establecido en los diseños y se rellenarán las áreas de los polígonos de construcción de las infraestructuras, hasta alcanzar igualmente los niveles establecidos en el diseño. El material de relleno podrá provenir de las obras del Metro o bien de empresas locales que surtan estos productos, las cuales deberán contar con los permisos correspondientes.

Durante la estación lluviosa se debe proteger la entrada de agua a las excavaciones de cielo abierto. La afectación por la entrada de agua por escurrimiento se transforma en un retraso en la obra y una alteración del suelo. Para evitarlo, se deben construir muretes alrededor del área de excavación y colocar cárcamos de bombeo para sacar el agua.

4. **Acarreo de materiales, equipos y escombros**

Para la construcción de cada estación se transportarán los materiales requeridos para la obra civil y su equipamiento. La obra civil requiere, entre otros, acero y concreto, tanto para las paredes del cajón, como para la losa. También, se transportará material para la construcción de los accesos (escaleras y elevadores), y andén. Además, dentro del equipamiento están las escaleras eléctricas (cantidad varía según estación), los elevadores, accesos, baños y demás implementos.

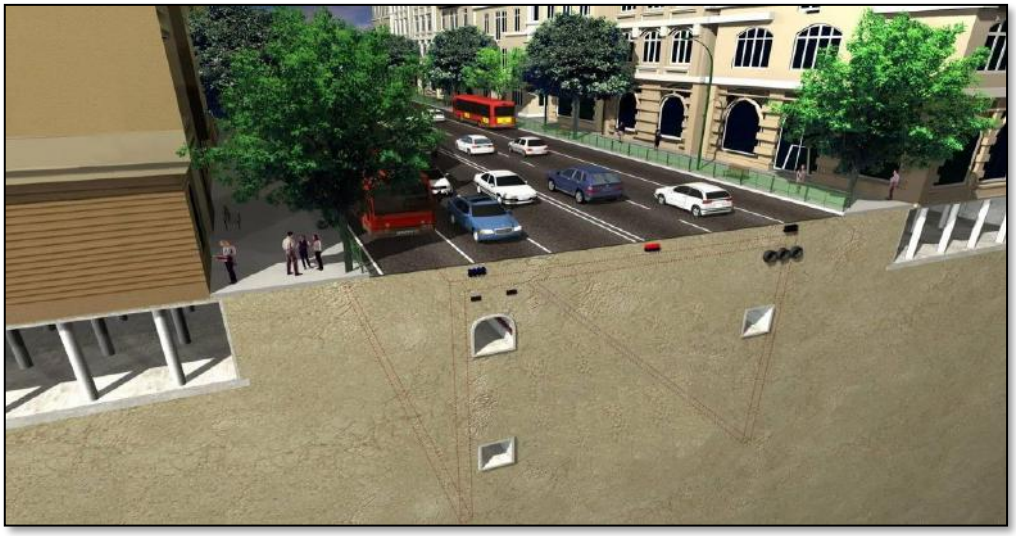
5. Movilización del equipo pesado

La construcción de cada estación requerirá la movilización de excavadoras, camiones volquete, retro cavadoras, camiones de concreto, compactadoras y grúas. Se coordinará con la Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre el traslado de equipo pesado como grúas y equipo de perforación, en un horario en que cree el menor impacto posible. De igual manera, para el desalojo de tierras y la desmovilización de equipos y materiales, se llevará a cabo esta misma coordinación.

La fase constructiva consta de:

a. Desvíos de servicios: consiste en desviar los servicios que puedan verse afectados por la construcción. Habrá servicios que será inevitable desviar, una vez que la estación no tiene más grados de libertad en su implantación. Algunos de los servicios (líneas eléctricas, agua, etc.) pueden ser protegidos y suspendidos de manera que queden bajo rasante pero sobre la losa de cubierta o, incluso embebidos en ella. En esta fase se pueden prever afectaciones localizadas al tráfico en superficie, veredas, algún carril, cortes de tráfico nocturnos, etc.

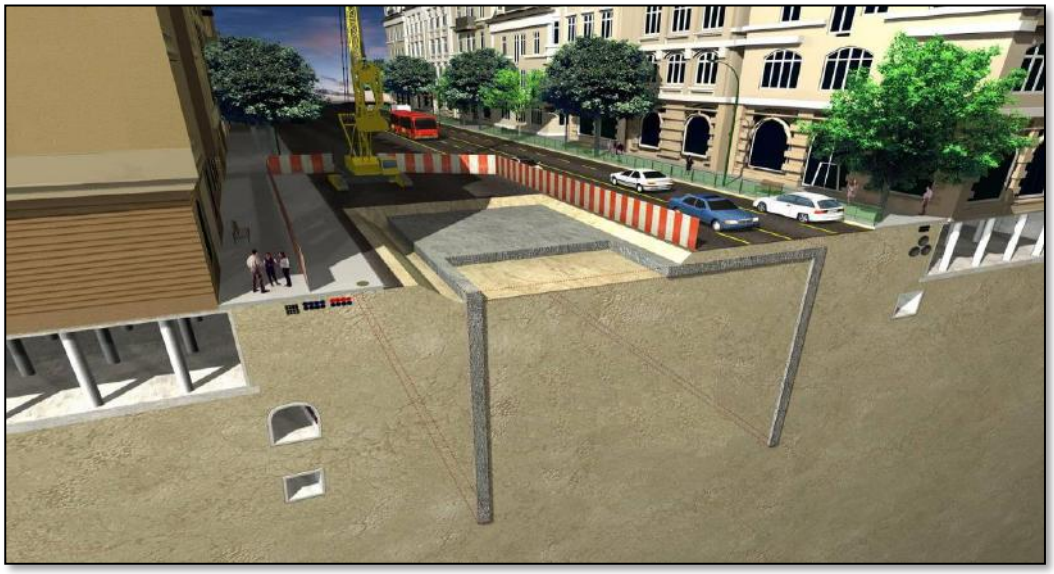
Ilustración 7-16 *Desvió de servicios (I)*



Fuente: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013

b. Desvíos de tráfico, ocupación en superficie y construcción de pilotes y losa de cubierta en dos fases: hormigonada la losa de cubierta sobre el terreno y una vez realizada la impermeabilización de la misma se restituye la calzada y se procede a desviar el tráfico liberando la zona ocupada y cerrando al tráfico la otra mitad de la calle. Se procede, de igual forma, a ejecutar la pantalla de sostenimiento de tierras y la semilosa de cubierta que se empalma con la mitad ya ejecutada utilizando conectores para dar continuidad a la armadura.

