

CAPÍTULO 5
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



ÍNDICE DE CONTENIDO

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	5-1
5.1 INTRODUCCIÓN	5-1
5.2 FASE DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO	5-3
5.2.1 ESTUDIOS.....	5-3
5.2.2 PREPARACIÓN.....	5-3
5.2.3 INSPECCIÓN.....	5-3
5.2.4 RETIRO DE PROPIEDADES Y ESTRUCTURAS.....	5-3
5.2.5 REUBICACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS Y PROPIEDADES.....	5-4
5.2.6 AVALÚO DE PREDIOS AFECTADOS POR LA CONSTRUCCIÓN.....	5-4
5.2.7 ESTABLECIMIENTO DE AVALÚOS.....	5-4
5.2.8 DEFINICIÓN DE ÁREAS.....	5-4
5.2.9 CÁLCULO.....	5-4
5.2.10 ADECUACIÓN Y USO DE PATIO DE MAQUINARIAS.....	5-5
5.2.11 DEFINICIÓN DE LOS SITIOS DE ESCOMBRERA.....	5-6
5.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN	5-6
5.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	5-6
5.3.2 NÚMERO Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.....	5-7
5.3.3 COCHERAS Y DEPÓSITOS.....	5-8
5.3.4 ACCESIBILIDAD.....	5-9
5.3.5 SEGURIDAD FUNCIONAL.....	5-9
5.3.6 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	5-11
5.3.7 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE RUTA Y ESTACIONES.....	5-11
5.3.8 DESCRIPCIÓN DE COCHERAS Y TALLERES.....	5-17
5.3.9 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL.....	5-18
5.3.10 DIMENSIONAMIENTO.....	5-20
5.3.11 UBICACIÓN.....	5-21
5.3.12 DISEÑO BÁSICO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES.....	5-21
5.3.13 INFRAESTRUCTURAS AUXILIARES.....	5-32
5.3.14 PRINCIPALES ESPECIFICACIONES DEL TRAZADO PROPUESTO.....	5-33
5.3.15 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	5-40
5.4 FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	5-57
5.4.1 PRUEBA E INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y PUESTA EN SERVICIO.....	5-57
5.4.2 OPERACIÓN ORDINARIA.....	5-58
5.4.3 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES.....	5-59
5.5 FASE DE CIERRE Y REHABILITACIÓN.....	5-60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 5.1: Ubicación de las estaciones, reservas, salidas de emergencia, pozos de ventilación y pozos de bombeo de la Primera Línea del Metro de Quito.....	5-2
Cuadro 5.2: Avalúo de las propiedades en el área de las estaciones del Metro.....	5-5
Cuadro 5.3: Avalúo de las propiedades en el área de las estaciones del Metro (II).....	5-5
Cuadro 5.4: Tiempos parciales de recorrido entre estaciones.....	5-34
Cuadro 5.5: Localización de las estaciones y zonas de reserva.....	5-34
Cuadro 5.6: Tramificación de la Primera Línea del Metro de Quito.....	5-35
Cuadro 5.7: Localización y distancia de las salidas de emergencia.....	5-36
Cuadro 5.8: Resumen localización pozos de ventilación.....	5-37
Cuadro 5.9: Localización de los pozos de bombeo.....	5-38
Cuadro 5.10: Resumen diagonales y bretelle definidos.....	5-40
Cuadro 5.11: Tramificación por método de excavación del túnel.....	5-41
Cuadro 5.12 Gálibos para distintas secciones del túnel.....	5-45
Cuadro 5.13: Parámetros de trazado.....	5-46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1: Trazado y ubicación de las estaciones de la Primera Línea de Metro de Quito.....	5-1A
Figura 5.2: Ascensor interior de estación con encaminamiento.....	5-9
Figura 5.3: Salida de emergencia en un tramo de túnel.....	5-10
Figura 5.4: Ocupación de una salida de emergencia.....	5-10
Figura 5.5: Estación de Quitumbe junto al terminal terrestre.....	5-11
Figura 5.6: Estación Morán Valverde.....	5-12
Figura 5.7: Estación Solanda.....	5-12
Figura 5.8: Estación El Calzado.....	5-12A
Figura 5.9: Estación Intermodal El Recreo.....	5-13
Figura 5.10: Estación Intermodal La Magdalena.....	5-13
Figura 5.11: Estación de San Francisco.....	5-14
Figura 5.12: Estación La Alameda.....	5-14



Figura 5.13: Accesos Estación La Alameda	5-15
Figura 5.14: Estación El Ejido	5-15A
Figura 5.15: Estación Universidad Central	5-15A
Figura 5.16: Estación La Pradera.....	5-16
Figura 5.17: Estación La Carolina.....	5-16
Figura 5.18: Estación Ñaquito	5-16
Figura 5.19: Estación Jipijapa.....	5-16A
Figura 5.20: Estación Intermodal El Labrador.....	5-17
Figura 5.21: Imagen de cocheras y talleres.....	5-18
Figura 5.22: Imagen de interior zona talleres	5-18
Figura 5.23: Imagen de nave de mantenimiento	5-19
Figura 5.24: Imagen de nave de mantenimiento	5-19
Figura 5.25: Imagen de nave de mantenimiento	5-20
Figura 5.26: Ubicación tentativa para la cochera de Quitumbe	5-21
Figura 5.27: Sitio propuesto para la escombrera.....	5-33
Figura 5.28: Tiempos de recorrido Primera Línea del Metro de Quito.....	5-34
Figura 5.29: Sección tipo salida de emergencia	5-37
Figura 5.30: Sección tipo pozo de ventilación	5-38
Figura 5.31: Sección tipo pozo de bombeo	5-38
Figura 5.32: Sección vía de gálibo.....	5-39
Figura 5.33: Esquema de ubicación aparatos de vía en estaciones.....	5-40
Figura 5.34: Imagen de una bretelle	5-40
Figura 5.35: Tramificación por método de excavación del túnel	5-42
Figura 5.36: Secuencia del proceso constructivo entre pantallas.....	5-42A
Figura 5.37: Sección tipo entre pantallas	5-42A
Figura 5.38: Proceso constructivo método tradicional.....	5-43
Figura 5.39: Imagen túnel método tradicional.....	5-44
Figura 5.40: Esquema general avance por método tradicional.....	5-44
Figura 5.41: Pozo de extracción/introducción tuneladora.....	5-44

Figura 5.42: Principales elementos tuneladora	5-44
Figura 5.43: Sección tipo con tuneladora.....	5-45
Figura 5.44: Sección entre pantallas.....	5-45
Figura 5.45: Sección método tradicional.....	5-45
Figura 5.46: Sección tuneladora.....	5-46
Figura 5.47: Fases de ejecución del túnel por el método cut & cover	5-47
Figura 5.48: Fases de ejecución de una estación mediante cut & cover	5-48
Figura 5.49: Desvío de servicios (I).....	5-49
Figura 5.50: Desvío de tráfico (I y II).....	5-49
Figura 5.51: Excavación bajo losa (I)	5-50
Figura 5.52: Excavación bajo losa (II y III)	5-50
Figura 5.53: Andenes y acabados (I).....	5-51
Figura 5.54: Andenes y acabados (II).....	5-51
Figura 5.55 Sistema generador de espuma y caudalímetro de los distintos aditivos de la TBM-EPB empleada en la construcción de la prolongación de la línea 1 del metro de Madrid.....	5-56



5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito, está considerado como un proyecto de prioridad local y nacional, lo que conlleva a la mejora de la movilidad, productividad y calidad de vida de los pobladores de Quito, sus alrededores y el país en general.

El sistema de transporte en Quito no responde a las necesidades de la ciudad, lo que trae como consecuencia un deficiente sistema de transporte público, que sumado al incremento de vehículos particulares conlleva altos costos sociales y económicos para la población, lo que se traduce, entre otros, en: pérdida de productividad, incremento de los niveles de estrés, inseguridad vial, contaminación producto de los gases de combustión vehicular y el ruido y sus efectos sobre la salud pública y, en general, disminución del nivel de bienestar y pérdida en la calidad de vida de la ciudad.

En un proyecto de interés social como sería la Primera Línea del Metro de Quito, que satisficará los problemas de transporte en la ciudad, los beneficios socio ambientales son determinantes. Las tendencias a nivel internacional reconocen que este tipo de proyectos genera impactos positivos y es lo que le da sentido a su construcción. Además, en los sistemas de transporte tipo metro, la emisión de contaminantes y del ruido externo es prácticamente nula. Así pues, el Metro de Quito procurará el funcionamiento articulado y eficiente del DMQ que asegure el derecho de los ciudadanos a una transportación eficiente, confiable, equitativa, segura y menos contaminante; que aumente la productividad y el progreso socioeconómico, garantizando la sustentabilidad ambiental y mejorando el nivel de vida de los quiteños. Además, proveerá un adecuado nivel de servicio (comodidad, velocidad y costos razonables) de transporte que priorice la atención a los peatones y a los usuarios del transporte colectivo y procure una eficiente operación del parque automotor privado.

La Primera Línea del Metro de Quito podría constituirse en una solución de largo plazo y de gran capacidad para el transporte público y masivo de pasajeros que se desplazan sobre el eje norte-sur de la ciudad. En el Estudio de Prefactibilidad¹ realizado se concluye que con base en su capacidad operativa, la Primera Línea del Metro de Quito sería capaz de convertirse en el eje central articulador para transportar los volúmenes de pasajeros requeridos a las velocidades deseadas en la ciudad de Quito que han sido estimados.

Además, no ocuparía el espacio actual de las vías, que es altamente apreciado por la condición longitudinal de la ciudad y en algunos tramos incluso podría liberar espacios; y es el único sistema que no paralizaría el tráfico en amplias zonas de la ciudad durante su desarrollo y construcción.

En síntesis, el proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito se ubicará en la provincia de Pichincha, dentro del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), abarcará una longitud de 22 kilómetros, tendrá un total de 15 estaciones subterráneas, partiendo desde la Estación 1 Quitumbe al sur de la ciudad hasta la Estación 15 El Labrador ubicada al norte, así como cuatro zonas de reserva de trazado previstas para alojar una estación en caso de que en un futuro se requieran por necesidades de funcionamiento (ver Figura 5.1 y plano en detalle en Anexo 1).

Se contarán con estaciones intermodales que tendrán la función de conectar al metro con los demás sistemas de transportación urbana como el Trolebus, Ecovía y Metrovía. Las estaciones intermodales son La Magdalena, El Recreo y el Labrador.

Esta línea se complementaría con la construcción de cocheras y talleres destinados al estacionamiento y mantenimiento del material móvil de la línea, que estarán situadas en la cabecera de la línea. Se identificó como zona idónea para su ubicación la zona de Quitumbe.

En el Cuadro siguiente se recogen la ubicación de las estaciones, reservas, salidas de emergencia, pozos de ventilación y pozos de bombeo definidos en la Primera Línea del Metro de Quito.

¹ Estudio de Prefactibilidad. Proyecto Sistema de Transporte Masivo por ferrocarril urbano en la ciudad de Quito. Octubre 2010.



Figura 5.1: Trazado y ubicación de las estaciones de la Primera Línea de Metro de Quito

PONER DESPELEGABLE



Cuadro 5.1: Ubicación de las estaciones, reservas, salidas de emergencia, pozos de ventilación y pozos de bombeo de la Primera Línea del Metro de Quito

TRAMO	P.K. Inicial	P.K. Final	Longitud del tramo (m)	Cota del carril (m)
Inicio Metro - Estación Quitumbe	0+000	0+060	60,00	
1. Quitumbe	0+060	0+175,03	115,03	2.911,16
Estación Quitumbe f - PV1	0+175,03	0+820	644,97	
PV1-Reserva1 i	0+820	1+282	462,00	
Reserva1 i- SE1	1+282	1+382	100,00	
SE1 - Reserva1 f	1+382	1+394,52	12,52	
Reserva 1 f - Estación Morán Valverde	1+394,52	2+020,92	628,40	
2. Morán Valverde	2+022,92	2+137,88	114,96	2.863,21
Estación Morán Valverde f - PV2	2+137,88	2+770	632,12	
PV2 - Reserva2 i	2+770	2+992,77	222,77	
Reserva2 i - SE2	2+992,77	3+082	89,23	
SE2 - Reserva2 f	3+082	3+107,94	25,94	
Reserva2 f - Estación Solanda i	3+107,94	4+183,32	793,32	
3. Solanda	4+183,32	4+298,32	115,00	2.827,30
Estación Solanda f- PV3	4+298,32	4+670	371,68	
PV3 - Estación El Calzado i	4+670	5+243,30	573,30	
4. El Calzado	5+243,30	5+358,30	115,00	2.810,00
Estación El Calzado - SE3	5+358,30	6+080	721,70	
SE3 - [PB1 Y PV4]	6+080	6+348	268,00	
[PB1 Y PV4] - Estación El Recreo i	6+348	6+888,37	540,37	
5. El Recreo	6+888,37	7+003,37	115,00	2.801,15
Estación El Recreo f- PV5	7+003,37	7+600	596,63	
PV5 - SE4	7+600	8+020	420,00	
SE4 - Reserva3 i	8+020	8+121,85	101,85	
Reserva3 i- Reserva 3 f	8+121,85	8+236,85	115,00	
Reserva 3 f - PB2	8+236,85	8+558	321,15	
PB2 - Estación La Magdalena i	8+558	8+767,50	209,50	
6. La Magdalena	8+767,50	8+882,50	115,00	2.791,22
La Magdalena f-SE5	8+882,50	9+220	337,50	
SE5 - PV6	9+220	10+050	830,00	
PV6 - SE6	10+050	10+922	872,00	
SE6-Estación San Francisco i	10+922	11+448,27	526,27	
7. San Francisco	11+448,27	11+560,77	112,50	2.801,20
Estación San Francisco - Reserva4 i	11+560,77	12+264,94	704,17	
Reserva4 i- Reserva 4 f	12+264,94	12+377,38	112,44	
Reserva 4 f- SE7	12+377,38	12+380	2,62	
SE7 - PB3	12+380	12+380	0,00	

TRAMO	P.K. Inicial	P.K. Final	Longitud del tramo (m)	Cota del carril (m)
PB3 - PV7	12+380	12+820	440,00	
PV7 - Estación La Alameda	12+820	13+393,70	573,70	
8. La Alameda	13+393,70	13+508,70	115,00	2.801,30
Estación La Alameda f- PV8	13+508,70	14+100	591,30	
PV8 - Estación El Ejido	14+100	14+315,77	215,77	
9. El Ejido	14+315,77	14+430,77	115,00	2.776,00
Estación El Ejido f- PB4	14+430,77	14+830	399,23	
PB4 - PV9	14+830	15+064	234,00	
PV9 - Estación Universidad i	15+064	15+538,17	472,17	
10. Univ. Central	15+538,17	15+650,67	112,50	2.787,10
Estación Universidad f - PV10	15+650,67	16+375	724,33	
PV10 - Estación La Pradera	16+375	16+724,43	349,43	
11. La Pradera	16+724,43	16+839,43	115,00	2.768,97
Estación La Pradera f - PV 11	16+839,43	17+220	380,57	
PV11 - Estación La Carolina i	17+220	17+647,91	427,91	
12. La Carolina	17+647,91	17+762,91	115,00	2.756,42
Estación La Carolina f - PB5	17+762,91	18+080	317,09	
PB5 - SE8	18+080	18+400	320,00	
SE8 - PV12	18+400	18+600	200,00	
PV12 - Estación Iñaquito i	18+600	19+179,02	579,02	
13. Iñaquito	19+179,02	19+291,52	112,50	2.763,06
Estación Iñaquito - [PV13, PB6]	19+291,52	19+620	328,48	
[PV13, PB6] - SE9	19+620	19+870	250,00	
SE9 - Estación Jipijapa i	19+870	20+525,72	655,72	
14. Jipijapa	20+525,72	20+638,22	112,50	2.763,00
Estación Jipijapa f - Estación EL Labrador i	20+638,22	21+626,57	988,35	
15. El Labrador	21+626,57	21+741,59	115,02	2.774,00
Estación El Labrador - Fin Metro	21+741,59	22+013,84	272,25	

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012



Como criterio básico, tanto la línea como las 15 estaciones previstas serán subterráneas para no interferir su operación con el resto de tráficos (en superficie) y permitir la liberación de espacios para su disfrute por el ciudadano (residencial, ocio y servicios arriba, infraestructuras debajo).

En su construcción se utilizarán tuneladoras, ya que este sistema es el más seguro, el más rápido, y para longitudes superiores a 4-5 km, el más económico. En cualquier caso, también se utilizarán otros sistemas (excavación manual, excavación entre pantallas) complementarios como ya se ha indicado.

Las estaciones, subterráneas se construirán por el sistema de cut-and-cover, desde superficie. También es necesaria la construcción de pozos verticales conectados al túnel de ventilación, para ubicar salidas de emergencia y para evacuar posibles filtraciones de agua en el túnel mediante bombeos.

Además, las obras subterráneas son obras excedentes de materiales, por lo que fue necesario identificar botaderos para su vertido, siendo seleccionado como sitio de escombrera un área cercana a la quebrada Batán, próximo al túnel de Guayasamín, si bien existe la posibilidad de que pudieran utilizarse otras escombreras en caso de necesidad.

Además de acopios y zonas de instalaciones auxiliares, se construirá una planta de fabricación de dovelas, que incluye planta de hormigón, zona de taller para preparación de armaduras de acero, zona de vertido del hormigón a moldes, y zona de curado de las piezas prefabricadas.

Finalmente, para la operación de la Primera Línea del Metro de Quito será necesaria la instalación de subestaciones eléctricas que aseguran la alimentación a la línea, así como durante las obras, se requerirán para el funcionamiento de las tuneladoras. Estas instalaciones se incluirán dentro de los recintos de algunas estaciones.

Para el presente análisis se establecieron cuatro fases: preparación, construcción y operación y, cierre y rehabilitación. Independientemente de que en capítulos posteriores las actividades inherentes a la obra puedan ser ampliadas con la finalidad de realizar un análisis más exhaustivo en el tema de impactos, a continuación se procederá a la descripción de las principales.

5.2 Fase de planificación y diseño

5.2.1 Estudios

El Proyecto Primera Línea de Metro de Quito ha ejecutado en esta fase aproximadamente 18 estudios que incluyen áreas de la geología, hidrología, sísmica, sísmica pasiva, hidrogeología, patrimonio cultural, arqueología, de movilidad, etc. A fin de garantizar sustentabilidad del proyecto se incluyen todos los análisis de componentes ambientales integrados en el Estudio de Impacto Ambiental que integra el análisis de viabilidad ambiental correspondiente.