Ilustración 7-17 *Desvío de tráfico (I Y II)*



Fuente: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013

c. Excavación bajo losa: finalizada la segunda fase de la cubierta se podrá restituir al tráfico la vía pública salvo la ocupación de la rampa de ataque y algún hueco de apoyo y de la futura ventilación que se disponga y se comenzará la excavación de tierras bajo losa de cubierta.

Las tierras se extraerán a través de su correspondiente rampa de trabajo que irá bajando de cota acompañando a los niveles de excavación de la estación. Si la rampa es muy profunda puede ser necesario apuntalarla en cabeza o disponer, dónde el gálibo lo permita, una losa que limite las deformaciones de los pilotes.

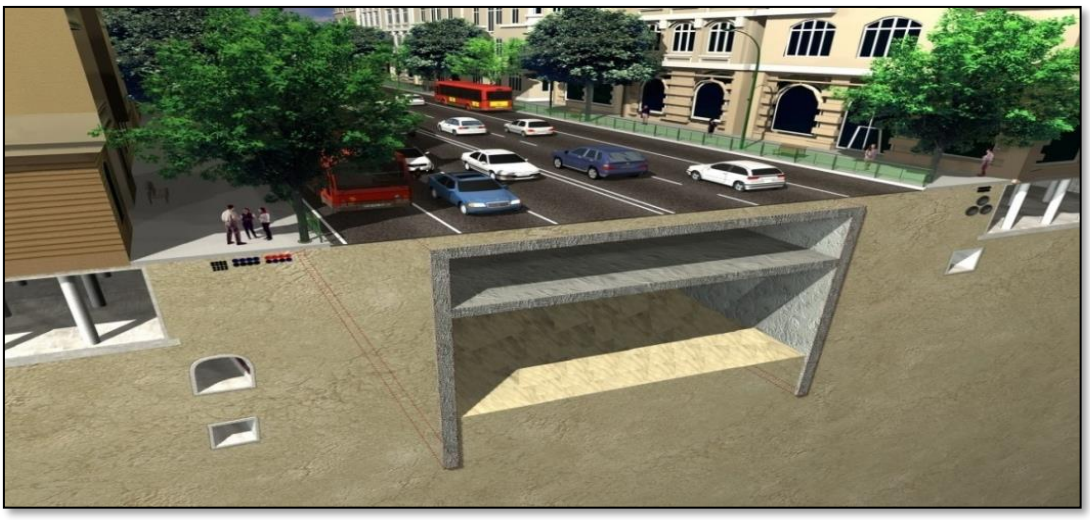
Ilustración 7-18 *Excavación bajo losa (I)*

Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Se excavará hasta el nivel de vestíbulo y se dispondrán puntales, si se precisaran, y se hormigonará la losa de vestíbulo sobre el terreno. Si la estación se encuentra en el camino crítico del túnel de línea puede optarse por continuar la excavación hasta contrabóveda

para, a continuación, una vez concluida ésta, montar una cimbra que, permitiendo el paso bajo ella los elementos de transporte de la tuneladora, se pueda encofrar y hormigonar la losa de vestíbulo a posteriori.

Ilustración 7-19 *Excavación bajo losa (II y III)*

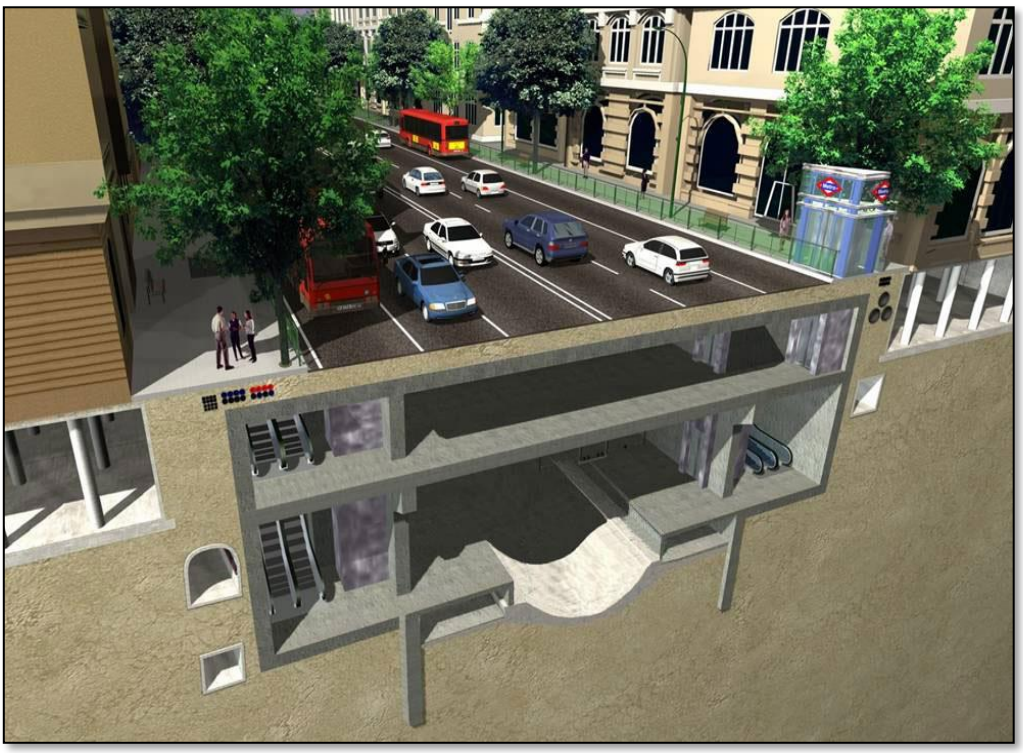


Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

Por lo general, se debe haber hormigonado la losa de vestíbulo con un encofrado sobre el terreno y, una vez que el hormigón ha adquirido la suficiente resistencia, excavar bajo la misma hasta la cota de contrabóveda que se ferrallará y hormigonará para concluir de este modo la fase excavación de la estación. La contrabóveda se dispone con forma semicircular para que pueda permitir, en la situación normal, el paso de la tuneladora.

d. Andenes y acabados: una vez construida la contrabóveda con las esperas de los andenes se puede proceder a construir los muretes de apoyo y forjados, excepto el borde de andén que se realizará en una fase final.

Ilustración 7-20 *Andenes y acabados (I)*



Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

La tuneladora atravesará la estación sin interferir en los trabajos de acabados. Únicamente debe montarse una estructura metálica de reacción una vez que la máquina llegue arrastrada al extremo de la estación, para poder comenzar a excavar los primeros anillos. La estructura se desmonta una vez se han excavado unos pocos metros de túnel sobre los que la tuneladora puede transmitir el empuje para su avance.

Reforzado el túnel por esta estructura podrán realizarse trabajos en su entorno según las fases antes descritas hasta que, en la época que se estime más conveniente, proceder al corte de la línea durante un breve periodo de tiempo para proceder al desmontaje de la estructura metálica, construcción de la contrabóveda y montaje de vía

Ilustración 7-21 *Andenes y acabados (II)*

Fuente*: EsIA y PMA Primera Línea del Metro de Quito, 2013*

7.7.1.8 Diseño Básico del Sistema de Instalaciones

A continuación, se describen cada uno de los sistemas que forman parte de las instalaciones ferroviarias. En esta parte quedan definidas las siguientes instalaciones:

1. Señalización ferroviaria
2. Subestaciones eléctricas
3. Distribución de energía
4. Electrificación
5. Sistema de control y venta de títulos
6. Escaleras mecánicas y ascensores
7. Sistema de Protección Contra Incendios
8. Ventilación
9. Comunicaciones y radio telefonía
10. Control de Estaciones
11. Puesto de Control Central

A continuación, se detalla el alcance de los trabajos realizados para cada una de estas instalaciones.

a) Señalización A.T.P. / A.T.O. VIA-TREN Y A.T.S.

En el proyecto se definen los subsistemas encargados de establecer la seguridad de los itinerarios, localizar los vehículos a lo largo de todo el sistema y garantizar la seguridad de las circulaciones, y todo ello preparado para su monitorización y gestión desde el Puesto de Control Central (P.C.C.)

Teniendo en cuenta las características de crecimiento futuro, se ha dispuesto que la línea deberá explotarse con un sistema de Operación Semiautomática de Tren, tipo GOA2 que incorpore un modo de Operación Automática de Tren (A..T.O.), que realizará las funciones de conducción y parada en estación a partir de la orden de salida establecida por el conductor.

El Proyecto estará desarrollado en base a un sistema probado y en servicio en otras administraciones ferroviarias características similares "de tipo Metro Pesado", fiable, que incorpore herramientas de ayuda para su correcto mantenimiento, flexible y fácilmente adaptable a futuras ampliaciones de "trenes y estaciones", así como a la incorporación de nuevas funcionalidades.

b) Subestaciones eléctricas

Las instalaciones de Subestaciones Eléctricas de Tracción son las encargadas de satisfacer las necesidades de tracción de los distintos sectores eléctricos de la catenaria en la línea y el depósito. El suministro de energía eléctrica ofrecido dispondrá de las adecuadas condiciones de fiabilidad y garantía que son necesarias en un servicio de transporte metropolitano.

La definición y valoración de las obras que han de realizarse para el conjunto de las instalaciones se basa en los siguientes parámetros.

- ✓ Trazado de la línea
- ✓ Sistema de señalización
- ✓ Características del Material Móvil.
- ✓ Condiciones de explotación previstas para los escenarios inicial y final.
- ✓ Tensión de Alimentación de tracción de la línea a 1500 Vcc.
- ✓ Dimensionamiento S-1, es decir, en el caso de que una subestación de tracción quede fuera de servicio, las subestaciones colaterales deberán estar conectadas eléctricamente de forma que el tramo eléctrico afectado siga prestando servicio en condiciones normales de explotación, manteniendo el intervalo de trenes de la línea.
- ✓ Dimensionamiento N-1, es decir, asegurar la continuidad del suministro con los mismos requerimientos, en caso de fallo de una subestación de compañía suministradora, de forma que el tramo eléctrico afectado siga prestando servicio en condiciones normales de explotación ,manteniendo el intervalo de trenes de la línea.
- ✓ Subestaciones configuradas en paralelo.
- ✓ Limitación de la caída de tensión en línea según las normas UNE-EN 50163 para la tensión en catenaria y UNE-EN 50122 para la tensión carril-tierra. Resultados del estudio de simulación de los diferentes escenarios, inicial y final, normal y S-1, propuestos para hacer frente a la distribución y ubicación de las Subestaciones Eléctricas.

Atendiendo a las citadas condiciones de diseño, se definen los siguientes criterios de dimensionamiento de las instalaciones:

- ✓ Número de subestaciones y su ubicación a lo largo de la línea.
- ✓ Potencia instalada en las subestaciones.
- ✓ Red de cables de Alta Tensión de interconexión entre subestaciones.
- ✓ Suministro de energía de compañía eléctrica suministradora, para atender los consumos previstos.

Según los estudios de simulación realizados, la solución de alimentación de tracción de la línea y del depósito para los distintos escenarios de explotación, es la siguiente:

- ✓ Escenario inicial de explotación previsto, para 16 trenes MRSSRM:
- ✓ Alimentación de tracción de línea 1 a 1500 Vcc y en paralelo, desde 11 subestaciones ubicadas en:

c) Depósito de Quitumbe

- ✓ Alimentación de tracción del depósito de Quitumbe a 1500 Vcc, desde la Subestación ubicada en el depósito.
- ✓ Escenario final de explotación previsto, para 27 trenes MRSSRM:
- ✓ Alimentación de tracción de línea 1, a 1500 Vcc y en paralelo, desde 13 subestaciones.