5.2.2 Preparación

Previo a la realización de cualquier construcción se realizarán actividades inherentes a toda la obra y que a continuación se detalla:

- Inspección
- Retiro de propiedades e infraestructuras
- Reubicación de infraestructuras y propiedades
- Adecuación y uso de patios para maquinarias
- Adecuación y uso de instalaciones auxiliares
- Preparación de escombreras
- Adecuación y uso de campamentos
- Abastecimiento de agua, energía y más servicios
- Transporte y almacenaje de materiales

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

5.2.3 Inspección

Se procederá a realizar un recorrido por todo el trazado de la línea del Metro, al igual que los espacios destinados a estaciones y cocheras, 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 las cocheras, estaciones, cuanto a los 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.

5.2.4 Retiro de propiedades y estructuras

Una vez que se haya definido y localizado las propiedades afectadas por la construcción de la obra, se deberá presentar un plan de remoción tanto de la infraestructura cuanto de las edificaciones. Se deberá incluir en el plan las medidas de seguridad y métodos a emplear en los procesos.

No se podrá utilizar en la obra permanente, bajo ningún concepto, ningún elemento recuperable de la infraestructura o de las edificaciones, salvo que fuese para uso provisional.



5.2.5 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. Dichos elementos recuperables serán propiedad de la empresa y los mismos podrán emplearse para obras provisionales relacionadas con el proyecto o para la venta o donación a terceros. En caso de proponer emplear algunos elementos o materiales para las obras provisionales del proyecto, se solicitará la autorización respectiva.

5.2.6 Avalúo de predios afectados por la construcción

En el recorrido de la Primera Línea del Metro de Quito, es necesaria la construcción tanto de estaciones, bocas de metro, áreas auxiliares, talleres y cocheras. Todo este proceso obliga a contar con los espacios necesarios para el efecto; una vez realizado el trazado de la Primera Línea, los predios requeridos para la construcción son de carácter público en la mayoría de los casos y privados en menor porcentaje.

A continuación se establecen los parámetros con los cuales se ha establecido el precio de cada uno de los predios.

5.2.7 Establecimiento de avalúos

El avalúo catastral, es decir, aquél con el cual el municipio de Quito cobra los impuestos prediales, la contribución especial de mejoras, etc., es un valor muy bajo en relación, tanto al avalúo comercial, cuanto al precio real de mercado.

Como es de suponer, los precios varían de acuerdo a la localización del predio, al área del mismo, a la edificación que contenga (en caso de existir), a la infraestructura con que cuente, al estado de las vías de acceso, al equipamiento urbano próximo. Dichos parámetros, a su vez, tienen un valor cualitativo que se traduce finalmente en un valor cuantitativo.

Para efectos de este análisis y al no contar con toda la información del caso, se establece como parámetro de estudio el Valor Comercial, valor que es un término medio entre los constantes en la municipalidad y los precios reales de mercado.

Si bien es cierto, el Código de Ordenamiento Territorial establece la forma de pago para los predios afectados, para el presente cálculo se opta por lo mencionado por no disponer de toda la información pertinente, en especial a las posibles edificaciones y su área.

5.2.8 Definición de áreas

De acuerdo al listado de posibles predios afectados, el análisis principal se centra en la definición del uso a dar a cada uno de los predios, es decir, si se utilizará temporalmente o definitivamente. Si se trata de un predio que va a ser utilizado temporalmente, quiere decir que se deberá proceder al alquiler de ese predio.

En el otro caso, es decir, en la expropiación se debe considerar si se trata de una afectación parcial o total, pues cabe la posibilidad que aún necesitando poca área la afectación imposibilite la subdivisión del predio o que cause la pérdida de la funcionalidad del predio, por tanto, se deberá proceder a la expropiación del mismo de forma total.

5.2.9 Cálculo

A continuación se procede a realizar el cálculo de los valores que se necesitarían para pagar las expropiaciones, si no se lograra un acuerdo con los propietarios a través de las permutas con otros predios.

Para el caso que se analiza, se considera el área del predio total y el valor comercial para el sector donde se éste se halla ubicado. En ese valor por metro cuadrado se halla incluido el costo por metro cuadrado de edificación en caso de que hubiere.

Cabe señalar que este primer análisis es un acercamiento a la realidad y por tanto, los valores finales deben ser utilizados como precios referenciales exclusivamente.



Cuadro 5.2: Avalúo de las propiedades en el área de las estaciones del Metro

ESTACIÓN	CATEG.	Ubicación	ÁREA	Precio por m ²	P. TOTAL
Cochera Quitumbe	Mixto	Parcela limitada por Cóndor Ñan, Ecuatoriana, Rumichaca y Quebrada	60.000,00	120,00	7.200.000,00
Morán Valverde	Privada	Esquina Rumichaca y Cusubamba.	25,00	180,00	4.500,00
Solanda	Privada	Zona Deportiva Norte de Solanda.	8.000,00	120,00	960.000,00
La Magdalena	Mixta	Zona Deportiva (Parqueo)	11.500,00	100,00	1.150.000,00
La Magdalena	Privada	Esquina Calle Namacuro y Pomasqui	70,00	120,00	8.400,00
La Magdalena	Privada	Esquina Calle Namacuro y Pomasqui	25,00	120,00	3.000,00
San Francisco	Privada	Esquina Calle Bolívar y Benalcazar	850,00	350,00	297.500,00
San Francisco	Privada	Esquina Calle Bolívar Y Benalcázar	70,00	350,00	24.500,00
San Francisco	Privada	Esquina Calle Bolivar y Benalcázar	25,00	350,00	8.750,00
Universidad Central	Mixto	Av. América y Recinto Universitario	5.600,00	220,00	1.232.000,00
Plaza de Toros	Privada	Av. 10 De Agosto, El Inca y Amazonas	70,00	350,00	24.500,00
El Rosario	Privada	Aeropuerto y Av. Del Maestro (Campo de Fútbol)	8.000,00	160,00	1.280.000,00
El Rosario	Privada	Esquina Calle Bartolomé de Zamora y Nazacota Puento	70,00	220,00	15.400,00
El Rosario	Privada	Esquina Calle Bartolome De Zamora Y Nazacota Puento	25,00	220,00	5.500,00
Total					12.214.050,00

Fuente: Elaboración propia

Zonas a expropiarse de categoría mixta:

Cuadro 5.3: Avalúo de las propiedades en el área de las estaciones del Metro (II)

ESTACIÓN	CATEG.	UBICACIÓN	ÁREA	PRECIO POR M ²	P. TOTAL
Cochera Quitumbe	Mixto	Parcela limitada por Cóndor Ñan, Ecuatoriana, Rumichaca y Quebrada	60.000,00	120,00	7.200.000,00
La Magdalena	Mixta	Zona Deportiva	11.500,00	100,00	1.150.000,00
Universidad Central	Mixto	Av. América y Recinto Universitario	5.600,00	220,00	1.232.000,00

Fuente: Elaboración propia

5.2.10 Adecuación y uso de patio de maquinarias

En los espacios destinados para el inicio de las obras, para el almacenamiento de las dovelas a instalar y del resto de materiales necesarios para la ejecución de las actividades, es preciso acondicionar una o más superficies no

inferiores a 20.000 m² que se suelen localizar en las inmediaciones del pozo de ataque, deberá procederse a la adecuación de los mismos a fin de dotar de amplias áreas a las maquinarias que en ellas deben permanecer temporal o permanentemente.

Los requerimientos que a continuación se detalla son válidos para todo lo concerniente a utilización de los espacios para almacenaje, distribución y fabricación de materiales, elementos estructurales, maquinarias y equipos, al igual que los espacios destinados a la mano de obra y técnicos.

Las características mínimas requeridas son principalmente un terreno que cuente con las dimensiones e infraestructura que permitan realizar todas las etapas del proceso de construcción, lo siguiente:

- Infraestructura para agua potable, energía eléctrica, hidráulica (base aceite y agua), sanitaria, aire comprimido y vapor.
- Área cercada perimetralmente para protección de instalaciones.
- Almacenes cubiertos para insumos directos y otros de seguridad y mantenimiento.
- Almacenes abiertos para agregados áridos.
- Silos para cemento.
- Cisternas o tanques para almacenamiento de agua con sistemas de bombeo.
- Planta para el premezclado de hormigón.
- Equipos para el bombeo de hormigón.
- Mixer o mezcladoras de hormigón.
- Equipos para el vertido del hormigón (vibradores y otras herramientas).
- Laboratorio para el aseguramiento de calidad de materiales y de productos terminados.
- Grúas y plataformas para el manejo de materiales y producto terminado.
- Espacio suficiente para almacenaje de producto terminado.
- Área para maniobras de carga y descarga de camiones.
- Oficinas equipadas para personal técnico-administrativo.
- Área de oficinas para personal de supervisión.
- Área de bodegas, baterías sanitarias y vestidores para trabajadores.

Previamente a lo anterior se deberá tomar en consideración las siguientes especificaciones técnicas ambientales necesarias para el correcto funcionamiento:

1. Alistar los equipos y materiales necesarios para dar correcto manejo a las aguas de escorrentía, tales como tuberías, filtros y otros.
2. Prohibir el uso de corrientes de agua para remover material suelto o para lavado de maquinaria.
3. Instalar por lo menos una batería sanitaria por cada siete trabajadores.
4. Recolectar grasas, aceites y combustibles residuales en recipientes herméticos, y de ser posible, reciclarlos. Prohibir su quema.
5. Depositar los escombros y desperdicios únicamente en áreas designadas y/o autorizadas.

La planta de hormigón también podrá ser instalada en una plataforma que se encuentre igualmente en la fosa o en la zona del sitio de obras, conforme el espacio disponible y el más conveniente para el contratista. Los materiales podrán ser llevados hasta el sitio de obras en camiones.

5.2.11 Definición de los sitios de escombrera

En esta fase se realiza la evaluación de los posibles sitios a ser ocupados como escombreras, en función de la disponibilidad de áreas autorizadas de uso público, requerimientos específicos para obras públicas y/o privadas y, finalmente, de la identificación de sitios con características apropiadas para ser utilizadas como sitios de disposición de material, en cuyo caso se realizará la coordinación interinstitucional que viabilice la ocupación de dichos espacios, los mismos que serán detallados en el capítulo de Análisis de Alternativas de este EsIA.

5.3 Fase de construcción

5.3.1 Características Generales

A continuación se exponen las características más importantes y los aspectos funcionales esenciales del proyecto.

En total se proyectan 22.639,07 m de los cuales 594,42 m corresponden al túnel de acceso a las Cocheras de Quitumbe.

El PK de inicio de la actuación se sitúa en el PK 10+000, para el túnel de línea, en el inicio de la caja de la estructura de la Estación de Quitumbe. El túnel de acceso a cocheras se desarrolla entre el PK 9+405,58 y el PK 10+000.

En cuanto a las Estaciones, en total se proyectan 15 estaciones y 5 reservas de trazado para posibles futuras estaciones ampliando la población servida. Se establecen los criterios generales de diseño de las estaciones:

ZONA EXTERIOR

- Acceso tipo: escaleras fijas de 3,5 metros de ancho libre.
- Ascensores: se ubicará uno de calle a vestíbulo, en la zona previa al control de acceso.
- Se debe intentar que las rejillas de los pozos de inmisión y compensación no coincidan con aceras o zonas peatonales.

ANDENES

- La cota superior del acabado de los mismos debe estar a 1,075 m y ancho 4,5 m.
- La distancia entre bordes de andén debe ser 6,41 m.
- Se determina como andén de energía el andén izquierdo en el sentido de avance de Quitumbe hacia el Labrador, siendo el otro andén el de comunicaciones.

GENERAL

- Salida de emergencia: toda estación con un solo vestíbulo necesita una salida de emergencia situada en el piñón más alejado de éste. Deberá conectar los dos andenes de la estación con el exterior, donde saldrá a una zona peatonal protegida y señalizada convenientemente.
- Todas las estaciones estarán dotadas de las correspondientes medidas de accesibilidad.
- En las estaciones con subestación éstas tendrán formato de dos planta: planta de celdas y trafos y planta o galería de cables.

Se incluye también la definición de las Cocheras de Quitumbe y su haz de vías. Dentro de los talleres de cocheras se han definido las siguientes áreas:

- Estacionamiento de trenes.
- Mantenimiento
- RCL: Revisiones de Ciclo Largo
- Soplado
- Lavado
- Dresinas
- Puesto Central de Control



▪ Edificio auxiliar

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	KILOMETRACIÓN
TÚNEL DE ACCESO A COCHERAS	
A cielo abierto (Cocheras-Quebrada Ortega)	9+405,68 – 9+524,07
Túnel entre pantallas	9+524,07 – 10+000
TÚNEL DE LÍNEA	
Túnel entre pantallas	10+000,000- 13+000,000
Excavación Convencional	13+000,000 -14+249,147
	19+990,000 – 24+194,854
Tuneladora	14+249,147 – 19+990,000
	24 + 194,854 – 31+549,117

Las características generales del proyecto son:

Longitud total del túnel de línea	22.044,65 m
Túnel a cielo abierto	3.000 m
Túnel con Método de Excavación Convencional	5.048,89 m
Túnel con Tuneladora de 8,43 m de diámetro de perforación	12.880,96 m
Estaciones de nueva construcción con andenes de 115 m (ejecutadas a cielo abierto entre pantallas de hormigón).	15
Cocheras	1
Pozos de ventilación	13
Salidas de emergencia	10
Pozos de bombeo	9
Longitud del ramal de acceso a cocheras	594,68 m

Además de las Estaciones se proyecta el Intercambiador del 24 de mayo.

5.3.2 Número y ubicación de las estaciones

A lo largo del trazado de la ruta propuesta, entre Quitumbe y El Labrador, se han previsto 15 estaciones. No obstante, atendiendo a las diferencias tipológicas de la ciudad, las diferentes densidades de población residente, los núcleos de actividad existente y, por supuesto, para conjugar de modo adecuado la funcionalidad de la línea con la capacidad económica actual, no hay que olvidar que a mayor número de estaciones mayor costo, por lo que se propone que en el tramo de línea entre Quitumbe y El Recreo las estaciones estén más separadas entre ellas, hasta 2 km, mientras que en el tramo norte desde El Recreo hasta El Labrador, la distancia media es aproximadamente 1 km.

Todas las estaciones se han 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.

Las propuestas para 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.

Se realizaron diferentes propuestas que pretenden cubrir las situaciones más significativas que se producen a lo largo del trazado, en particular para las estaciones de Quitumbe, El Recreo, La Magdalena, San Francisco, El Ejido y Jipijapa, así como una propuesta de estación tipo sencilla.

Cada estación es diferente de las demás, sobre todo por su situación en el entorno. Sin embargo, existen varios casos en los que la tipología de algunas de ellas se parece de forma clara. Así, la configuración espacial y constructiva de estaciones como La Magdalena y San Francisco, ambas con tres niveles subterráneos, se ha resuelto de forma similar, aunque los condicionantes del entorno hacen variar la organización de sus accesos.

El diseño de Quitumbe responde a las premisas de poca anchura y baja profundidad de traza. El Recreo dispone de una configuración totalmente singular, que resuelve una serie de situaciones muy concretas. También se ha explicado que El Ejido adopta una forma más alargada de lo habitual para resolver las necesidades concretas del entorno, mientras que la estación más sencilla es la de Jipijapa, con dos niveles subterráneos.

La mayoría de las estaciones de la línea que no se definen en este subcapítulo tienen menores condicionantes en su entorno. De este modo, la configuración y los criterios constructivos de esas estaciones encajan con alguno de los descritos.

La posición de las estaciones en la ciudad, en teoría debe obedecer a criterios de accesibilidad de la población al transporte público. Habitualmente es aceptado que el radio de captación de una estación está entre 600 y 1.000 m. Admitiendo que los recorridos peatonales en superficie se realizan por los lados de una malla cuadrangular, supone un recorrido máximo de 850 y 1.400 m, es decir entre 13 – 20 minutos andando a una velocidad media de 4 km/h. A partir de ese punto se supone que la distancia a recorrer en superficie penaliza notablemente y disuade al posible viajero. Lógicamente esta regla general es muy aproximada y debe ser matizada para cada situación topográfica (pendientes disuasorias), costumbres habituales en la zona y desde luego a la mayor o menor necesidad – oferta de transporte en la zona. En el caso de Quito es muy posible que la distancia peatonal admisible supere ampliamente los 1.000 m.

En general el conjunto de la población actúa siempre minimizando los tiempos de recorrido del trayecto total, es decir, acceso a la estación, recorrido interno, espera en andén, recorrido en tren, salida de estación y dispersión.

Por supuesto, 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 equilibrio 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.

5.3.3 Cocheras y depósitos

Para una eficaz y cómoda operación diaria de una línea de metro, es fundamental poder iniciar el servicio de trenes, a primera hora de la mañana, desde los dos extremos de la línea. El óptimo es disponer el 50% de las unidades en cada punta, de forma que el estacionamiento nocturno de trenes se reparte entre los dos extremos.

En uno de ellos, además, deben situarse los espacios destinados al mantenimiento de trenes en sus ciclos cortos. Para grandes reparaciones y ciclos largos de mantenimiento es necesario disponer un taller, siempre que cuente con las adecuadas conexiones. Para ambas situaciones se ha previsto su ubicación en la estación terminal Quitumbe, donde se propone construir una gran cochera-taller, en la que se podrá estacionar y realizar los mantenimientos de ciclos largos y cortos, así como las grandes reparaciones. La elección de la parcela propuesta, obedece por un lado, a criterios de cercanía a la línea, las conexiones subterráneas largas con las cocheras encarecen notablemente la obra y por otro, atendiendo a criterios de capacidad.

El dimensionamiento y concepción de la cochera se realizará teniendo en cuenta lo siguiente:

1. En una primera fase hay que minimizar las obras e instalaciones a construir para reducir costos. Las zonas de estacionamiento de la cochera estarán cubiertas.
2. La geometría de la cochera debe concebirse de tal forma que sea capaz de acoger, al menos, cuando esté construida en su totalidad, en futuras fases, el mantenimiento del número de trenes que resulte de calcular la línea con intervalos de 2 minutos, así como el estacionamiento del 60% de los trenes que se deriven de dicho escenario. Esta decisión se considera básica para el futuro desarrollo de la Primera Línea del Metro de Quito.
3. Es necesario disponer de una vía de pruebas de al menos 500 m de longitud.

En el extremo norte, tanto en la primera fase como en la segunda, cuando se construya la zona del Aeropuerto y se llegue a La Ofelia, deberá dimensionarse un fondo de saco, sensiblemente horizontal y de capacidad suficiente para acoger el 40% de los trenes de la línea calculados con intervalos de dos minutos.