Las actuaciones a realizar son:

- Instalación del equipamiento de las 11 Subestaciones Eléctricas necesarias para el escenario inicial de explotación, para a alimentar la Línea 1 y el depósito, con un nivel de tensión de tracción de 1500 Vcc.
- Instalación de la Red de cables de Alta Tensión en 22,8 KV, de interconexión entre Subestaciones Eléctricas.
- Instalación del Sistema de Gestión de Medida de Energía, necesario para implementar la medida de energía de tracción y de servicios auxiliares en la Primera Línea.
- Instalación del Puesto de Control de Energía situado en el Puesto de Control Central, ubicado en el depósito de Quitumbe, para posibilitar el control y telemando de las instalaciones de energía (subestaciones eléctricas de tracción, seccionadores de catenaria y centros de transformación).

d) Distribución de energía

La arquitectura de la red de energía en Alta Tensión (A.T.) de 22,8 kV (60 Hz) distribuida en línea, con cuatro acometidas de la red de distribución primaria de subestaciones de tracción confiere seguridad en el servicio y facilidad de mantenimiento. El sistema está concebido en n-1, es decir, su funcionamiento no se ve afectado ante la eventual falta de alimentación de uno de los suministros de la red primaria. Las acometidas en A.T. desde las Subestaciones corresponden a una distribución de cargas y distancias apropiadas para una correcta explotación de la línea, en la que las Subestaciones aúnan cargan similares, logrando así el reparto de cargas global.

Las instalaciones de Distribución de Energía son las encargadas de satisfacer las necesidades de alimentación eléctrica en Baja Tensión de los distintos elementos constituyentes de las instalaciones fijas integradas en las estaciones, túneles y depósito de la red metropolitana. Para ello, dichas instalaciones se segmentan en dos grandes áreas, las correspondientes al suministro y transformación en Alta Tensión y a la posterior distribución y recepción de suministro eléctrico en Baja Tensión (B.T.) a los diferentes receptores con tensión de 220/ 127 V (60 Hz).

El sistema de distribución se ha diseñado para optimizar tanto las secciones de los cables utilizados, como el equipamiento dentro de los Centros de Transformación de Estación (CTE) y Centros de Transformación de Ventilación (CTV), debido a las características principales de la línea, su longitud y las tensiones utilizadas.

Una de las soluciones adoptadas y la principal característica del esquema, es la introducción de los CTV, que se utilizan para alimentar los sistemas de ventilación del túnel. La disposición de los CTV en los mismos pozos de ventilación permite alimentarlos con la mínima longitud de cable, utilizando así secciones de cable mucho más pequeñas que si tuviésemos que alimentarlos desde las estaciones.

Se ha previsto telemando de energía en A.T. de los CTE Y CTV desde el Puesto de Control central, lo cual permite la supervisión permanente del sistema y, en caso de falta, la reorganización de las frontera y su balance de cargas de forma inmediata.

d.1 Centros de Transformación de Estación (CTE):

Los Centros de Transformación de Estación (CTE) se encuentran situados a nivel de andén. Están divididos en dos zonas claramente diferenciadas: la zona de Alta Tensión y la de Baja Tensión.

En la zona de A.T. se instalan las celdas de distribución, los transformadores de potencia y los cuadros de salida de protección de transformadores en B.T. La tensión de servicio en Baja Tensión se encuentra asegurada a través de dos transformadores, uno reserva del otro, que permiten tanto un fallo ocasional de uno de ellos como el mantenimiento y su sustitución sin afectar al servicio de explotación de la red de Metro.

En la zona de B.T. se encuentran los Cuadros Generales de Baja Tensión (CGBT). Se instala un Cuadro General de Baja Tensión en cada estación alimentado desde dos transformadores gracias a una conmutación automática que permite, in intervención del hombre, conmutar la carga del transformador, en el caso de fallo de uno de ellos, manteniendo la continuidad del servicio.

d.2 Centros de Transformación de túnel (CTV)

Los Centros de Transformación de Túnel o también llamados Centros de Transformación de Ventilación toman este nombre dado que son los encargados de alimentar fundamentalmente el sistema de ventilación de túnel. La Primera Línea del Metro de Quito dispone de un total de catorce centros de transformación de ventilación, emplazados en cuartos adosados al hastial del túnel, que recogen el conjunto de las instalaciones de A.T. y B.T.

d.3 Distribución de energía en depósito de Quitumbe

El CT del Depósito de Quitumbe está formado por tres transformadores de 1000 KVA cada uno, dónde dos de ellos estarán trabajando en paralelo y el tercero se encuentra en reserva.

Una vez realizada la transformación A.T. (22,8 kV) / B.T. (I+N/127 y III / 220V), se direcciona a un cuarto independiente denominado Cuarto de Baja Tensión, desde dónde se realiza la distribución eléctrica en Baja Tensión a los subcuadros eléctricos propios de cada instalación especializada.

e) Electrificación

Se entiende por Sistema de Electrificación al conjunto de cables conductores y elementos de soporte que proporcionan al tren la energía eléctrica necesaria para la tracción. Sus límites son el punto de alimentación en la subestación y el punto de contacto con el pantógrafo. Se entiende por Línea Aérea el hilo de contacto y los elementos necesarios para su suspensión. Podemos decir que la Línea Aérea es, por tanto, el subsistema necesario para que el pantógrafo del tren capte la intensidad que demanda del hilo de contacto. Asimismo, llamamos subsistema de alimentación a la línea de transporte que alimenta la línea aérea desde las salidas de feeder de las subestaciones y a los seccionadores que permiten su configuración según las necesidades de la explotación.

El sistema de alimentación se define de manera conjunta para la Primera Línea del Metro de Quito y para el depósito de Quitumbe. En cuanto a la Línea Aérea se ha proyectado un sistema de catenaria rígida en toda la Primera Línea del Metro de Quito ya que permite una calidad de captación de corriente suficiente a las velocidades máximas de circulación previstas y presenta pocos requerimientos de mantenimiento. Para el depósito de Quitumbe se ha proyectado una línea aérea tipo hilo tranviario para la playa de vías y tipo catenaria rígida para la vía de pruebas.

Se define una solución para la Primera Línea del metro de Quito basada en catenaria rígida PAC MM-04.

Para el Depósito de Quitumbe la solución definida se basa en hilo tranviario. En esta solución se utilizan elementos recogidos en normas internacionales, elementos comerciales y soluciones a medida de fácil fabricación.

Los alcances principales recogidos en el proyecto son:

- Suministro, instalación y puesta en servicio de línea aérea de contacto para 1500 Vcc tipo catenaria rígido perfil PAC MM-04 para 2.6 kilómetros de vía doble y 1 estación, incluyendo estructuras de soporte en las distintas secciones de túnel, estaciones y viaducto, aisladores de suspensión, perfil de aluminio, hilo de contacto y alimentaciones de puenteo entre tramos.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de 22 seccionadores de apertura en carga para la sectorización de la Primera Línea del Metro de Quito.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de cables de feeder positivo y negativo para transportar la energía desde 11 subestaciones a la línea aérea.

f) Escaleras mecánicas y ascensores

Las instalaciones a proyectar son las siguientes:

- ✓ Instalación de ascensores de 1000 kg – 13 personas ó 630 kg – 8 personas (clase I), en función de la estimación del uso de la estación, que comunican los accesos, a nivel de calle con los vestíbulos y/o andenes de las estaciones que forman parte del alcance del proyecto. Con el siguiente criterio de implantación:

- ✓ Obras auxiliares a realizar en fosos y huecos de ascensor.
- ✓ Instalación de las escaleras mecánicas que comunican los accesos, a nivel de calle con los vestíbulos y/o andenes de las estaciones que forman parte del alcance del proyecto. El criterio de diseño será el de una escalera mecánica por desnivel a salvar.
- ✓ Obras auxiliares a realizar en cuartos de ubicación de equipos de control y fosos realojamiento de escaleras mecánicas.
- ✓ Instalación de canalizaciones para la detección y extinción de incendios a lo largo del interior de las escaleras mecánicas.
- ✓ Acometidas.

g) Sistema de Protección Contra Incendios

Los objetivos que cumplen las instalaciones de protección contra incendios (PCI), son los siguientes:

- ✓ Detectar los incendios en una fase incipiente al objeto de poder hacer frente al incendio cuando éste no ha alcanzado gran magnitud, y resulta fácil controlarlo. Asimismo, disponer de los elementos básicos para poder transmitir alarmas y para avisar de las mismas.
- ✓ Extinguir los incendios en función de la magnitud y tipología del incendio.
- ✓ Crear las instalaciones básicas de apoyo para la intervención de bomberos.
- ✓ Señalizar las salidas y rutas de evacuación, así como los medios de extinción.

La instalación de Protección Contra Incendios se implantará en la totalidad de estaciones (15) y los correspondientes túneles de interestación. Por otra parte, se dotará con sistemas de PCI el depósito de Quitumbe, que incluye la nave de mantenimiento, talleres, almacenes, oficinas y puesto de mando.

h) Ventilación

Se engloban las siguientes instalaciones:

- ✓ Ventilación de túneles y estaciones
- ✓ Presurización de salidas de emergencia en túneles
- ✓ Climatización del auditorio de la estación de San Francisco

h.1. Ventilación de túneles y estaciones

Dimensionado de los equipos de ventilación

De acuerdo a los cálculos realizados y atendiendo a criterios de uniformidad se han seleccionado los equipos de ventilación que se indican a continuación. Dichos equipos cumplirán los requerimientos establecidos en los restantes documentos que conforman el Proyecto y en especial en el Pliego de Condiciones.

A1) Ventilación de túneles cerrados

- ✓ Equipamiento instalado en pozo interestación (en todos los pozos):
  - 2 Ventiladores axiales Ø 1800 mm de 2 velocidades: 180000 / 240000 m3/h – 480/ 608 Pa – 27/63 kW. Clase térmica 200 °C / 2 h. Ejecución autoportante con cono difusor acústico.
  - 2 Inclinadores (compuertas circulares motorizadas).
  - 2 Silenciadores disipativas de bafles paralelos, en lado exterior.

- ✓ Equipamiento instalado en bóveda de túnel
  - Ventiladores auxiliares de chorro (JET), clase térmica 200 °C / 2h. Incorporarán silenciadores circulares con núcleo.
  - Características de empuje y potencia.

A2) Ventilación de túneles semiabiertos

- ✓ Equipamiento instalado en ensanchamiento de túnel:
  - Ventiladores principales de chorro (JET). Clase térmica 200 °C / 2h. Incorporarán silenciadores circulares con núcleo.
  - Características de empuje y potencia.

B) Ventilación estaciones

- ✓ Equipamiento instalado en sala / salas de estación (en todas las estaciones):
  - 2 Ventiladores axiales Ø 1400 mm de 2 velocidades 45000 / 90000 m3/ h – 87/341 Pa – 2,3/18,5 kW.
  - 2 Silenciadores disipativos de bafles paralelos, en lado interior.
  - 2 Silenciadores disipativos de bafles paralelos, en lado exterior.

PRESURIZACIÓN DE SALIDAS DE EMERGENCIA EN TÚNELES

Características generales de la presurización en Salidas de Emergencia

Las salidas de emergencia disponen de una galería de entronque con el túnel o estación. En esta galería se construye un vestíbulo de independencia formado por puertas cortafuegos. EI-120 al objeto de compartimentar la zona de potencial riesgo de incendio (túnel o estación) con la escalera ascendente de evacuación. Al objeto de asegurar que el humo derivado de un incendio no pueda entrar en la salida de emergencia se dotará al vestíbulo de independencia de un sistema de presurización.