El trazado de estos fondos de saco permitirá en el futuro una posible prolongación de la línea, en segunda fase hasta la Ofelia y a futuro más lejano una posible prolongación desde esta, tal vez hacia Carcelén.

5.3.4 Accesibilidad

Es común en todos los grandes Metros del mundo que el aspecto más valorado por los viajeros, sea la rapidez en el viaje. No es extraño que sea así, la rapidez y la seguridad son la esencia y razón de ser del Metro en las grandes ciudades. De hecho, cuando se calculan las externalidades que produce el sistema, el ahorro en el tiempo de viaje es el concepto que más influye.

Seguridad y rapidez, pero también hoy en día comodidad.

Una vez que un ciudadano ha tomado la decisión de acceder al sistema de transporte subterráneo, se encontrará con que su viaje se divide en tres partes, un recorrido horizontal en los trenes entre la estación de acceso y la de destino y 2 viajes verticales, de entrada y salida, en las dos estaciones de inicio y fin del viaje.

La rapidez del viaje horizontal depende básicamente del trazado de la línea y de las características que tenga el material móvil y el sistema de señalización ferroviaria, así como de la capacitación técnica del operador.

Los viajes verticales responden fundamentalmente al diseño de la estación y a la profundidad a la que estén sus andenes desde la superficie. Una profundidad excesiva puede hacer que la estación sea un espacio tan disuasorio, que no se utilice. Es cierto que las ayudas electromecánicas pueden paliar hasta cierto punto este hándicap, pero también son, por un lado, muy costosas de implantar y mantener y por otro, si la estación es muy profunda, se crea una dependencia absoluta de dichas ayudas para poder usar la estación. Por tanto en los diseños propuestos para las estaciones se ha intentado siempre mantener la menor profundidad posible.

La concepción de las estaciones obedece también a que deben ser accesibles, prácticamente a cualquier persona que lo requiera, sea cual sea su condición. Más allá de la aplicación de normativas más o menos estrictas sobre accesibilidad de minusválidos, los diseños propuestos garantizan, por medio de ascensores, el acceso al sistema de personas con movilidad reducida.

Figura 5.2: Ascensor interior de estación con encaminamiento



Fuente: Metro Madrid. Ascensor interior de estación con encaminamiento

Este criterio, tendente a la accesibilidad universal, marca notablemente la concepción tipológica de las estaciones, ya que siempre es necesario que haya una relación vertical posible entre la calle y los vestíbulos y entre estos y los andenes.

Respecto a la otra gran ayuda técnica al viaje vertical, las escaleras mecánicas, el criterio propuesto ha sido que en general, cualquier cambio de nivel significativo, por encima de 4 m, esté diseñado y construido de tal forma que puedan implantarse en algún momento escaleras, tanto de subida como de bajada.

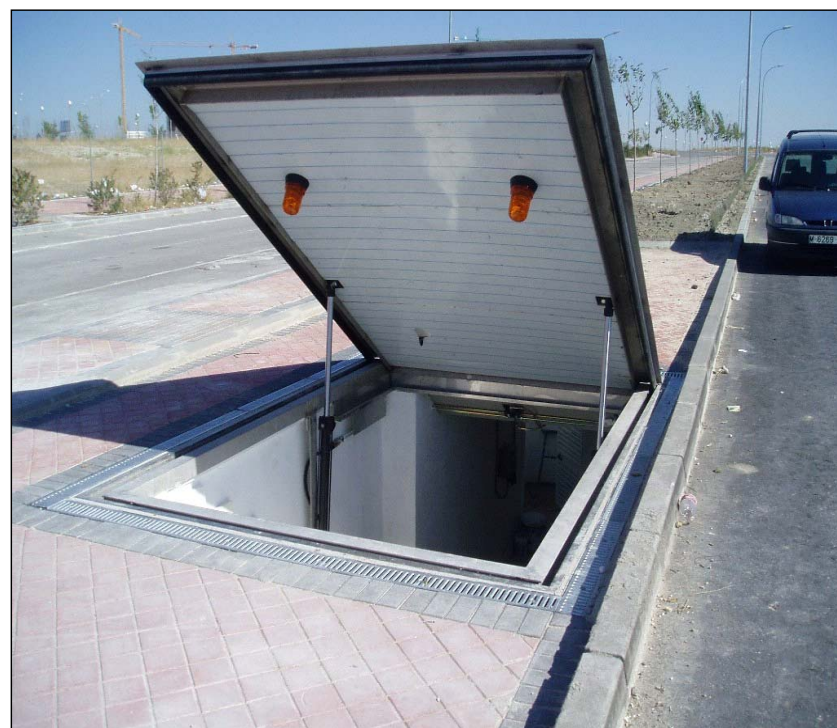
5.3.5 Seguridad funcional

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.

Figura 5.3: Salida de emergencia en un tramo de túnel



Fuente: Metro Madrid. Salida de emergencia en un tramo de túnel

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.

Figura 5.4: Ocupación de una salida de emergencia



Fuente: Metro Madrid. Ocupación de una salida de emergencia

5.3.6 Materiales de construcción

La zona del proyecto tiene algunas fuentes para la provisión de materiales de construcción.

En las cercanías del proyecto se encuentran la mina de lastre y planta de hormigón asfáltico de la Compañía Herdoíza Crespo y la Hormigonera Quito las cuales se encuentran a 1.000 m y 1.500 m al este de la Plaza Argentina, pero existe prohibición del municipio para la explotación.

Las fuentes de materiales que sirven a Quito se encuentran en los siguientes sitios.

1. Pomasqui-San Antonio-Calderón: canteras, de lavas, brechas y aglomerados
2. Chillotallo: canteras de aglomerados y brechas
3. Pita-San Pedro: minas de depósitos aluviales y laharíticos
4. El Batán: canteras de lavas, aglomerados y brechas
5. Pifo-Píntag: canteras de lavas y brechas

Las canteras de Pomasqui-San Antonio-Calderón tienen problemas de explotación por regulaciones de medio ambiente, en cuanto a la calidad se necesita un control muy riguroso.

Las canteras de Chillotallo, también tienen problemas en cuanto a los permisos de explotación, por otra parte el transporte e ingreso de vehículos cargados hasta el sitio del proyecto es muy largo y problemático.

La explotación de los materiales aluviales de los ríos Pita y San Pedro se ve complicada por los conceptos de volumen y calidad (exceso de finos) de los materiales para hormigón.

La provisión de materiales desde las canteras de El Batán o Guápulo tiene problemas por el esquema actual de explotación, aunque el volumen y calidad de los materiales es bueno.

Entre las canteras de Pifo-Píntag es importante la denominada Paluguillo cuya explotación y preparación está a cargo de la Compañía Agregados Rocafuerte, ubicada aproximadamente a 30 km hasta la zona del proyecto; la infraestructura, calidad y cantidad de materiales es buena.

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.

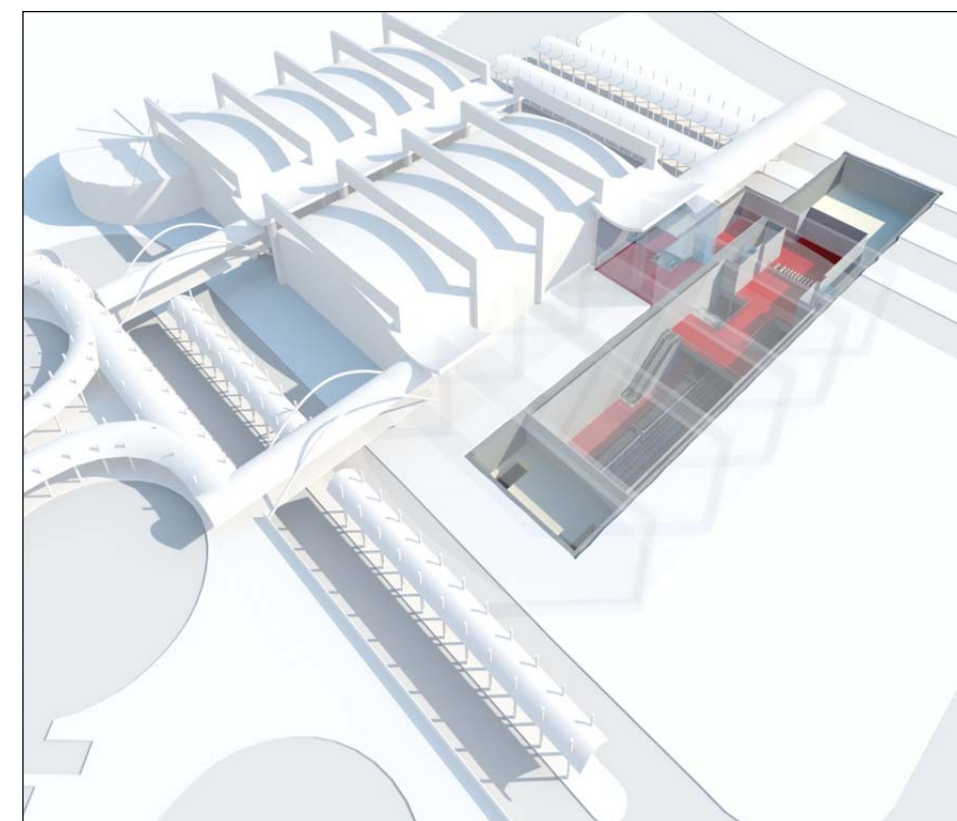
5.3.7 Descripción del Trazado de Ruta y Estaciones

A continuación se realizará una breve descripción aproximada del trazado de la ruta y el detalle de las estaciones.

El trazado seleccionado para la Primera Línea del Metro de Quito parte de la terminal terrestre de Quitumbe, donde se ubica el área de cocheras y estacionamientos. Toma la calle Pumapungo hasta llegar a la Estación de Quitumbe. Una vez cruzada la quebrada Ortega alcanza la avenida Rumichaca. En el cruce de ésta con la Av. Amaru Ñan se realiza una reserva de trazado (alineación recta y horizontal) para una posible futura estación.

En la siguiente figura se aprecia una simulación de la Estación de Quitumbe y fotografías del área de ubicación.

Figura 5.5: Estación de Quitumbe junto al terminal terrestre



Fuente: UNMQ

COORDENADAS UTM ESTACION QUITUMBE

X=493796,69 Y=9967256,76



Fuente: Elaboración Propia.

Siguiendo por Rumichaca, se llega al cruce con la Av. Morán Valverde, donde se ubica la Estación 2 Morán Valverde. En la siguiente fotografía se puede apreciar la zona en la que se ubicará la estación.

Figura 5.6: Estación Morán Valverde



Fuente: Elaboración Propia.

COORDENADAS UTM ESTACION MORAN VALVERDE X=494575,16 Y=9968951,22

El trazado sigue por Rumichaca hacia Solanda, cruzando bajo una zona de edificaciones hasta llegar a una zona deportiva junto a la calle Venancio Estandoque, donde se ubicaría la Estación 3 (Solanda). Corresponde a un parque recreacional con canchas de tierra de la liga barrial de Solanda y un pequeño parque para hacer deporte. Gran afluencia de personas y tráfico fluido.

Figura 5.7: Estación Solanda



Fuente: Elaboración Propia.

COORDENADAS UTM ESTACION SOLANDA X=495999,67 Y=9970601,55

Desde aquí gira al oeste para alcanzar la avenida Cardenal de La Torre. Un poco antes del cruce de esta calle con Teniente Hugo Ortiz se ubica la Estación 4 (El Calzado). Corresponde a pequeñas áreas verdes de las canchas de la Av. Cardenal de la Torre; en una de ellas los jóvenes de la zona juegan "Pelota de Tabla Nacional", juego antiguo posiblemente prehispánico.

Figura 5.8: Estación El Calzado



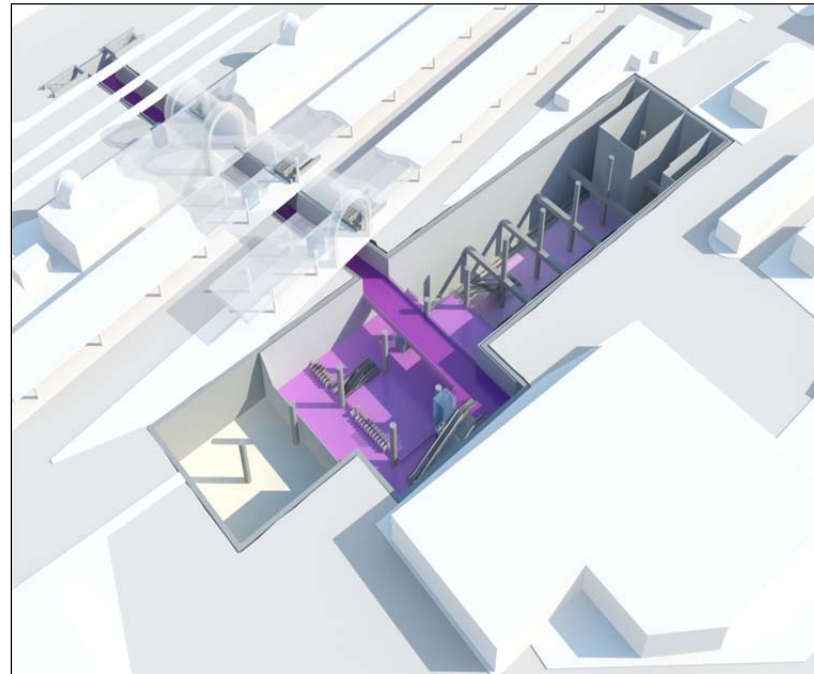
Fuente: Elaboración Propia.

COORDENADAS UTM ESTACION EL CALZADO X=496287,99 Y=9971508,71

Al salir de esta estación gira al este, atraviesa el barrio 1 de Mayo y cruza bajo el río Machángara para llegar a la terminal de El Recreo por el este, situando ahí la Estación 5.

En la siguiente figura se presenta una simulación de la Estación El Recreo, así como unas fotografías del entorno.

Figura 5.9: Estación Intermodal El Recreo



Fuente: UNMQ



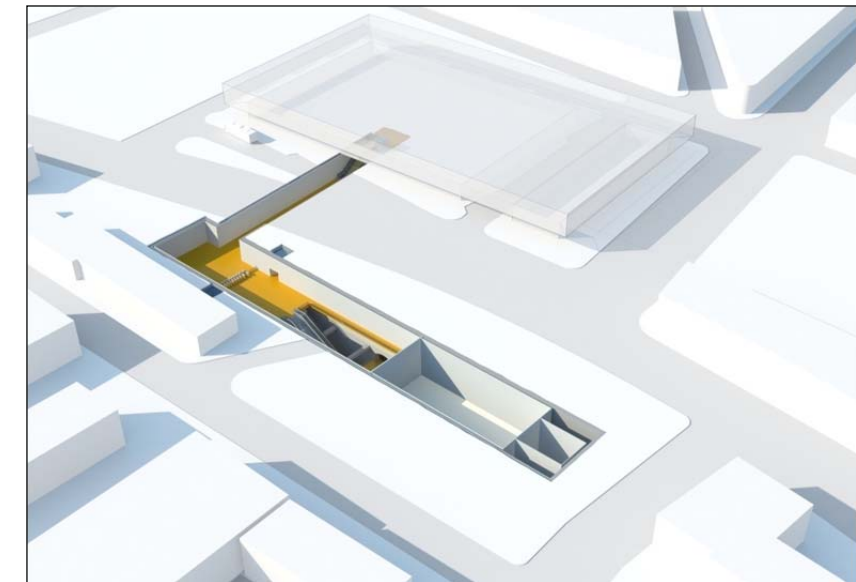
Fuente: Elaboración Propia.

COORDENADAS UTM ESTACION EL RECREO X=497669,33 Y=9972054,82

Siguiendo por la vía, el trazado llega a la Av. Rodrigo de Chávez. Siguiendo por ésta, se llega a la altura de las áreas deportivas (donde entrena el Nacional) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, donde se sitúa la Estación 6 (La Magdalena).

En la siguiente simulación se presenta una figuración de la citada estación, así como una serie de fotografías del entorno.

Figura 5.10: Estación Intermodal La Magdalena



Fuente: UNMQ



Fuente: Elaboración Propia.

COORDENADAS UTM ESTACION
MAGDALENA
X=497283,08
Y=9973572,91

Desde aquí se gira al norte para pasar próximo a El Panecillo y llegar a la plaza de San Francisco, donde al sur de la plaza se ubicará la Estación 7 que servirá a todo el Centro Histórico. Este espacio es de gran importancia

arqueológica, histórica y cultural y por ende de gran atractivo turístico, lo que hace que se hayan cuidado especialmente las consideraciones en relación al diseño.

En primer lugar, la disposición de la estación en el sentido longitudinal de la plaza, permite que la excavación necesaria para la ejecución a cielo abierto de la estación no afecte a los edificios.

Por otro lado, con el fin de evitar la aparición en la plaza de elementos tales como escaleras o templete de ascensor, se propone la ubicación del acceso a la estación bajo el edificio situado en la esquina de la plaza con la calle de Sucre. Para lograr este propósito, se hace necesaria la intervención sobre la cimentación y la planta baja de dicho edificio.

En la siguiente simulación se presenta la citada estación, así como fotografías del entorno.

Figura 5.11: Estación de San Francisco



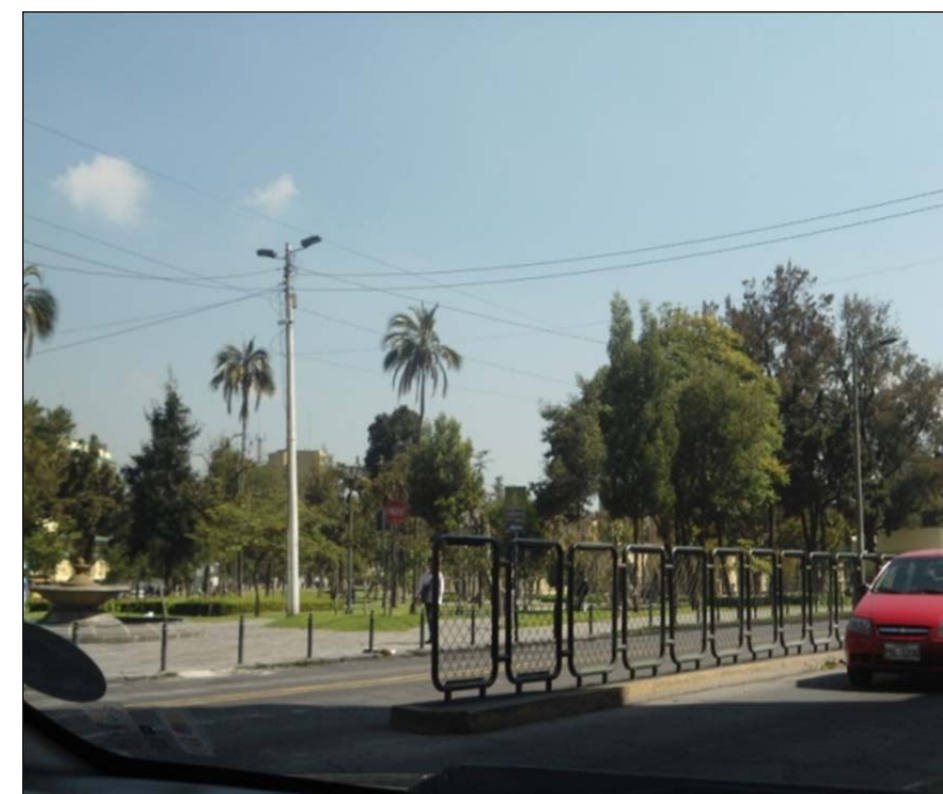
Fuente: UNMQ

Fuente: Elaboración Propia.