El sistema de presurización estará formado por equipos de ventilación que captarán el aire limpio (preferentemente de manera directa desde el exterior) a través de conductos convencionales o específicos creados al efecto en huecos de la construcción y lo impulsarán al interior del vestíbulo de aislamiento a través de conductos que terminarán en una compuerta de regulación, compuerta cortafuegos y rejilla decorativa. Por otra parte existirá una compuerta de sobrepresión para limitar la presión en el interior del recinto y lanzar el caudal residual a la zona de escaleras con lo que se conseguirá ventilar y crear una ligera presión positiva en este volumen.

i) Comunicaciones y Radio Telefonía

Dentro del alcance del estudio del EIA 2013 se incluyó los siguientes sistemas que serán los mismos a ser empleados por en el tramo de la Variante Quitumbe por esta razón no se presenta el detalle de los mismos.

- Red de Comunicaciones
- Red Ethernet de Estación
- Sistema de Telefonía y Telefonía de Explotación
- Sistema de Radiotelefonía de Explotación
- Sistema de Radiotelefonía TETRA
- Sistema de Teleindicadores

Red de Comunicaciones

La Red de Comunicaciones proporciona la infraestructura básica necesaria para la interconexión de los diferentes elementos y, evidentemente, su fiabilidad tienen una implicación directa en la disponibilidad del resto de los sistemas, por ello el criterio básico de diseño para la red de comunicaciones ha de ser la fiabilidad y garantía de disponibilidad.

Red Ethernet de Estación

A lo largo de toda la estación, se instalarán diferentes elementos que necesiten comunicarse entre sí, o acceder al Puesto de Control Central, la interconexión de estos elementos se realizará a través del protocolo TCP/IP, empleando la Red Ethernet de Estación.

La Red Ethernet de Estación incluye:

- Nodos de Acceso a instalar en los diferentes cuartos técnicos.
- Cableados de Fibra Óptica necesarios.
- Cableados de par trenzado (cableado estructurado).

Sistema de Telefonía y Telefonía de Explotación

El Sistema de Telefonía propuesto es una integración de soluciones estándar de Telefonía IP con aplicaciones específicas para la implementación de los Sistemas de Telefonía de Explotación.

La Solución de Telefonía propuesta permite implementar un sistema de telefonía basado en tecnologías de voz sobre IP con todas las características de una red de PABX clásicas de gama alta.

El sistema se basa en el empleo de un servidor central, o Centralita IP, que proporciona las facilidades de conmutación de llamadas y servicios avanzados (servicios Centrex), es decir, todas las capacidades de una PABX habitual, pero con las ventajas de las soluciones de VoIP.

Sistema de Radiotelefonía TETRA

El Sistema de Radiotelefonía Trunking Digital cumplirá en su totalidad con el Estándar TETRA permitiendo la transmisión de voz y datos en las distintas modalidades previstas por dicho estándar (mensajes de estado, datos cortos, y datos en modo paquetes). Asimismo, el Sistema de Radiotelefonía Trunking Digital TETRA a implantar deberá ser totalmente compatible con el Sistema de Radiotelefonía TETRA a instalar en los Trenes de Metro de Quito.

El Sistema de Radiotelefonía TETRA hará uso de las infraestructuras radiantes a instalar en la línea (túneles y estaciones).

Sistema de Información al Viajero

El Sistema de Información al Viajero permitirá la gestión y presentación de la información en los diferentes paneles teleindicadores de las estaciones, permitiendo una actualización en tiempo real de las informaciones de todos ellos.

La gestión del Sistema de Información al Viajero se realiza desde el puesto de Control Central, y cuenta con equipamiento distribuido a lo largo de las estaciones.

j) Control de Estaciones

De igual manera el EIA 2013 describió las siguientes instalaciones que formarán parte de cada una de las estaciones:

- Sistema de control de estaciones (SCE)
- Sistema de cancelas
- Sistema de comunicación asociado al Control de Estación
  - Sistema TVCC
  - Sistema de Megafonía
  - Sistema de Interfonía
- Sistemas de control de accesos y anti-intrusión
- Equipamiento de cuartos técnicos

- Sistema de alimentación eléctrica y equipamiento auxiliar
- Sistema de seguridad perimetral del Depósito de Quitumbe

Sistema de Control de Estaciones (SCE)

El Sistema de Control de Estaciones (SCE) integra la supervisión y mando de un conjunto de instalaciones, quedando el control de la estación centralizado a nivel de vestíbulo en el cuarto destinado a la venta manual de títulos de transporte (Taquilla), denominado Puesto de Control Local (PCL).

Las instalaciones sobre las que, en principio, se hacen tareas de control, telemando y supervisión son las siguientes:

- Escaleras mecánicas
- Ascensores
- Ventilación
- Cancelas
- Equipos de bombeo
- Energía:
  - Alumbrado de túnel
  - Alumbrado de estación
- Salidas de Emergencia
- Zonas de presurización de las salidas de emergencia de túnel

A la vez realizará las funciones de presentación y correlación de actuación con otros sistemas, fundamentalmente: TVCC, Megafonía e Interfonía.

El sistema SCE dispondrá de un interfaz gráfico que permitirá el acceso a los sistemas inteligentes de la propia estación a partir de una única aplicación basada en un plano detallado de la estación que represente los andenes, vestíbulos, escaleras, cuartos, etc.

Los subsistemas sobre los que puedan realizar acciones dispondrán de un interfaz de usuario desde el cual realizarlas.

Sistema de Cancelas

Este sistema consiste en la instalación de puertas cancelas automatizadas en las nuevas bocas de acceso para impedir el paso a las estaciones en los períodos de tiempo nocturno en que no existe servicio.

Dispondrán de un autómata que permita realizar maniobras sobre éstas de forma autónoma, así como el control de todas sus señales de estado. Deben permitir además realizar arranques y

paradas automáticos de apertura y cierre de servicio en función de un horario anual integrado en el propio autómata.

Sistema de T.V.C.C.

El sistema de televisión en circuito cerrado (TVCC) permitirá la vigilancia centralizada de todos los andenes, escaleras mecánicas, ascensores, vestíbulos, PCL (taquillas), pasillos de una estación, cancelas y, eventualmente, sacos de fin de línea.

El sistema de TVCC constará de los siguientes componentes principales:

- Cámaras analógicas/Digitales
- Red de cable coaxial/red de cable UTP
- Sistema de Centralización de Video
- Equipo de gestión de visualización

Sistema de Megafonía

El sistema de megafonía permitirá la sonorización de la estación, pudiendo seleccionar una, varias o todas las zonas que se mencionan a continuación:

- Cada andén de la estación
- Cada uno de los vestíbulos
- Cada una de las escaleras
- Cada una de las zonas de pasillos de cierta longitud.

Sistema de Interfonía

El sistema de interponía permite tanto a los agentes de Metro, como a los viajeros, establecer de modo sencillo y rápido comunicación telefónica con el agente que tenga bajo su control (local o remoto) las instalaciones de la estación y ante la imposibilidad de establecer esta llamada, comunicación con el Puesto de Mando Central.

Esta comunicación se realiza desde ciertos puestos, estratégicamente distribuidos en la estación, incluidos los interfonos de las máquinas de venta automática (METTA).

Se instalarán los siguientes equipos:

- Un interfono por cada par de escaleras, situado en la parte baja de las mismas.
- Tres interfonos por cada andén: uno situado aproximadamente en el centro del mismo y dos interfonos adicionales por andén, situados cerca de cada piñón.
- Un interfono en el interior de cada ascensor.
- Un interfono por cancela

- Un interfono por barrera de peaje
- Un interfono por cada METTA
- Un interfono en cada salida de emergencia de la estación.
- Un interfono en la zona de rescate de las salidas de emergencia de túnel.

Sistema de Control de Accesos y Anti-intrusión

Sistema de control de accesos

Al objeto de controlar el acceso al Puesto de Control Local (PCL) y otros cuartos técnicos y permitir el paso a los mismos exclusivamente al personal debidamente autorizado, se instalará un Sistema de Control de Accesos. Este personal irá equipado con tarjeta sin-contacto.

El sistema también realizará las funciones de control de presencia del personal que tenga su puesto de trabajo en la estación y de registro de eventos asociados al sistema (estado de las puertas, fallos, intentos de acceso fallidos, errores, etc.)

Sistema de anti-intrusión

Con objeto de controlar las actuaciones no autorizadas en el PCL o resto de cuartos técnicos de la estación, así como la manipulación de las máquinas billeteras, etc., se instalará una centralita de seguridad en el armario de control del cuarto de equipos del PCL de cada estación, equipada para el control de 16 zonas (expandible) y conectada a cada uno de los detectores de zona.

7.8 Fase de operación y mantenimiento

Tras la construcción de la infraestructura, se iniciará la fase de operación y mantenimiento de la Primera Línea del Metro de Quito, que a su vez puede dividirse en tres subfases:

1. Prueba e inspección de los equipos y puesta en servicio
2. Operación ordinaria
3. Mantenimiento de equipos e instalaciones

Al ser el alcance de este EIA solamente para la variante Quitumbe no existirán impactos asociados diferentes o nuevos correspondientes a este tramo.

7.8.1 Prueba e inspección de los equipos y puesta en servicio

Durante esta fase el objetivo es garantizar que el material rodante y los equipos auxiliares cumplen con los parámetros de diseño y que su funcionamiento es correcto y se ajusta a las previsiones efectuadas en el Proyecto y en los Pliegos del Contrato. Se tiene conocimiento que la vida útil de los trenes será de 35 años aproximadamente, dependiendo del fabricante y de las condiciones de mantenimiento preventivo y correctivo que se les dé a los mismos.

Las labores de inspección y prueba se llevaran a cabo tanto en fábrica, con carácter previo a la expedición del material, como tras su recepción. Serán realizadas por los Inspectores que a tal efecto designe Metro de Quito. Las actividades a desarrollar se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Inspección y pruebas en fábrica
- Inspección y pruebas "in situ"
- Puesta en servicio

A continuación, se describe de forma general las tareas correspondientes:

a) *Inspección y pruebas en fábrica – esta actividad no impacta al tramo de la Variante Quitumbe*

b) *Inspección y pruebas "in situ"*

Tras el montaje, instalación y conexión de los equipos, se procederá a la realización de las pruebas "in situ". Las pruebas serán efectuadas ante los Inspectores, y consistirán en la verificación del correcto funcionamiento de los diferentes equipos y sistemas, de acuerdo con las condiciones establecidas en los correspondientes Pliegos de Prescripciones Técnicas.

La fecha y hora de realización de las pruebas deberá ser notificada a Metro de Quito con una antelación superior al mes. Junto con esta notificación, se presentará un Informe en el que se describa el procedimiento de ejecución y el instrumental necesario para la realización de la prueba, que deberá ser aprobado por el Inspector designado por Metro de Quito.

Si tras la realización de la prueba, se considera que el resultado no ha sido satisfactorio, se establecerán las correspondientes acciones correctivas y se establecerá el calendario para la repetición de la prueba.

c) *Puesta en Servicio*

Tras la instalación y prueba "in situ" de los equipos, se establecerá un periodo de tiempo para la puesta en servicio de los mismos, durante el cual se ajustará el funcionamiento de todos los equipos y sistemas involucrados a la mecánica operativa prevista, a plena satisfacción de los Inspectores designados por Metro de Quito.

Durante este periodo, así mismo, se establecerá una fase de Operación no Comercial, en la que se procederá a la verificación y ajuste final de los equipos y a la capacitación del personal de operación y mantenimiento, con carácter previo a la puesta en servicio al público general.

7.8.2 Operación ordinaria

Tras la fase de Operación no Comercial se iniciará la fase de Operación Ordinaria o Comercial de la Primera Línea de Metro de Quito.

Las operaciones a realizar durante esta fase se pueden agrupar en los siguientes epígrafes:

- Expedición y recarga de boletos
- Control de accesos
- Control de operaciones
- Actividades administrativas

A continuación, se describen someramente estas operaciones:

a) Expedición y recarga de boletos

En los vestíbulos de las estaciones se dispondrá de máquinas auto expendedoras de boletos, en áreas accesibles al público previas al control de accesos. En cada estación se instalarán, al menos, dos máquinas auto expendedoras, aunque el diseño de las estaciones se realizará de manera que se tenga en consideración el espacio necesario para poder disponer las máquinas necesarias para cubrir la demanda prevista en el año horizonte de la Primera Línea de Metro de Quito.