COORDENADAS UTM ESTACION SAN FRANCISCO X=498354,84 Y=9975565,07

El trazado continúa en dirección norte por el entrono de la calle Manabí, girando al este al pasar ésta para llegar al sur del parque La Alameda, donde se ubicaría la Estación 8, alineada con la Av. Gran Colombia. Toda la zona es netamente comercial, existen casas coloniales típicas de la zona, es de muy fácil acceso a los transeúntes ya que pasan la mayoría de buses destinados a la zona.

Figura 5.12: Estación La Alameda



Fuente: Elaboración Propia.

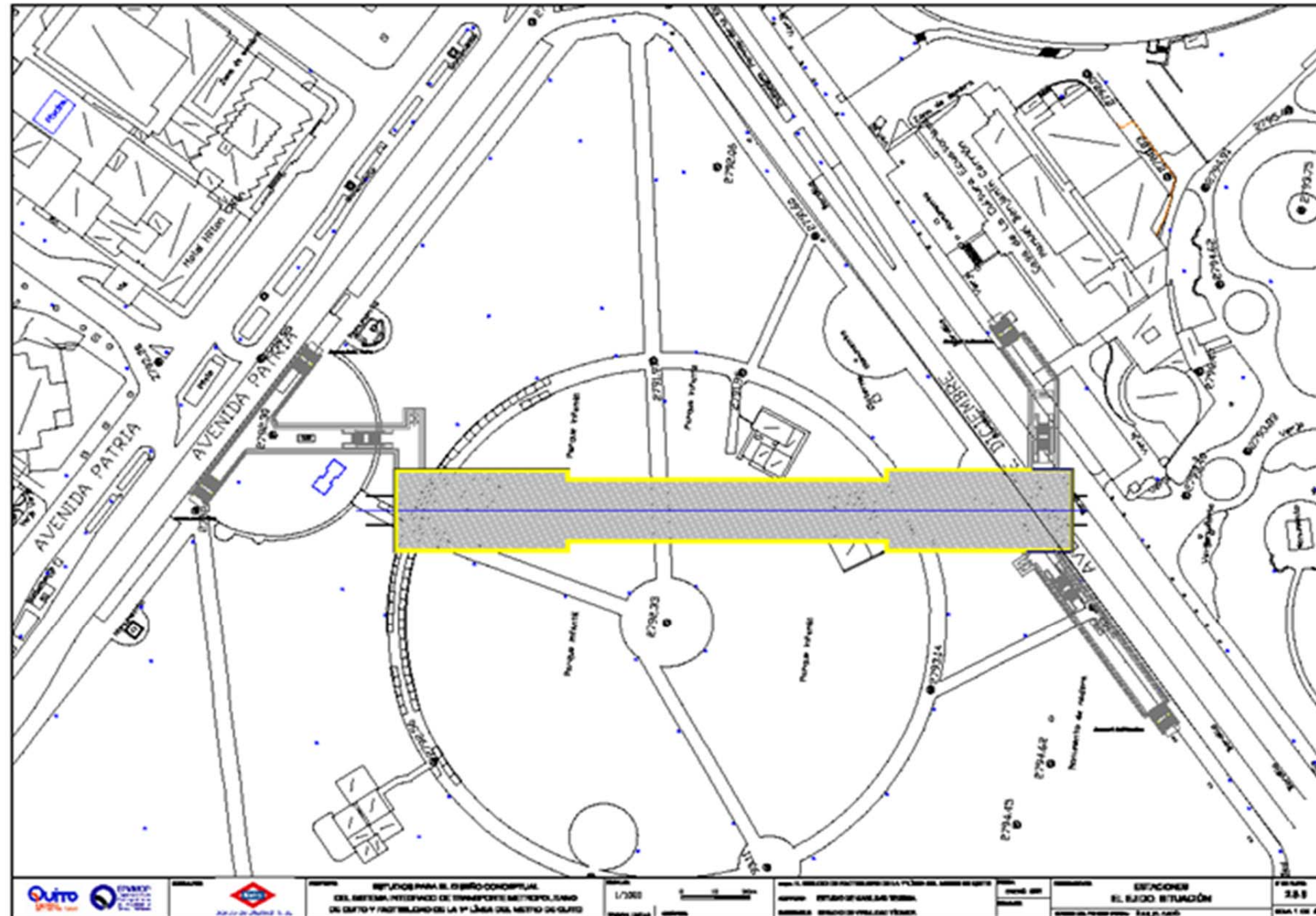
COORDENADAS UTM ESTACION LA ALAMEDA X=499850,49 Y=9976223,11

A partir de aquí el trazado gira al oeste para llegar al parque de El Ejido, donde se ubicará la Estación 9 que, en un futuro, podría servir de intercambio con las líneas de autobuses que se dirigen a los valles. Esta estación, orientada hacia la Av. Alfredo Pérez Guerrero, sirve a La Mariscal y al entorno de la Casa de la Cultura. Este parque es un espacio en los que se encuentran dos monumentos a poetas extranjeros, además, lo usan artistas nacionales y extranjeros para exhibir obras de arte –esculturas y pinturas-. Gran afluencia en la circulación vehicular y de ciudadanos. Cabe recalcar que los árboles que se encuentran aquí son considerados de gran porte.

La estación se sitúa bajo el parque, con un diseño alargado que pretende acercar sus accesos a las distintas zonas o puntos de interés.

En la siguiente figura se aprecia la ubicación de la citada estación.

Figura 5.13: Accesos Estación La Alameda



Fuente: UNMQ

A partir de esta estación, el trazado discurre en dirección norte por las proximidades de la avenida Pérez Guerrero y la avenida de América, en cuyo entorno se localiza la estación El Ejido.

En las fotografías que se presentan a continuación se refleja la ubicación de la citada estación

Figura 5.14: Estación El Ejido



Fuente: Elaboración Propia.

COORDENADAS UTM ESTACION EL EJIDO X=500284,66 Y=9976849,06

Junto a la Universidad Central del Ecuador se situará la Estación 10 (Universidad Central), que también permitiría el intercambio con el Corredor Central Norte (CCN) del Trolebús, que tiene parada junto al Seminario Mayor San José.

Figura 5.15: Estación Universidad Central



Fuente: Elaboración Pública.

COORDENADAS UTM ESTACION UNIVERSIDAD CENTRAL X=499903,09 Y=9977956,20

Tras salir de esta estación, el trazado se dirige hacia la Av. Eloy Alfaro, por la que discurre hasta llegar a la Estación 11 (La Pradera).

Figura 5.16: Estación La Pradera



COORDENADAS UTM ESTACION LA PRADERA

X=500806,55

Y= 9978501,62

Fuente: Elaboración Pública.

Saliendo de la Estación 11, el eje sigue por la Av. Eloy Alfaro y gira al norte para tomar la Av. Amazonas, por la que discurre hasta llegar a la zona sur del Aeropuerto Mariscal Sucre. En este gran tramo se sitúan el resto de estaciones: La Carolina, Iñaquito, Jipijapa y por último El Labrador.

Figura 5.17: Estación La Carolina



COORDENADAS UTM ESTACION LA CAROLINA

X=501601,49

Y=9978963,66

Fuente: Elaboración Pública.

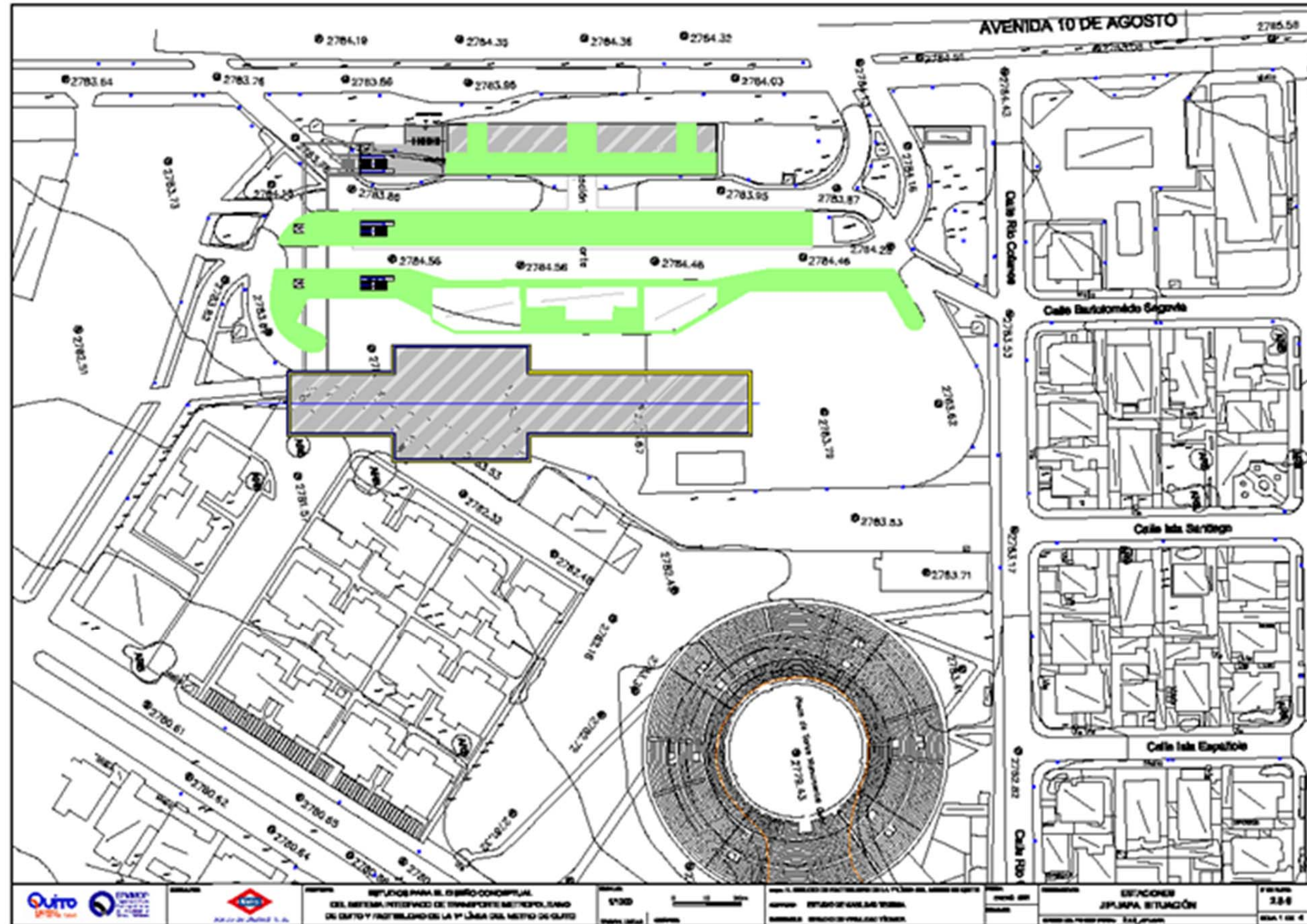
Figura 5.18: Estación Iñaquito



COORDENADAS UTM ESTACION IÑAQUITO X=501841,37 Y=9980415,12

Fuente: Elaboración Pública.

Figura 5.19: Estación Jipijapa



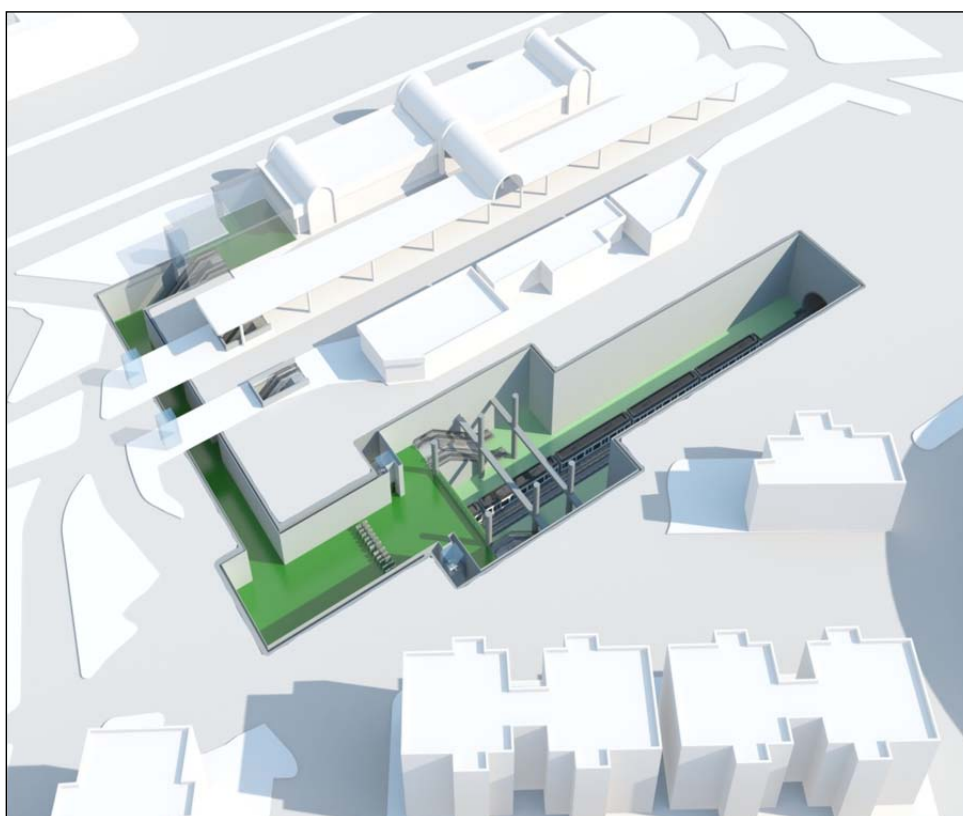
COORDENADAS UTM ESTACION JIPIJAPA X=501818,95 Y=9981751,58

Fuente: UNMQ



Fuente: Elaboración Pública.

Figura 5.20: Estación Intermodal El Labrador



Fuente: UNMQ



Fuente: Elaboración Pública.

COORDENADAS UTM ESTACION EL LABRADOR X=501598,57 Y=9982773,89

Como se ha podido apreciar cada estación es diferente de las demás, debido sobre todo a su situación en el entorno. Sin embargo, existen varios casos en los que la tipología de algunas de ella se parece.

5.3.8 Descripción de Cocheras y Talleres

El establecimiento de un sistema metropolitano de transporte, requiere de un lugar adecuado para las revisiones, reparaciones, estacionamiento y limpieza de los trenes. Este lugar, las cocheras, se dimensionan en función de la capacidad máxima de material móvil previsible en el funcionamiento, y su ubicación debe ser con preferencia en las cabeceras de línea.

Figura 5.21: Imagen de cocheras y talleres



Fuente: Metro Madrid. Vista aérea de una cochera

Dentro de una cochera convencional, se pueden encontrar las siguientes zonas claramente delimitadas:

- Vial de acceso a la cochera
- Nave de estacionamiento
- Nave de mantenimiento
- Edificios de instalaciones y personal

La distribución de estas áreas o zonas, aunque con algunos condicionantes, se pueden distribuir adaptándose en mayor o menor medida a la configuración del terreno disponible. Por ejemplo, las áreas de lavado, soplado y dresinas, podrían plantearse como áreas separadas del cuerpo principal de la cochera.

El área o zona de mayor dimensión es la de estacionamiento, que se dimensiona en función de la máxima capacidad de material móvil necesario para la operación de la línea. A efectos de este proyecto se ha convenido en establecer una sola área de cocheras y talleres, compuesta por todas las áreas de trabajo enumeradas anteriormente en las inmediaciones de la estación terminal Quitumbe.

5.3.9 Descripción funcional

El **vial de acceso**, es un paso para los vehículos privados y las personas que acceden a la cochera desde la vía pública, y que normalmente se dispone perimetral a la cochera.

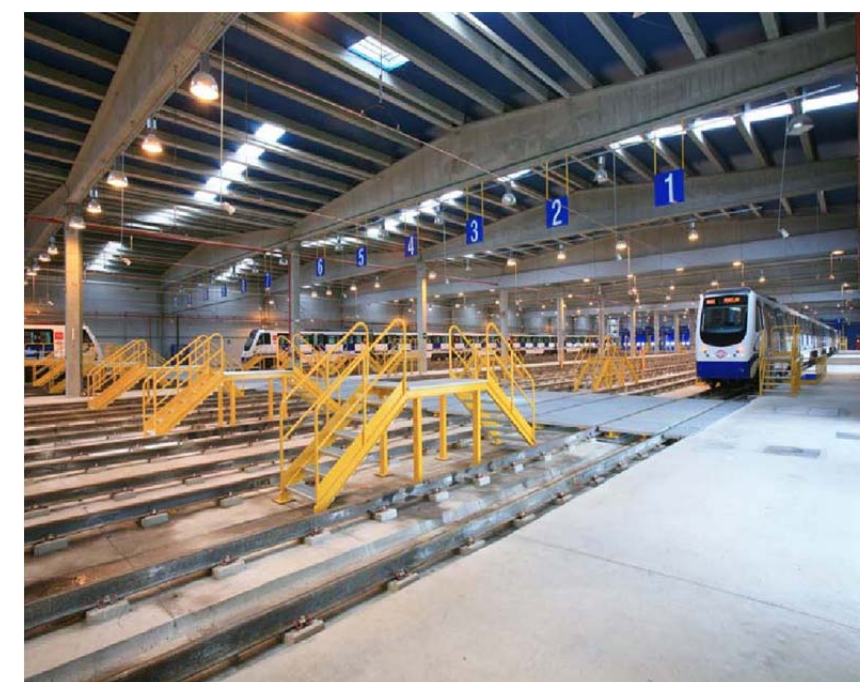
La **nave de estacionamiento** está destinada al depósito de los trenes, bajo techo, durante las horas del día en las que no existe circulación en la línea.

Al final de las vías de estacionamiento se colocan unas toperas de hormigón armado con un tope en su cara exterior, cuya función es la de reducir, en la medida de lo posible, la fuerza del impacto del tren en caso de choque por accidente.

Además se disponen unas plataformas metálicas, denominadas púlpitos, para posibilitar la subida y bajada de los conductores al tren. Dichos púlpitos se colocan en todas las entrevías, a la altura de la cabina de conducción, tanto en la cabeza como en la cola del tren.

Igualmente, en la nave de estacionamiento se destinan una o dos vías para el lavado manual de trenes, indistintamente de si la cochera posee tren automático de lavado o no. En estas vías se procede al lavado de aquellas zonas del tren que deben ser lavadas con cierta periodicidad o que el túnel automático no es capaz de lavar. Para realizar esta tarea se dispone una pasarela por cada lado del tren, a lo largo de toda la vía para que el operario pueda acceder a cualquier parte del tren para su limpieza. Cuenta con una línea de agua potable, una línea de aire comprimido y una línea de energía, con tomas para cada unidad de tren.

Figura 5.22: Imagen de interior zona talleres

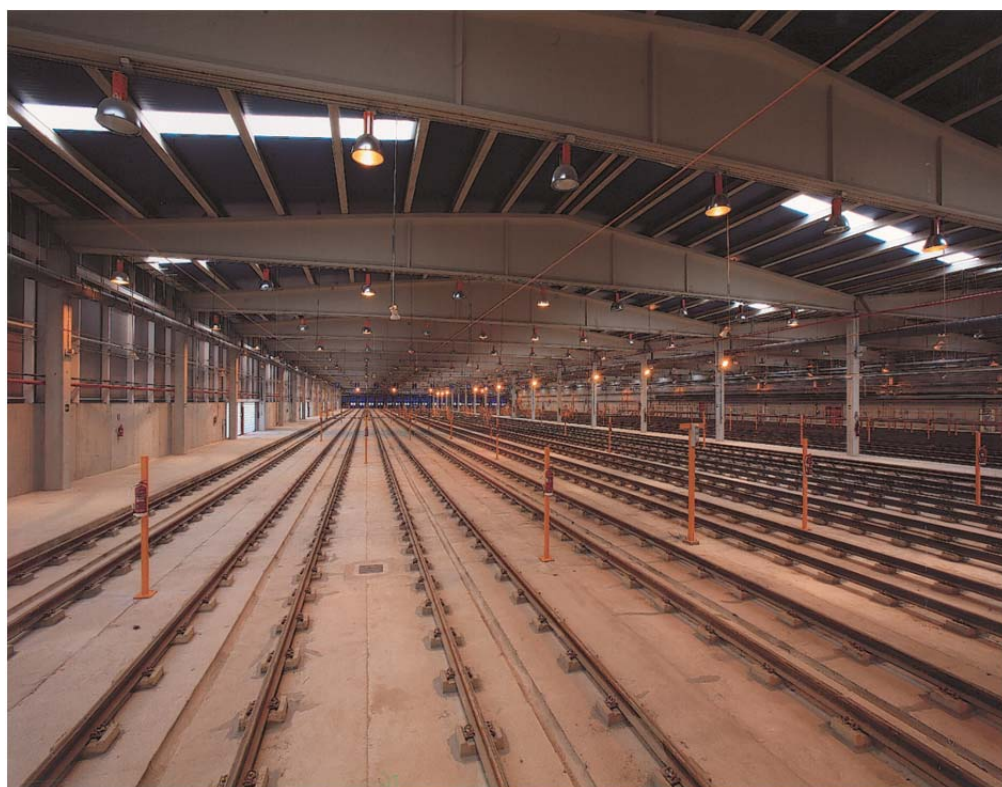


Fuente: Metro Madrid

La nave de estacionamiento está dotada de las instalaciones necesarias para su correcto funcionamiento: iluminación y fuerza, hidrantes interiores para la extinción de incendios, tomas de aire comprimido y de agua potable, etc.

La **nave de mantenimiento** es en la que se realizan las operaciones de revisión y reparación de equipos y, por lo tanto, el mantenimiento de las unidades del Metro.

Figura 5.23: Imagen de nave de mantenimiento



Fuente: Metro Madrid

Las vías de la zona de mantenimiento se disponen sobre pilares, ya que facilitan el acceso a los bajos del tren, a los operarios encargados del mantenimiento.

En casos especiales, se puede disponer una vía para Revisiones de Ciclo Largo (RCL). Dicha vía está dotada de 12 fosos, que albergan unos elevadores hidráulicos, cuya misión es levantar el tren completo para su revisión. En este caso, aquella zona de la vía que no disponga foso, se realizará estuchada.

Es normal dotar a todas las vías de mantenimiento de unas pasarelas metálicas, corridas a lo largo de toda la vía, para posibilitar el tránsito de los operarios a lo largo de todo el tren. Dichas pasarelas metálicas normalmente se hacen a la altura del techo del tren, aunque existen ocasiones que también se hacen a nivel de piso de la unidad, para poder acceder a todos los vagones. El motivo de realizar las pasarelas a nivel del techo del tren, es facilitar un acceso sencillo a los pantógrafos y aparatos de aire acondicionado del tren, para su revisión y reparación.

Figura 5.24: Imagen de nave de mantenimiento



Fuente: Metro Madrid

Igualmente se disponen dos mesas girabogies en dos vías consecutivas, cuya función principal es posibilitar el cambio de vía, de una manera perpendicular, de los bogies que componen una unidad.

Se facilita un acceso de camiones desde el vial de la cochera a la nave de mantenimiento, para efectuar las labores de carga y descarga de materiales.

Normalmente, adosado a la nave de mantenimiento, se suele construir un almacén, que sirve de stock para las piezas nuevas que se utilizan en la reparación de los trenes, y como depósito de las piezas usadas, hasta su transporte.

Asimismo, la zona de mantenimiento de trenes, se suele dotar de un puente grúa que abarque todas las vías cuya función es la de desmontaje y transporte de aquellas piezas que resultan demasiado pesadas.

Figura 5.25: Imagen de nave de mantenimiento



Fuente: Metro Madrid

Esta nave se complementa con otras secundarias destinadas a tareas más específicas: nave de revisión de ciclo largo (con una vía que permite de un convoy entero sobre gatos hidráulicos para la revisión integral), nave de tornos (con una vía destinada al torneado de ruedas), nave de lavado (con un túnel de lavado automático), nave de soplado (con un foso de grandes dimensiones para limpieza de los bajos de los trenes), nave de dresinas y muelle de carga. Formalmente estas naves pueden encontrarse incorporadas a la nave de mantenimiento o en edificios independientes, en función de la disponibilidad de espacio.

La nave se dota de las instalaciones necesarias para su correcto funcionamiento: climatización del recinto, iluminación general de la nave y específica de los fosos y pasarelas, tomas de agua potable y aire comprimido, así como los medios mecánicos de elevación necesarios para transportar las piezas pesadas.

Además de las naves descritas con anterioridad se construyen los **edificios de instalaciones y personal** necesarios que completan la estructura de una cochera convencional y posibilitan su buen funcionamiento. Son los únicos que no están destinados a material ferroviario, sino a albergar oficinas, despachos, vestuarios, instalaciones y cuartos técnicos.

Dichos edificios se clasifican en:

- Edificio de acceso y control: dicho edificio tiene como misión principal, la vigilancia del acceso de los vehículos y personal a la cochera. Además recoge toda la información proveniente del circuito cerrado de televisión.
- Edificio de aseos y vestuarios
- Edificio de oficinas y despachos
- Edificio de instalaciones: las instalaciones más frecuentes para el correcto funcionamiento de las cocheras son:
 - Sala de calderas: posibilitan la calefacción de la nave de mantenimiento y de la generación de agua caliente para vestuarios y aseos
 - Cuarto de comunicaciones
 - Cuartos eléctricos, que generan y transforman la energía suficiente para el abastecimiento de las necesidades de la cochera.
 - Sala de climatización: En este cuarto se colocan los climatizadores necesarios, para la correcta climatización de la nave de mantenimiento y despachos.
 - Cuarto de enclavamiento
 - Cuarto de compresores: aquí se instalan los aparatos de aire comprimido, que posibilitan el mantenimiento de los trenes
 - Cuarto de dispensación de grasas y aceites
 - Cuarto de baterías
 - Aljibe: depósito de agua, que garantiza el suministro de la misma, en caso de incendio.

Finalmente, y siempre que la configuración de la parcela lo permita, de la playa de vía se desvía un ramal independiente destinado a vía de pruebas, en la que los trenes alcanzan velocidades similares o superiores a las de servicio.

5.3.10 Dimensionamiento

En el caso particular del presente proyecto, se establecen 4 hitos que permitirán, con el fin de minimizar el costo de las obras y adecuarlo al desarrollo de la línea, proponer un desarrollo inicial y una ampliación posterior de las cocheras.

Los hitos establecidos a efectos de las cocheras son los siguientes:

HITO 1	año 2015 Construcción FASE I
HITO 2	año 2020 Construcción FASE II
HITO 3	año 2030 Operación
HITO 4	año 2040 Operación

Aunque la demanda establecida se ha estudiado para composiciones de trenes de 5 coches (90 m.) las cocheras se dimensionarán (con el fin de disponer de un colchón ante un posible aumento de la demanda prevista) para composiciones de trenes de 6 coches (110 m.)

En la Fase I de construcción, la ubicación del taller central junto al centro de mando, se sitúa en la zona más al sur de la línea después de la estación de Quitumbe, en una parcela limitada por la av. Cóndor Ñan, Rumichaca, Vía Ecuatoriana y una quebrada. Se estima una necesidad de espacio de aproximadamente 5 ha de las cuales 1,5 ha serán destinadas a la implantación de la playa de vías que distribuye el material móvil a todas las áreas. Dichos talleres, además del edificio auxiliar y el centro de mando se compondrán de las siguientes vías para estacionamiento (Fase I de construcción):

- 4 vías de mantenimiento (revisión ciclo corto)
- 2 vías de mantenimiento (revisión ciclo largo)
- 1 vía de lavado
- 1 vía de soplado
- 3 vías para dresinas y muelle de carga

El dimensionamiento de estos talleres y su adaptación al terreno disponible, es posible que obligue a que alguno de los módulos de lavado soplado y/o dresinas se construya separado del cuerpo central del taller.

Durante esta primera fase, el estacionamiento en la cabecera norte se efectuará en un fondo de saco sensiblemente horizontal de unos 750 m para albergar 7/9 trenes, situado a continuación y al norte de la estación de Jipijapa.

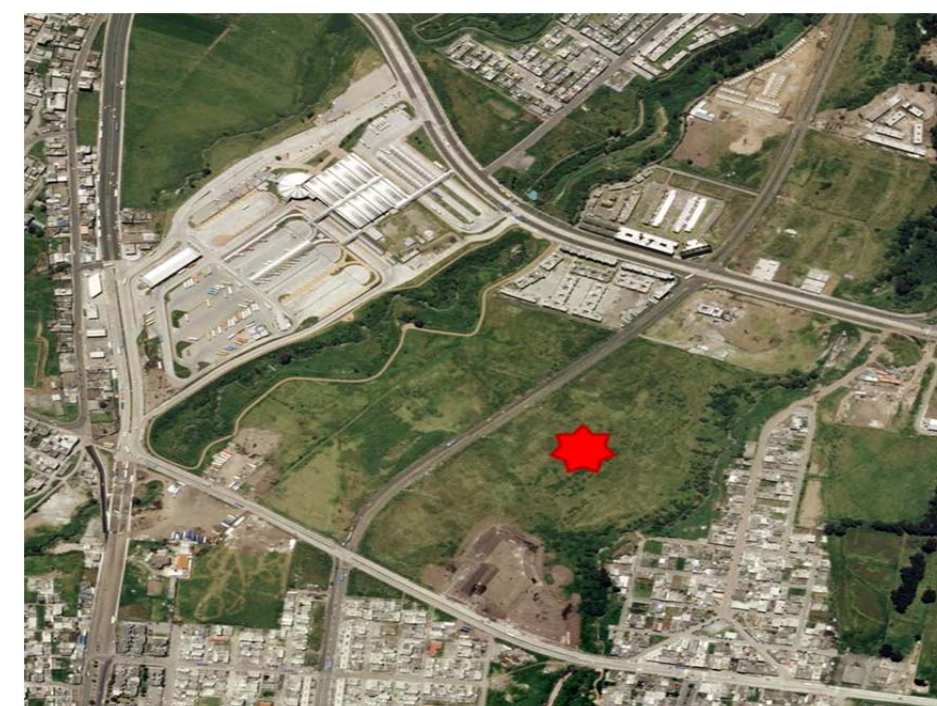
Durante la fase de operación, después de la ejecución de la segunda fase de construcción, cuando se construya la zona del aeropuerto y se llegue a la estación de La Ofelia (lo que se ha denominado hito 2), los trenes serán estacionados en su cabecera sur en los talleres centrales de Quitumbe, que no sufrirán ninguna ampliación en esta fase, y en su cabecera norte en una zona de estacionamiento y con una capacidad máxima para 12 trenes.

Es durante el tercer hito, correspondiente a un aumento de demanda en la operación, cuando se procedería en los talleres centrales de Quitumbe, para conseguir una capacidad total de estacionamiento de 24 vías. Con esta ampliación queda cubierta e incluso sobredimensionada la capacidad de estacionamiento.

5.3.11 Ubicación

Una vez identificadas las necesidades de espacio (y forma) de la cochera, se realizó una búsqueda de parcelas, a ser posible de propiedad municipal, que ubicadas lo más próximas a las estaciones terminales de la línea, cubrieran los requerimientos establecidos.

Figura 5.26: Ubicación tentativa para la cochera de Quitumbe



Fuente: Elaboración propia

Como propuesta preliminar, se propone ubicarla en la parcela no edificada ubicada entre las avenidas Cóndor Ñan, Rumichaca, vía Ecuatoriana y una quebrada.

Esta cochera se comunica con la estación de Quitumbe a través de un túnel que pasa por debajo de la zona de estacionamiento de la Terminal Terrestre, para girar al este y salir a superficie una vez cruzada la Av. Rumichaca.

5.3.12 Diseño Básico del Sistema de Instalaciones

A continuación se describen cada uno de los sistemas que forman parte de las instalaciones ferroviarias para la puesta en servicio de la Primera Línea del Metro de Quito. 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.

Características Generales del Proyecto

El proyecto Primera Línea del Metro de Quito se define como un sistema abierto a las diversas tecnologías que, cumpliendo los requerimientos funcionales solicitados al mismo, se adapten mejor a las características de la infraestructura de la línea, intervalo de explotación, composición de los trenes, condiciones ambientales, velocidad comercial, regulación de las circulaciones y operatividad de la línea y que costará de los tres subsistemas siguientes:

- Subsistema de señalización de respaldo en Línea y Depósito: constituido por los enclavamientos y el equipamiento de vía, será el encargado de garantizar la seguridad, en la realización, control y supervisión de los itinerarios, así como localizar los vehículos tanto en Línea como en Depósito. Se han definido un total de cinco enclavamientos principales para el control de las instalaciones (cuatro en la línea y uno para control del Depósito).
- Subsistema de A.T.C. (Control Automático Del Tren). Este subsistema, que se instalará en el conjunto de la línea estará basado en un equipamiento de:
 - A.T.P. vía-tren con transmisión continuo de datos (unidireccional o bidireccional en función de la tecnología seleccionada), que será el encargado de garantizar la seguridad de las circulaciones, impidiendo que se produzcan incidentes por alcances o exceso de velocidad, mediante el control permanente de la velocidad del tren.
 - A.T.O. vía-tren, que permita la operación automática de tren en modo semiautomático.
- Subsistema de Supervisión Automática de Trenes (A..T.S.). Es el subsistema encargado de monitorizar y gestionar desde el P.C.C. (Puesto de Control Central) la operación general del sistema de señalización y A.T.C. Estará compuesto de:
 - Módulo de C.T.C. (Control de Tráfico Centralizado) que gestionará el mando, control y supervisión del sistema, así como el seguimiento de los trenes a lo largo de la línea, control de alarmas, reproducción de eventos, etc.
 - Módulo de Regulación, que a través de la señalización de respaldo y en combinación con las marchas en interestaciones transmitidas a través del A.T.O., permita gestionar la explotación de la línea, regularizando los intervalos de operación y optimizando el consumo energético.

No se incluyen en este proyecto los elementos comunes a instalar en la sala de operaciones del P.C.C. (que forman parte de un proyecto de Puesto de Control Central) como son, puestos de operador, mobiliario, "videowall", red de comunicaciones, etc. Si se incluyen los servidores y equipos correspondientes al subsistema A.T.S.

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 Primera Línea del Metro de Quito tendrá una longitud total de 22 km., entre las estaciones de Quitumbe y El Labrador. 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:
 1. Depósito de Quitumbe
 2. Estación 2 (Morán Valverde)
 3. Estación 3 (Solanda)
 4. Estación 5 (El Recreo)
 5. Estación 6 (La Magdalena)
 6. Estación 7 (San Francisco)
 7. Estación 8 (La Alameda)
 8. Estación 10 (Universidad Central)
 9. Estación 12 (La Carolina)
 10. Estación 14 (Jipijapa)
 11. Estación 15 (El Labrador)
- 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 ubicadas en:
 1. Depósito de Quitumbe
 2. Estación 2 (Morán Valverde)
 3. Estación 3 (Solanda)
 4. Estación 4 (El Calzado)
 5. Estación 5 (El Recreo)



6. Estación 6 (La Magdalena)
7. Estación 7 (San Francisco)
8. Estación 8 (La Alameda)
9. Estación 10 (Universidad Central)
10. Estación 11 (La Pradera)
11. Estación 12 (La Carolina)
12. Estación 14 (Jipijapa)
13. Estación 15 (El Labrador)

- Alimentación de tracción del depósito de Quitumbe a 1500 Vcc, desde la Subestación ubicada en el depósito.

Las actuaciones a realizar son:

- Instalación del equipamiento de las 11 Subestaciones Eléctricas necesarias para el escenario inicial de explotación, para alimentar la Línea 1 y el depósito, con un nivel de tensión de tracción de 1500 Vcc:

SUBESTACIÓN		
No.	Ubicación	Nombre
1	DEPÓSITO	QUITUMBE
2	Estación-02	MORÁN VALVERDE
3	Estación-03	SOLANDA
4	Estación-05	EL RECREO
5	Estación-06	LA MAGDALENA
6	Estación-07	SAN FRANCISCO
7	Estación-08	LA ALAMEDA
8	Estación-10	UNIVERSIDAD CENTRAL

SUBESTACIÓN		
9	Estación-12	LA CAROLINA
10	Estación-14	JIPIJAPA
11	Estación-15	EL LABRADOR

- 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).

c) 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 seis 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 cargas 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 fronteras y su balance de cargas de forma inmediata.