Estas máquinas contactaran con lectores de tarjetas acordes con las dimensiones y características de las seleccionadas por Metro de Quito como Títulos de Viaje y, además de la expedición de tarjetas o boletos propiamente dicha, permitirán realizar la recarga, la consulta de los viajes restantes o el valor almacenado en las tarjetas expedidas previamente.

Para ello, las maquinas dispondrán de una interfaz de comunicación tipo pantalla táctil, que permitirá informar al viajero de los títulos disponibles, las tarifas vigentes, del valor depositado y del restante para la expedición del título seleccionado, de las posibilidades de pago (efectivo o con tarjeta de crédito o débito), así como de cualquier otra información que se considere apropiada para facilitar el ingreso y estadía del viajero en el sistema.

Cada máquina, de forma autónoma, constituirá un sistema de admisión y registro de valores (dinero en efectivo), por lo que incorporará un módulo de tratamiento de valores diseñado para efectuar la recolección de monedas y billetes de curso legal, así como la devolución, en su caso, del cambio respecto del precio del título de viaje seleccionado. A tal efecto, cada máquina contará una caja de recepción y guarda de valores, de diseño seguro y robusto con un dispositivo de cierre de alta seguridad que únicamente permita su acceso al personal autorizado por Metro de Quito. Cada caja dispondrá de un dispositivo electrónico de identificación que indique su estado de llenado y en caso de que sea removida sin autorización, informe vía telemática al concentrador de equipos de cada estación, al que se transmitirán la totalidad de los datos en ella almacenados.

Además de las máquinas automáticas de expedición de boletos, en cada estación se dispondrá de una taquilla en la que se podrá adquirir los boletos a uno o varios operadores de venta. Estos operadores podrán, además de expender, recargar, verificar, devolver y desbloquear boletos. En esta taquilla, además de las máquinas expendedoras de operación manual, se contará con el dispositivo informático controlador de la estación que permita visualizar y controlar todos los equipos de la estación, así como un concentrador para la administración y transmisión de datos al Centro de Control y Gestión de Pasajes.

b) Control de accesos

El control de acceso a los andenes se realizará mediante puertas automatizadas con mampara deslizante o tornos giratorios, que dispondrán de dos módulos de lectura de tarjetas, uno con contacto y otro sin contacto.

Tras la lectura de la información contenida en la tarjeta o título de viaje y su validación, se abrirán las puertas de entrada, permitiendo el acceso del viajero a la zona restringida. El dispositivo incorporará una célula fotoeléctrica que impida el cierre de las mamparas o tornos hasta que el viajero no haya atravesado completamente la puerta de acceso.

c) Control de operaciones

En un edificio a determinar con posterioridad, previsiblemente localizado en la zona de patios, se ubicará un Centro de Control de Operaciones Ferroviarias, cuya función será controlar la operación de los trenes, la supervisión y control de la seguridad en las estaciones, el mando del sistema de suministro de energía, así como también la supervisión de los sistemas auxiliares como escaleras mecánicas, ascensores, puertas de entrada, etc.

En este Centro de Control de Operaciones Ferroviarias se ubicará también la central de comunicaciones que permitirá la comunicación entre trenes, plataformas, el personal en las estaciones y el personal de mantenimiento. El sistema contará también con líneas directas para comunicarse con otros servicios públicos como bomberos, servicios hospitalarios, policía, etc.

Las funciones básicas del Centro de Control de Operaciones Ferroviarias será la de dirigir los trenes desde los patios hasta las líneas, una vez que los convoyes hayan sido habilitados. Cuando el convoy se haya dirigido a la línea principal, el sistema de control será capaz de controlar de manera automática las maniobras en los enclavamientos de las estaciones (enclavamientos locales) a efectos de establecer las rutas a seguir por los trenes en las estaciones terminales y mantenerlos en continua circulación sin necesidad de la intervención del operador.

Por otro lado, se establecerá un Centro de Control y Gestión de Pasajes, cuya función es la de centralizar toda la información relativa a la expedición de boletería y sistemas de cobro. En este Centro, conformado por un sistema computarizado, se recolectará la información procedente de los concentradores ubicados en las estaciones, y permitirá, a la inversa, la actualización de los terminales ubicados en las estaciones a través de los respectivos concentradores.

d) Actividades Administrativas

Las actividades administrativas, como la dirección de la empresa operadora, la administración propiamente dicha, la planificación, la gerencia de la operación, la gerencia del mantenimiento, la capacitación del personal, etc., se realizarán en unas instalaciones a ubicar en un edificio a determinar por Metro de Quito.

En este edificio se llevarán a cabo procesos como la gestión administrativa de la empresa operadora, el control de compras y adquisiciones, la selección y capacitación del personal, el seguimiento y supervisión de los trabajos de mantenimiento, etc.

7.8.3 Mantenimiento de equipos e instalaciones

Este mantenimiento no se realizará en lo que corresponde al tramo de la Variante Quitumbe.

7.9 Fase de cierre y rehabilitación

El proyecto tiene una vida útil estimada de 150 años y se convertirá en el principal sistema de transporte metropolitano, por lo cual no se contempla una fase de abandono. Sin embargo, en las áreas auxiliares se considerará como etapa de cierre el momento en el cual estas dejen de ser utilizadas, para lo cual se desmantelarán las estructuras existentes en las áreas de pre-fabricado (viaductos y dovelas) las cuales serán trasladadas hacia otros sitios en otros proyectos, por sus propietarios; mientras que las áreas de depósito de material serán reacondicionadas y utilizadas por sus propietarios para otros proyectos.

Se establecen para ello dos actividades fundamentales: el retiro de equipos, maquinaria, campamentos e instalaciones provisionales y la Infraestructuras temporales pos construcción.