Teniendo en cuenta que la ciudad de Quito se encuentra situada a 2850 metros sobre el nivel del mar, es necesario aplicar un factor de corrección de altitud (desclasificación) sobre las especificaciones eléctricas de los aparatos de protección aseguradas a nivel del mar para trasladarlas a las equivalentes en esa altitud. Por otra parte, los elementos que conforman la instalación deberán ser capaces de soportar esfuerzos mecánicos longitudinales y transversales y no colapsar ante un sismo como el especificado en el “Código Ecuatoriano de la Construcción”.

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, en intervención del hombre, conmutar la carga del transformador, en el caso de fallo de uno de ellos, manteniendo la continuidad del servicio.

El sistema de distribución de energía en B.T. cuenta a su vez con una acometida exterior (denominada alimentación de socorro) proveniente de la compañía eléctrica, en cada estación y el depósito, que asegura la alimentación eléctrica a los sistemas críticos ante la falta de suministro eléctrico de la red primaria del Metro de Quito. Son considerados servicios críticos los relativos a los sistemas de emergencia y evacuación, así como aquellos que afecten a la explotación de la línea, tales como el sistema de señalización, los seccionadores de línea aérea, sistema de control, etc. A su vez, esta alimentación está redundada en la mayor parte de estos servicios a través de sistemas de alimentación ininterrumpida ubicados en sus respectivos recintos.

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.

Los CTV con un solo transformador se alimentan de la misma línea en alta tensión por lo tanto, no se incurren en grandes infraestructuras, utilizando sistemas compactos de celdas 2L1P y transformadores de baja potencia.

Distribución de energía en depósito de Quitumbe.

El CT del Depósito de Quitumbe está formado por tres transformadores de 1000 KVA cada uno, donde 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 donde se realiza la distribución eléctrica en Baja Tensión a los subcuadros eléctricos propios de cada instalación especializada.

d) 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 convencional para la vía de pruebas.

Se define una solución para la Primera Línea del metro de Quito basada en catenaria rígida PAC MM-04. Esta circunstancia no invalida que pueda ser instalada otra solución de catenaria rígida tal que no suponga una reducción de la calidad de captación con el pantógrafo descrito en el Pliego de Condiciones Técnicas para el Suministro del Nuevo Material Móvil de la Primera Línea del Metro de Quito y cuya superior conductora sea igual o que la del perfil citado.

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:

PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE QUITO:

- Suministro, instalación y puesta en servicio de línea aérea de contacto para 1500 Vcc tipo catenaria rígida perfil PAC MM-04 para 22 kilómetros de vía doble y 15 estaciones, 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.

DEPÓSITO DE QUITUMBE:

- Suministro, instalación, y puesta en servicio de línea aérea de contacto para 1500 Vcc tipo hilo tranviario compensado en el enlace del depósito con la línea, en la playa de vías y en las vías interiores que necesitan ser electrificadas.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de línea aérea de contacto para 1500 Vcc tipo catenaria convencional compensada en la vía de pruebas.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de 4 seccionadores de apertura en carga para alimentar cada paquete eléctrico.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de 7 seccionadores con puesta a negativo y control de los mismos y de las pasarelas de mantenimiento de pantógrafo asociadas.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de los cables de feeder positivos y negativos.

e) Sistema de control y venta de títulos

La implantación de un sistema de control y venta de títulos basado en soportes dotados de tecnología 100% sin contacto, donde los títulos sencillos se expendirán en soportes tipo TOKEN (elementos plásticos de larga durabilidad y resistencia dotados de microchip) y los multiviajes, abonos y tarjeta monedero, se expendirán en formato de tarjetas plásticas dotadas en ambos casos de interfaz acorde con la normativa ISO 14443 tipo A y B.

Teniendo como base este tipo de soporte, el suministro del presente proyecto básico englobará equipos de peaje para el control de acceso de estaciones que disponen como sistema de bloqueo mecánico trípodes de 120° de giro, lo que comúnmente se denomina torniquetes.

Para el paso de usuarios de movilidad reducida, el sistema de control de títulos define el suministro de puertas de paso batientes de ancho normalizado, que están dotadas de procesadores sin contacto para habilitar el acceso controlado a las instalaciones de este tipo de usuarios.

No serán descartadas otras soluciones técnicas propuestas que estén basadas en puertas de paso batientes o tipo abanico, que en posición recogidas en el mueble permita un paso diáfano y libre de obstáculos a los usuarios. En este caso, los elementos destinados al paso de usuarios de movilidad reducida estarán integrados dentro de la propia batería mediante equipos de características similares y de ancho especial normalizado.

El sistema de control de títulos definido en el presente Proyecto, es un sistema cerrado, por lo que todos los equipos destinados al control de títulos de transporte, dispondrán de procesador de títulos tanto a la entrada como a la salida de la zona de pago.

El sistema de venta de títulos de transporte se caracterizará por ser un sistema donde el mayor peso estará soportado por un sistema atendido mediante terminales de recarga de tarjetas y expendición de TOKEN que, localizados en taquillas, permitirán la realización de tareas de carga, recarga de tarjetas, peticiones de consulta de saldo, baja y alta de soportes sin contacto, etc.

Este sistema de venta atendido estará apoyado por equipos de venta automática en aquellas estaciones en las que se ha considerado que la demanda prevista de viajeros lo aconseja.

Para la realización de los procesos de personalización de tarjetas de abono, el sistema dispondrá, en puntos emblemáticos de la Red, de puestos de venta atendida que tienen implementados características y procesos específicos para la realización de impresión y caracterización de soportes, siempre dotados de interfaz sin contacto.

Por último se define todos los elementos necesarios para la gestión, control y captura de datos que son necesarios en ambos sistemas tanto a nivel de estación como a nivel centralizado desde el Puesto de Control Centralizado (PCC).

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:
 - Ascensores de 1000 kg en las estaciones de Quitumbe, Recreo, Magdalena, San Francisco, El Ejido y El Labrador.



- Ascensores de 630 kg en las estaciones de Morán Valverde, Solanda, El Calzado, La Alameda, Universidad Central, La Pradera, La Carolina, Ñaquito y Jipijapa y edificio de oficinas en Depósito.
- 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 (sentido ascendente) si bien en las estaciones de Universidad Central y Jipijapa desde los niveles intermedios a andenes, un desnivel por andén será totalmente peatonal. En relación al anterior criterio se exceptúan las siguientes estaciones:
 - Quitumbe, se dotarán de escaleras mecánicas de bajada de vestíbulo a andenes.
 - El Recreo, se dotarán de escaleras mecánicas de bajada de vestíbulo a andenes.
 - La Magdalena, se dotarán de escaleras mecánicas de bajada de niveles intermedios a vestíbulos y de éste a andenes.
 - El Labrador, se dotarán de escaleras mecánicas de bajada de los dos niveles intermedios a vestíbulo y de éste a andenes.
- 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

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 Inclinatorios (compuertas circulares motorizadas).
 - 2 Silenciadores disipativas de baffles 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 baffles paralelos, em lado interior.
 - 2 Silenciadores disipativos de baffles 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 entroque 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 de este estudio se incluyen los siguientes sistemas:

- 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) y que se incluyen en el presente proyecto.

El sistema TETRA constituirá el futuro Sistema de Radiocomunicaciones del Metro de Quito, y prestará como sistema único de radiocomunicaciones, los servicios de voz necesarios para la explotación, incorporando además los servicios de transmisión de datos (mensajes de estado, datos cortos por canal de control y datos por paquetes por canales especializados) entre el Puesto de Control Central y los Trenes.

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

El proyecto comprende las siguientes instalaciones en 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 antiintrusión
- 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.

La arquitectura software de este sistema será abierta y modular, de modo que para incorporar nuevos equipos sólo sea necesario desarrollar y/o instalar su módulo de integración correspondiente (pj. Sistema de venta y peaje, PCI, etc.)



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 Comunicaciones asociados al control de estación

Estará formado por un conjunto de sistemas implantados por una parte para informar y atender a los viajeros y por otra parte para vigilar y supervisar las instalaciones de la estación.

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
- Red de cable coaxial
- 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.

La sonorización se hará utilizando las siguientes fuentes sonoras:

- Mensajes hablados mediante micrófono y mensajes pre-grabados, a nivel local.
- Fuente local de audio constituida por el ordenador del cuarto de comunicaciones, donde se podrá almacenar y transmitir mensajes pregrabados relacionados con la circulación de trenes.
- Acceso a las mismas zonas locales desde otras fuentes similares procedentes del Puesto de Mando Central.

Sistema de Interfonía

El sistema de interfonía 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 billetearas, 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.

Sistema de Seguridad Perimetral del Depósito de Quitumbe

En la estación de Quitumbe se sitúa el depósito para el parqueadero y mantenimiento de los trenes, al cual es necesario dotar de sistemas de seguridad que eviten la intrusión de personal NO autorizado en el recinto y protejan las instalaciones. Asimismo, dentro del perímetro del depósito se encuentra el edificio que alberga el Puesto de Mando y distintas dependencias administrativas.

El alcance del proyecto engloba los siguientes subsistemas:

- Subsistema de CTV. La misión principal de este subsistema será vigilar, de forma continua todo el perímetro del Distrito, así como aquellas zonas más críticas definidas, mediante el empleo de cámaras de video fijas.
- Se empleará un sistema de video sobre IP, basado en cámaras que disponen de una salida para red Ethernet a través del punto de red más cercano, empleando la Red Multiservicio.
- Igualmente se instalarán focos de luz infrarroja para una correcta visualización y análisis de la imagen durante la noche.
- Subsistema de Detección Perimetral. El objetivo fundamental del subsistema de detección perimetral será detectar cualquier intento de acceso no autorizado a través del vallado perimetral del Depósito. De este modo se asegurará que únicamente accedan al mismo personal autorizado, de modo que se dispondrá de los medios necesarios para detectar y visualizar el acceso a las instalaciones a través del perímetro. Se emplearán tecnologías basadas en detectores pasivos de infrarrojos que ofrezcan una garantía de detección elevada.

- Subsistema de Gestión. Este subsistema es el núcleo de todo el sistema global. Será el encargado de comunicar e integrar los diferentes subsistemas entre sí. Será una aplicación software que permitirá la integración de diferentes subsistemas externos:
 - Subsistema de CCTV
 - Subsistema de Detección Perimetral.

k) Puesto de Control Central

Desde el PCC se realizará el control completo de las instalaciones de las estaciones (sistemas electromecánicos, megafonía, interfonía, CTV, SIV, etc.), el control centralizado del tráfico ferroviario, el telemando de energía (subestaciones eléctricas de tracción, seccionadores de línea aérea y centros de transformación), comunicaciones (sistemas de telefonía y radiotelefonía), así como la seguridad de las estaciones y dependencias.

El centro de control a instalar será único y estará ubicado en el edificio auxiliar situado dentro del recinto del Depósito Quitumbe, siendo objeto de este proyecto los siguientes conceptos:

✘ Instalaciones auxiliares del área del PCC

- Adecuación y climatización de la sala de equipos.
- Adecuación y climatización de la sala de control.

✘ Instalaciones específicas del PCC

- Equipamiento de la sala de control
 - Puestos de operador (Trenes, Energía, Control de instalaciones y Supervisor)
 - Puesto de mantenimiento
 - Puestos auxiliares
 - Videowall
 - Pantallas de visualización del sistema CTV.

✘ Sistema auxiliares de operación del PCC

- Sistema de audio centralizado. Este sistema integrará todos los sistemas de audio presentes en la Primera Línea del Metro de Quito (Radiotelefonía Tetra, Telefonía IP, Megafonía e Interfonía), en una único frontend interfaz, que se integrará con las aplicaciones de operador, presentando un único interfaz a la vez que se optimizan los recursos y se audita su uso.

- Sistema de grabación de conversaciones. Este sistema se encargará de grabar todas las comunicaciones de audio que tengan como origen o destino el PCC. Las grabaciones serán almacenadas tanto localmente en los grabadores como externamente en la red de almacenamiento, siendo posible el acceso y grabación de las mismas desde los puestos y perfiles autorizados para ello.
- Plataforma Central de Monitorización. En un sistema tan completo como Metro de Quito en donde la indisponibilidad de alguno de los sistemas que lo componen puede afectar a la calidad del servicio ofertado, se hace necesario disponer de una herramienta que disponga de información en tiempo real de los diferentes equipos y subsistemas que ayuden al diagnóstico de las averías y faciliten los procedimientos de resolución de éstas. La plataforma central de monitorización cumple este objetivo posibilitando desde una única consola, la monitorización hardware, software base y de aplicación de todos los sistemas y servicios de explotación desplegados en Metro de Quito. El sistema a desarrollar en el que deberán integrarse todos los sistemas de monitorización y gestión instalados estará basada en software de código abierto, en torno a la suite NAGIOS.
- Sistema de almacenamiento centralizado. Este sistema se instalará con el doble objetivo de operar como red de almacenamiento para los sistemas centralizados y como sistema de almacenamiento de red para cualquier sistema de explotación instalado.

El proyecto también incluye la integración, pruebas y la configuración de los diferentes sistemas de explotación para su operación dentro del PCC.

5.3.13 Infraestructuras auxiliares

Como infraestructuras auxiliares al propio túnel, además de las estaciones, es preciso disponer de otras instalaciones, las cuales se mencionan a continuación:

Pozo de ataque

Para ubicar las tuneladoras en el punto de inicio del túnel a construir es necesaria la realización del correspondiente pozo de ataque.

Este recinto, por tanto, está destinado al montaje de la tuneladora, inicio de la perforación y centro logístico de toda su etapa de trabajo. En él se ejecuta una estructura de reacción sobre la que se transmite la fuerza necesaria para el inicio de la excavación, hasta que la fuerza de empuje para el avance de la tuneladora es contrarrestada por los pesos y rozamientos de los primeros anillos de dovelas montados en el túnel.

Pozos de ventilación y salidas de emergencia

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



Pozos de extracción

Necesario para el desmontaje de los elementos que componen la tuneladora y su extracción hasta la superficie.

Parque de acopio de dovelas e instalaciones auxiliares

Para el almacenamiento de las dovelas a instalar y del resto de materiales necesarios para la ejecución de las obras es preciso acondicionar una o más superficies no inferiores a 20.000 m² que se suelen localizar en las inmediaciones del pozo de ataque.

En ella se incluyen el campamento de obra (oficinas, vestuarios, comedores, servicios higiénico-sanitarios) y resto de instalaciones necesarias para la ejecución de las obras.

Sitio de Escombrera

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.

Hay diferentes tipos de disposición final de estos escombros, dependiendo del volumen y el tipo de material que lo compongan. El factor más afectado por la mala disposición de los escombros es el componente hídrico ya que se alteran las propiedades físico-químicas de las aguas.

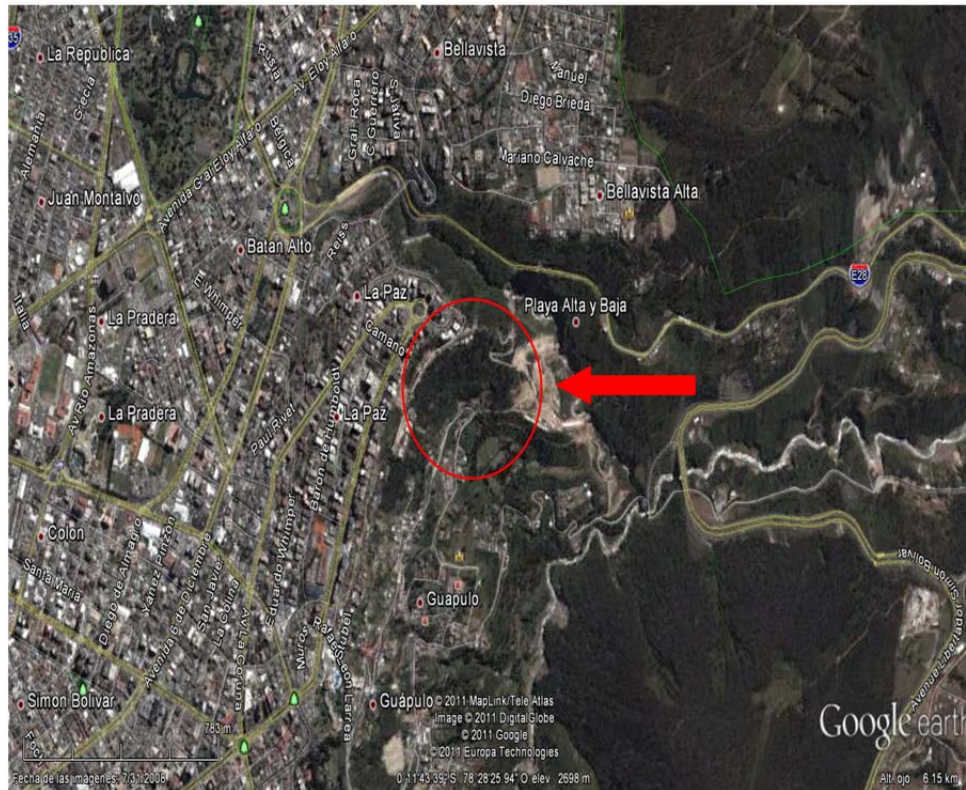
Por su parte, el componente social podría también verse afectado en caso que el sitio destinado a escombreras se ubique cercano a zonas residenciales. Es necesario considerar la presencia de vectores de enfermedades respiratorias, además de la alteración del aspecto visual de estos sitios (impacto paisajístico) al modificarse las condiciones normales del suelo en el área de influencia. Asimismo, pueden existir impactos sociales positivos como sería, por ejemplo, el reacondicionamiento de vías de uso público.

En la construcción de la Primera Línea del Metro de Quito, se estima un volumen de escombros aproximado de 3,3 millones de metros cúbicos (provenientes de las excavaciones del túnel, estaciones y pozos) divididos en 80% de cangagua, 10% de escombros y 10% de suelo superficial provenientes del área de la futura línea, así como de los sitios definidos para estaciones y obras auxiliares. Estos escombros requieren del transporte y disposición final con procedimientos técnicos adecuados.

Una vez analizadas varias alternativas que se encuentran detalladas en el capítulo de alternativas del proyecto, se plantea la utilización del cauce de la Quebrada El Batán (Ubicación aproximada: Latitud : -0.200 Longitud : -78.483) (ver Figura 5.27) para el área de la escombrera principal, a la altura del túnel de Guayasamín, lo que permitiría reacondicionar la vía Interoceánica a futuro. Este sitio se ha pensado podría usarse como escombrera para la mayor cantidad de material de excavación que provenga de las obras del Metro, sin que se autorice

colocar en este lugar ni material orgánico o basura de ningún tipo, ni material con un grado de humedad tal que no pueda ser compactado razonablemente.

Figura 5.27: Sitio propuesto para la escombrera



Fuente: Elaboración propia

El área está completamente intervenida, y con la ejecución de obras de infraestructura física para el encauzamiento del agua superficial quedaría totalmente habilitada para su utilización en el Proyecto.

Adicionalmente a la quebrada del Batán, que será la escombrera principal para el Proyecto, se considerará la utilización de las quebradas Jatunhauycu, Sibauco (vía al Valle de Los Chillos) y, eventualmente, la quebrada San Isidro (Sector Guamaní).

Con respecto a las escombreras de uso público, la autoridad local para la asignación de escombreras es la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMOP), a quien se ha solicitado el uso de espacios con el fin de disponer material, además de las alternativas mencionadas. La EPMOP se ha pronunciado en el sentido de poder utilizar las escombreras públicas de El Troje II, Oyacoto y otras posibles escombreras que sean abiertas al público en el futuro, mediante la asignación de cupos de disposición de material. Siendo el Metro una obra de la Municipalidad de la Ciudad de Quito, se tendrá esta alternativa como prioritaria.

Por otra parte, el proyecto prevé la posibilidad de entregar material que pueda ser útil en obras públicas y/o privadas, en función de los requerimientos específicos que se pudieran presentar, siempre y cuando esto sea técnica, económica y ambientalmente factible.

5.3.14 Principales Especificaciones del Trazado Propuesto

Con los parámetros anteriormente definidos las principales características del trazado propuesto son las siguientes:

Planta

El trazado se inicia con una alineación recta, donde se localiza la estación de Quitumbe, para transcurrir con una sucesión de curvas y rectas con dirección sensiblemente sur – norte, hasta el final del tramo.

El radio mínimo considerado es de 300 m, siendo el radio máximo de 700 m. La mínima longitud de clotoides son 25 m, entre dos alineaciones circulares de 700 y 500 m de radio.

La longitud total de los tramos en recta, donde se ubican las estaciones y las reservas de trazado, son 10,44 km de los 22 km que es la totalidad de la Primera Línea del Metro de Quito, lo que supone un 46,52% de la longitud total del recorrido.

Alzado

Las principales características son:

Pendiente máxima: 37,8‰ entre las estaciones de San Francisco y la Reserva 4.

Kv máximo: 13000

Kv mínimo: 2000

Tiempos de recorrido

El tiempo total de recorrido de toda la línea, entre las estaciones de Quitumbe y el Labrador, es aproximadamente 34 minutos.

Cuadro 5.4: Tiempos parciales de recorrido entre estaciones

TRAMO	LONGITUD (km)	TIEMPO	TIEMPO ACUMULADO
Quitumbe – San Francisco	11,4	0:16:30	0:16:30
San Francisco – Universidad Central	4,1	0:06:57	0:23:27
Universidad Central-El Labrador	6,2	0:10:31	0:33:58

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

En la siguiente figura se resumen los tiempos de recorrido.

Figura 5.28: Tiempos de recorrido Primera Línea del Metro de Quito



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Estaciones y tramificación de la línea

Como se ha comentado anteriormente se han definido 15 estaciones y 4 zonas de reserva de trazado, cuya localización se resume en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.5: Localización de las estaciones y zonas de reserva

Estaciones y Reservas	P.K. Centro Estación o Reserva	Cota del carril (m)
1. Quitumbe	0+117,515	2.911,16
2. Reserva 1	1+338,260	2.880,00
3. Morán Valverde	2+080,400	2.863,21
4. Reserva 2	3+050,355	2.836,76
5. Solanda	4+240,820	2.827,30
6. El Calzado	5+300,800	2.810,00
7. El Recreo	6+945,870	2.801,15
8. Reserva 3	8+179,350	2.792,20
9. La Magdalena	8+825,000	2.791,22
10. San Francisco	11+504,520	2.801,20
11. Reserva 4	12+321,160	2.779,50
12. La Alameda	13+451,200	2.801,30
13. El Ejido	14+373,270	2.776,00
14. Univ. Central	15+594,420	2.787,10
15. La Pradera	16+781,930	2.768,97
16. La Carolina	17+705,410	2.756,42
17. Iñaquito	19+235,270	2.763,06
18. Jipijapa	20+581,970	2.763,00
19. El Labrador	21+799,100	2.774,00

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

La tramificación de la línea se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.6: Tramificación de la Primera Línea del Metro de Quito

Tramos	Longitudes entre Tramos (m)
Tramo 1-2	1.220,745
Tramo 2-3	742,140
Tramo 3-4	969,955
Tramo 4-5	1.190,465
Tramo 5-6	1.059,980
Tramo 6-7	1.645,070
Tramo 7-8	1.233,480
Tramo 8-9	645,650
Tramo 9-10	2.679,520
Tramo 10-11	816,640
Tramo 11-12	1.130,040
Tramo 12-13	922,070
Tramo 13-14	1.221,150
Tramo 14-15	1.187,510
Tramo 15-16	923,480
Tramo 16-17	1.529,860
Tramo 17-18	1.346,700
Tramo 18-19	1.217,130

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Zonas de reserva de trazado

Se han definido 4 zonas de reserva para ubicación de estaciones, en caso necesario de que en un futuro los requerimientos funcionales y de explotación de la línea así lo requieran. La ubicación de las reservas es la siguiente:



VISTA PANORAMICA EN A1



Salidas de emergencia, pozos de bombeo y ventilación

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

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 m² 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.

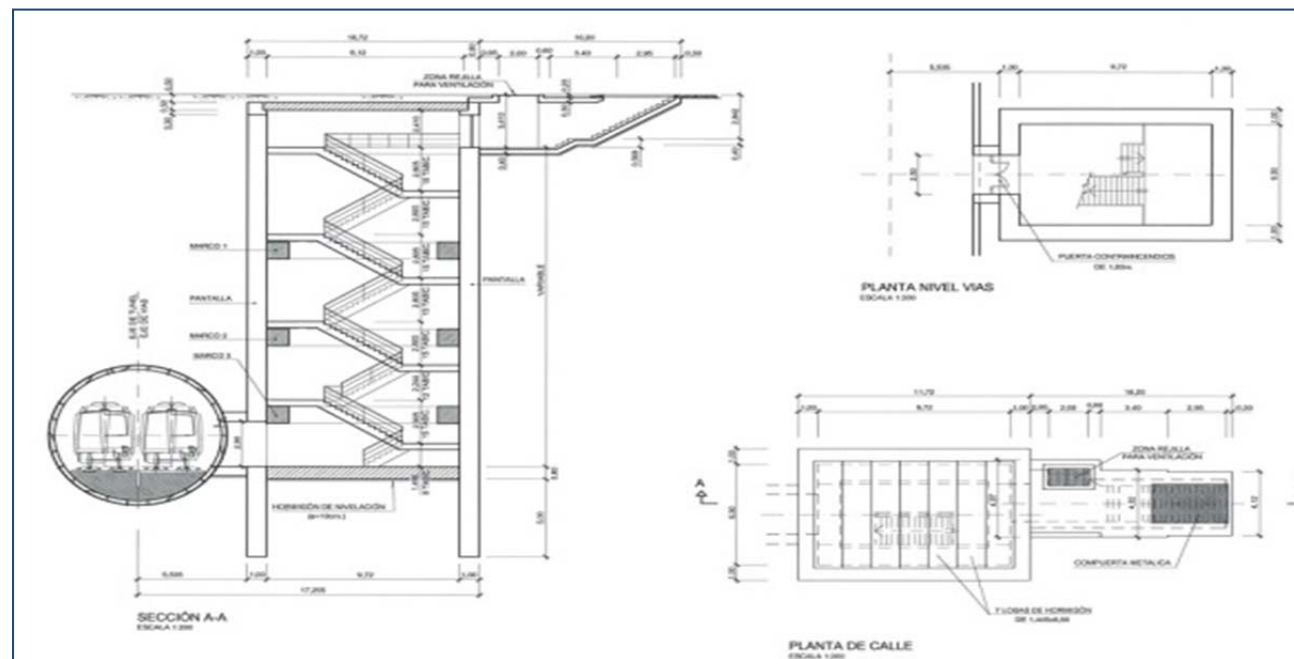
En el siguiente cuadro se resumen la localización y distancia de las salidas de emergencia definidas.

Cuadro 5.7: Localización y distancia de las salidas de emergencia

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	1+382	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	3+082	0,00	0,00
	TRAMO 4-5	3+107,94 - 4+183,32	1.075,38		0,00	0,00
-	TRAMO 5-6	4+298,32 - 5+243,30	944,98	-	-	-
SE3	TRAMO 6-7	5+358,30 - 6+888,37	1.530,07	6+080	721,70	808,37
SE4	TRAMO 7-8	7+003,37 - 8+121,85	1.118,48	8+020	1.016,63	101,85
-	TRAMO 8-9	8+236,85 - 8+767,50	645,65	-	-	-
SE5	TRAMO 9-10	8+882,50 - 11+448,27	2.565,77	9+220	1.167,50	1.398,27
SE6		10+922		2.039,50	526,27	
-	TRAMO 10-11	11+560,77 - 12+264,94	704,17	-	-	-
SE7	TRAMO11-12	12+377,38 - 13+393,70	1.016,32	12+380	2,62	1.013,70
-	TRAMO12-13	13+508,70 - 14+315,77	807,07	-	-	-
-	TRAMO 13-14	14+430,77 - 15+538,17	1.107,40	-	-	-
-	TRAMO 14-15	15+650,67 - 16+724,43	1.073,76	-	-	-
-	TRAMO 15-16	16+839,43 - 17+647,91	808,48	-	-	-
SE8	TRAMO 16-17	17+762,91 - 19+179,02	1.416,11	18+400	637,09	779,02
SE9	TRAMO 17-18	19+291,52 - 20+525,72	988,35	19+870	578,48	655,72

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.29: Sección tipo salida de emergencia



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Pozos de ventilación

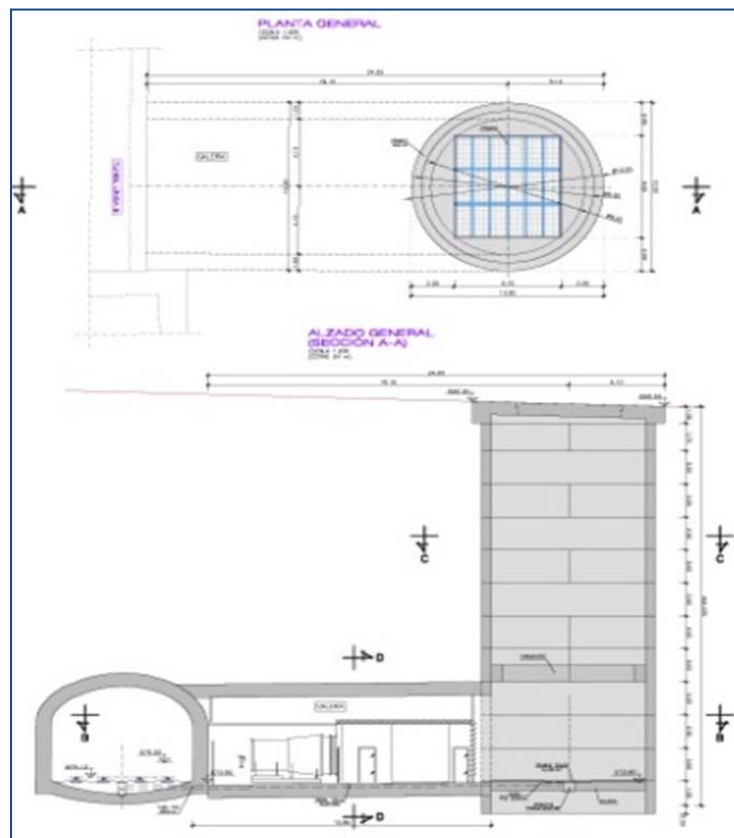
El criterio general es un pozo de ventilación entre estaciones. En función de la distancia entre estaciones y de la disponibilidad en superficie para la implantación de las rejillas y accesos, se han definido los siguientes pozos de ventilación para la Primera Línea del Metro de Quito.

Cuadro 5.8: 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	0+820	644,97	462,00
-	TRAMO 2- 3	1+394,52 - 2+022,92	628,40	-	-	-
PV2	TRAMO 3-4	2+137,88 - 2+992,77	854,89	2+770	632,12	222,77
-	TRAMO 4-5	3+107,94 - 4+183,32	1.075,38	-	-	-
PV3	TRAMO 5-6	4+298,32 - 5+243,30	944,98	4+670	371,68	573,30
PV4	TRAMO 6-7	5+358,30 - 6+888,37	1.530,07	6+348	989,70	540,37
PV5	TRAMO 7-8	7+003,37 - 8+121,85	1.118,48	7+600	596,63	521,85
-	TRAMO 8-9	8+236,85 - 8+767,50	645,65	-	-	-
PV6	TRAMO 9-10	8+882,50 - 11+448,27	2.565,77	10+050	1.167,50	1.398,27
-	TRAMO 10-11	11+560,77 - 12+264,94	704,17	-	-	-
PV7	TRAMO11-12	12+337,38 - 13+393,70	1.016,32	12+820	442,62	573,70
PV8	TRAMO12-13	13+508,70 - 14+315,77	807,07	14+100	591,30	215,77
PV9	TRAMO 13-14	14+430,77 - 15+538,17	1.107,40	15+064	633,23	472,17
PV10	TRAMO 14-15	15+650,67 - 16+724,43	1.073,76	16+375	724,33	349,43
PV11	TRAMO 15-16	16+839,43 - 17+647,91	808,48	17+220	380,57	427,91
PV12	TRAMO 16-17	17+762,91 - 19+179,02	1.416,11	18+600	837,09	579,02
PV13	TRAMO 17-18	19+291,52 - 20+525,72	988,35	19+620	328,48	905,72

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.30: Sección tipo pozo de ventilación



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Pozos de bombeo

Los criterios para la ubicación de los pozos de bombeo son fundamentalmente los siguientes:

- Puntos bajos del trazado
- Localización en planta, en zonas donde sea posible la implantación de la rejillas en superficie: zonas verdes, viario, etc.

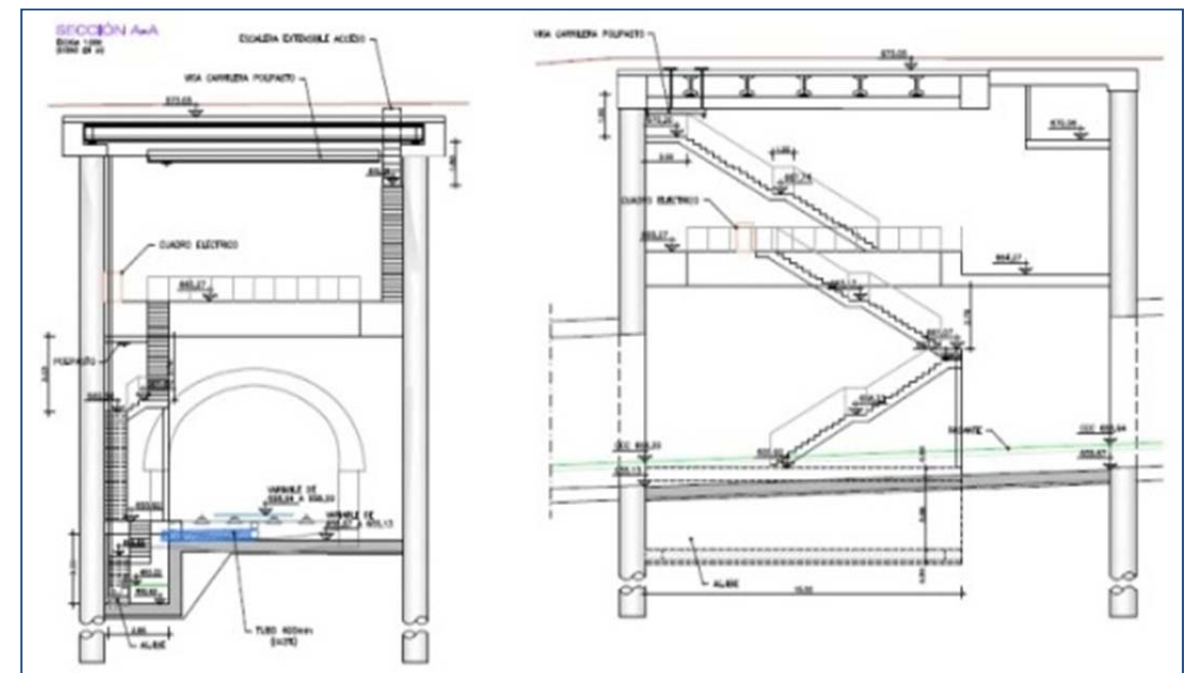
En el siguiente cuadro se recoge la localización de los pozos de bombeo definidos.

Cuadro 5.9: Localización de los pozos de bombeo

POZO BOMBEO	P.K. LÍNEA
PB1	6+348
PB2	8+558
PB3	12+380
PB4	14+830
PB5	18+080
PB6	19+620

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.31: Sección tipo pozo de bombeo



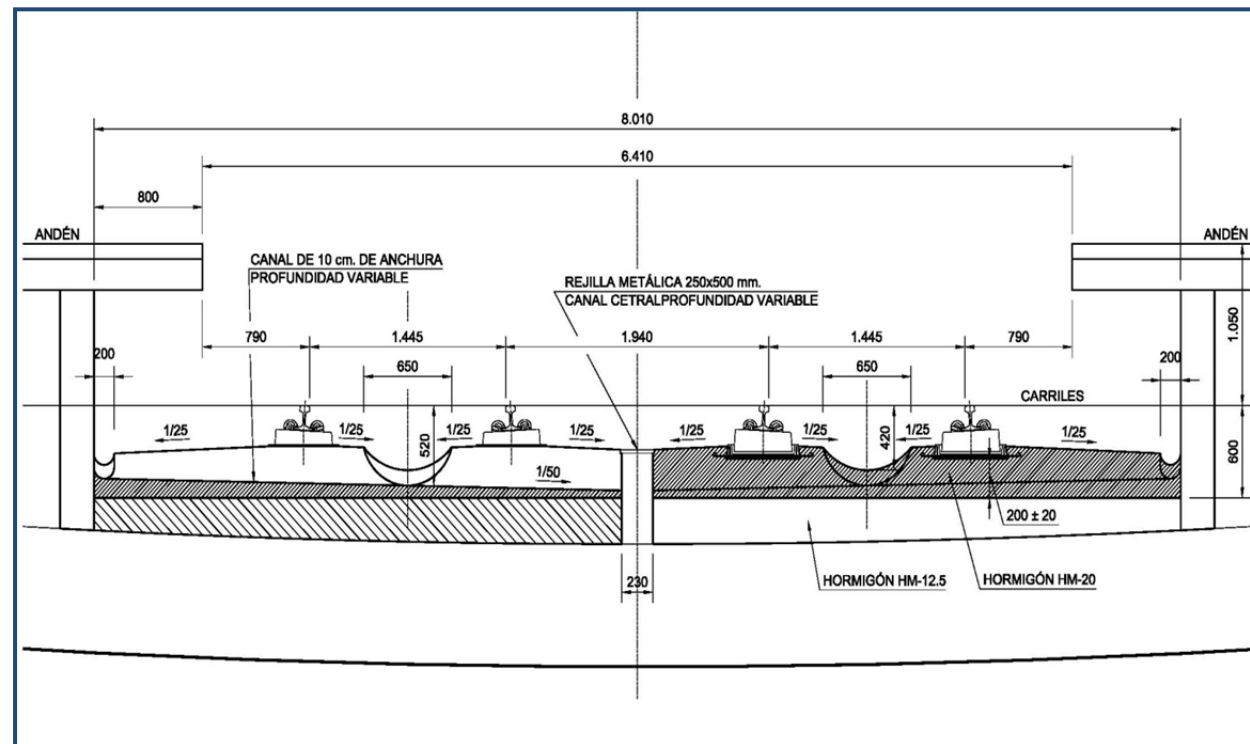
Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Superestructura

La tipología de vía que se podría adoptar es la de vía de gálibo ancho en placa con tacos prefabricados de hormigón, embebidos en elastómero y que se compone de los siguientes elementos:

- **Carril 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 12,5 Mpa.
- **Elastómero:** confiere al conjunto las propiedades elásticas amortiguadoras.

Figura 5.32: Sección vía de gálibo



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

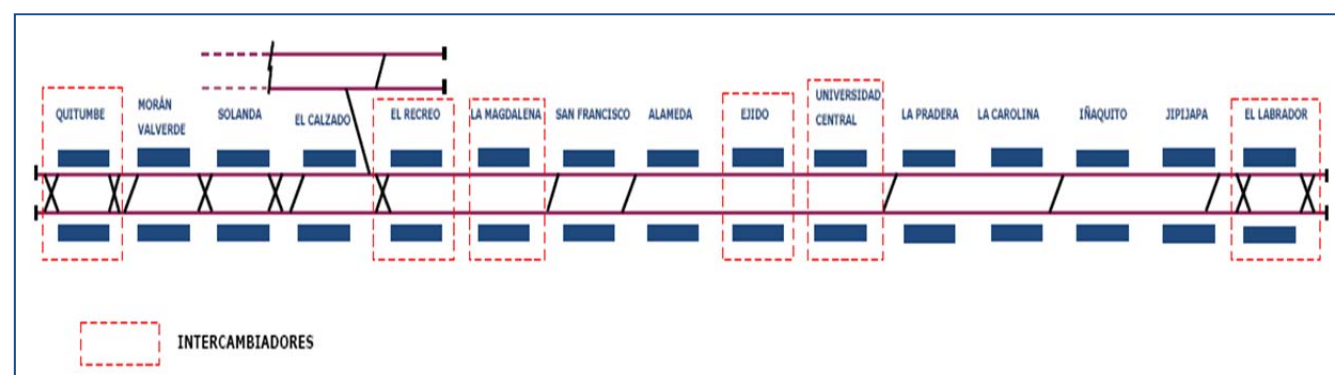
El procedimiento general de construcción consiste en:

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 SKL.
8. Posicionamiento 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 realiza 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 posicionamiento de vía: se realiza 24 horas después del hormigonado.
13. Soldaduras: consiste en desembrido, 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.

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:

Figura 5.33: Esquema de ubicación aparatos de vía en estaciones



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

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

Cuadro 5.10: Resumen diagonales y bretelle definidos

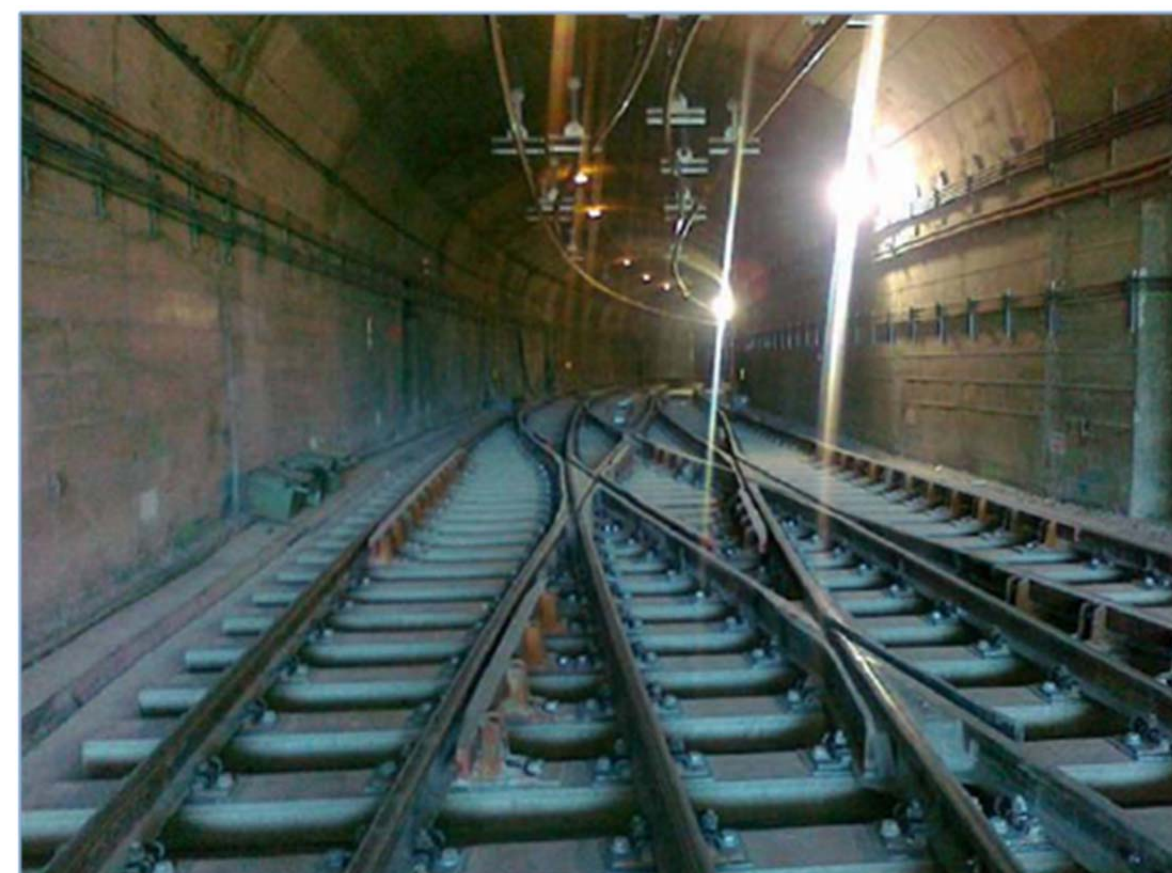
ESTACIÓN	ENTRADA	SALIDA
Quitumbe	Bretelle	Bretelle
Morán Valverde	Diagonal	
Solanda	Bretelle	Bretelle
El Calzado	Diagonal	
El Recreo	Bretelle	
San Francisco	Diagonal	
Alameda	Diagonal	
La Pradera	Diagonal	
Ñaquito	Diagonal	
Jipijapa		Diagonal
El Labrador	Bretelle	Bretelle

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Total bretelle: 7

Total diagonales: 7

Figura 5.34: Imagen de una bretelle



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

5.3.15 Procedimientos constructivos

En lo que a procedimientos constructivos se refiere, en la ejecución de la obra civil de la nueva línea de Metro se ha previsto utilizar tres métodos distintos. Se emplearán dos máquinas tuneladoras para la ejecución del túnel, en los tramos comprendidos entre los PP.KK 14+249,147 y 19+990,000 y los PP.KK 24+400,854 y 31+549,117.

Las Estaciones, el Intercambiador 24 de Mayo, el túnel de acceso a cocheras y el tramo inicial del túnel de línea comprendido entre el PK10+000 – PK 13+000, se construirán a cielo abierto entre pantallas de hormigón armado.

Se ejecutarán también a cielo abierto, los pozos y el fondo de saco situado tras la estación de El Labrador.

Mediante el método Convencional, se ejecutarán los tramos de túnel de línea comprendidos entre los PP.KK 13+000,000 – 14+106,834 y 20+096,840 - 24+194,854, las mismas que coinciden con áreas consideradas de sensibilidad por el patrimonio arqueológico y cultural existente.

Los tramos de túnel ejecutados entre pantallas se han proyectado con un gálibo horizontal de 8,15 m y vertical mínimo de 5,20 m medido desde cota de cabeza de carril (excepcionalmente 4,80 m).



En cuanto al túnel excavado mediante Métodos Convencionales se establecen dos tipologías:

- - Túnel excavado en mina mediante el método tradicional
- - Nuevo método austriaco NTAM.

En ambos casos el gálibo horizontal es de 8,15 m y el vertical de 5,60 m medido desde cota de cabeza de carril .

El túnel con tuneladora se ha planteado con el diámetro exterior: 9,37 m, y sección libre: 8,43 m lo que pueden ser abordados sin dificultades mediante tuneladoras de sección completa, TBM.

En cuanto a los pozos se proyectan tres tipos de pozos: de ventilación, pozos de bombeo y salidas de emergencia.

El método tradicional consta de varias fases, que se van realizando sucesivamente: Se inicia la excavación con una galería de avance según el eje del túnel, de apenas un metro de anchura, en la clave de la sección. Una vez finalizada la galería se abre la excavación a ambos lados de ésta en pases, hasta que la media sección superior queda completamente excavada. Normalmente se utilizan pases de 1 a 2,5m de longitud por 1 a 1,5m de acho. Luego se ejecuta la bóveda con anillos de 2,5m de ancho, que impedirá la deformación del terreno.

La excavación del avance se realiza mediante martillos neumáticos. La destroza consiste en excavar un cubo central en la mitad inferior, dejando un resguardo de 1 a 1,5m en los hastiales de manera que éstos puedan hacer frente a los empujes de la bóveda. Esta operación se realiza con máquina excavadora con un desfase de 5 a 6 anillos respecto del avance. Luego se ejecutan los hastiales por bataches al tresbolillo con módulos de 2,5m, cuidando no descalzar la bóveda (la junta entre anillos quedará en el centro del batache) y no excavar dos hastiales enfrentados a la vez.

Para acabar se excava el fondo de la sección y se ejecuta la contrabóveda. Este método es muy versátil, ya que se pueden modificar los parámetros básicos (ancho de pase, longitud de avance, entibación) adaptándolos al tipo de terreno y se sección.

En el método austriaco se procede excavando el frente de avance, cuya sección será la totalidad de la bóveda más aproximadamente un metro de altura de hastiales, en una longitud de avance de 1 a 2m. Esta operación se realiza con retroexcavadora, rozadora, equipos mecánicos o pala cargadora, según las características del terreno.

Inmediatamente después se coloca un sostenimiento constituido por cerchas TH separadas de 0,5 a 1m, previamente curvadas con la sección de la bóveda, que se unen con tresillones metálicos, de 32mm de diámetro, cada metro mediante soldadura. Seguidamente se proyecta una capa de 15 a 20cm de hormigón proyectado con fibras metálicas. La instalación de este sostenimiento avanza con un desfase máximo de 2m respecto la excavación.

Posteriormente se hormigona la bóveda (revestimiento definitivo) con un desfase entre sostenimiento y revestimiento de unos 18. La destroza se realiza de la misma forma que en el Método Tradicional.

Construcción del túnel

La construcción del túnel de línea se realizará por tres métodos, según las características y condiciones del entorno que son:

- Entre pantallas: longitud de 3,3 km
- Método tradicional: longitud de 6,6 km
- Tuneladora: longitud de 12,1 km.

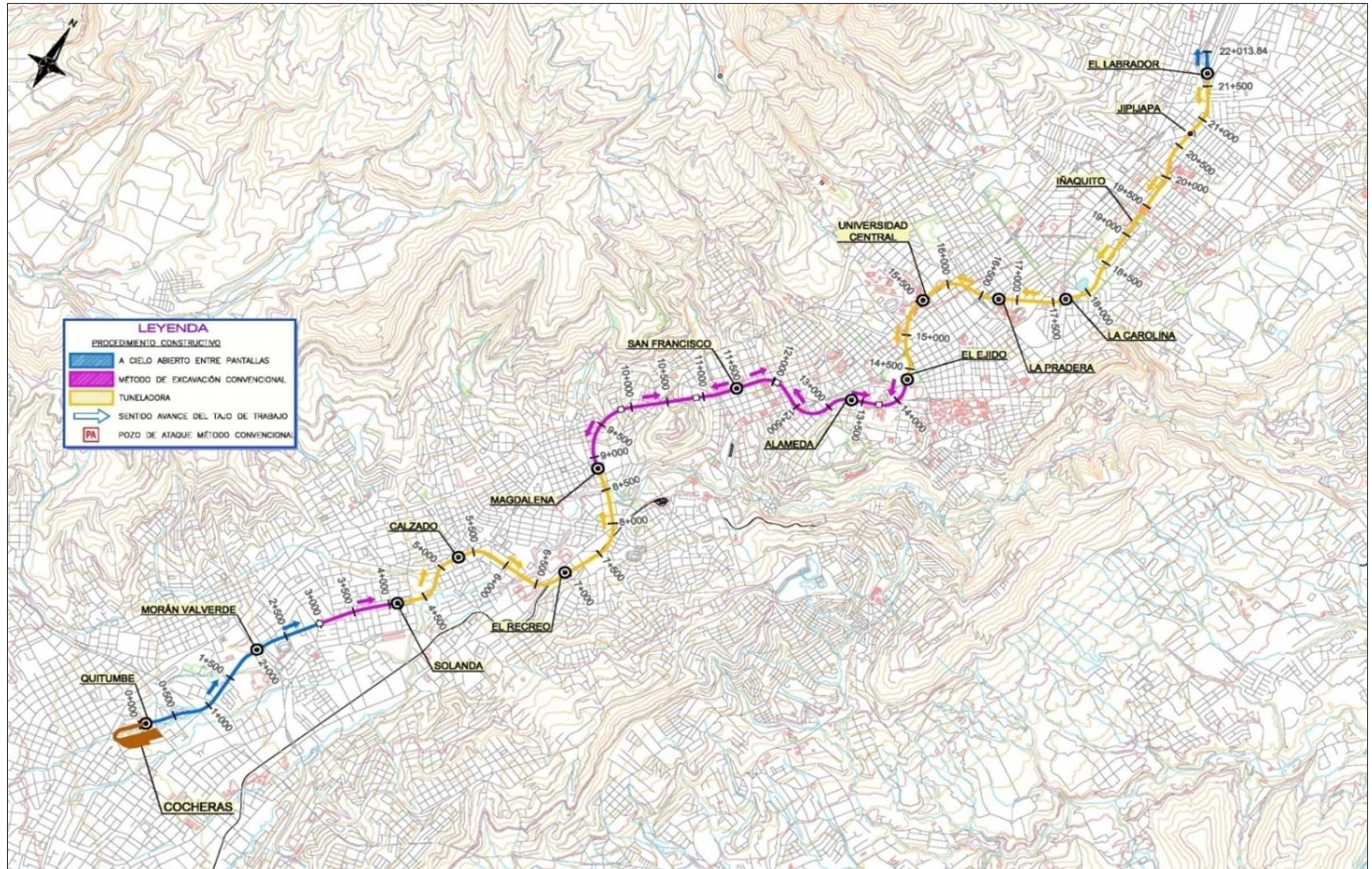
La tramificación se recoge en los siguientes cuadros y figuras.

Cuadro 5.11: Tramificación por método de excavación del túnel

ESTACIONES	P.K. ESTACIÓN	MÉTODO DE EXCAVACIÓN
0. Ramal cocheras		Pantallas hasta 3+000
1. Quitumbe	0+000	
2. Morán Valverde	1+985	Método tradicional
3. Solanda	4+200	Pozo de ataque
4. El Calzado	5+215	Tuneladora
5. El Recreo	6+920	
6. La Magdalena	8+770	
7. San Francisco	11+450	Método tradicional
8. La Alameda	13+380	Pozo de extracción
9. El Ejido	14+300	
10. Universidad Central	15+500	
11. La Pradera	16+700	
12. La Carolina	17+650	Tuneladora
13. Ñaquito	19+000	
14. Jipijapa	20+500	
15. El Labrador	21+630	Pozo de ataque
16. Fondo de saco		Método tradicional

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.35: Tramificación por método de excavación del túnel

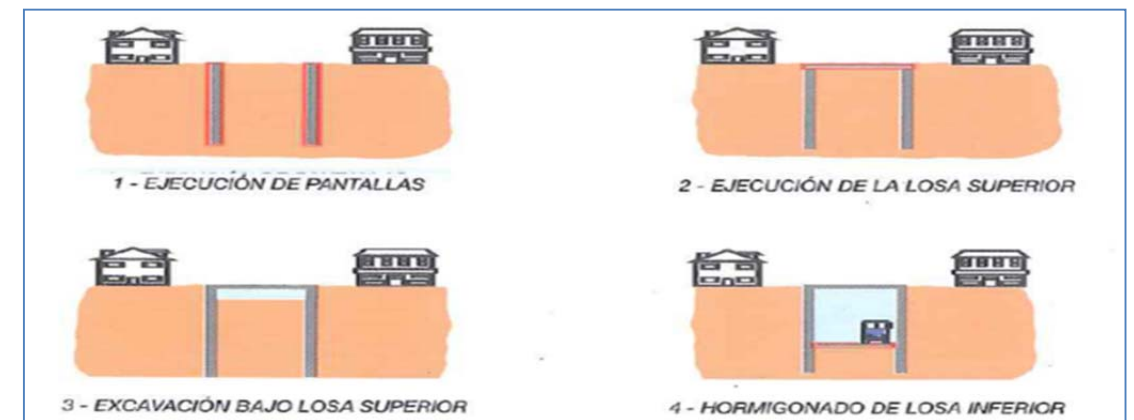


Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Proceso constructivo entre pantallas

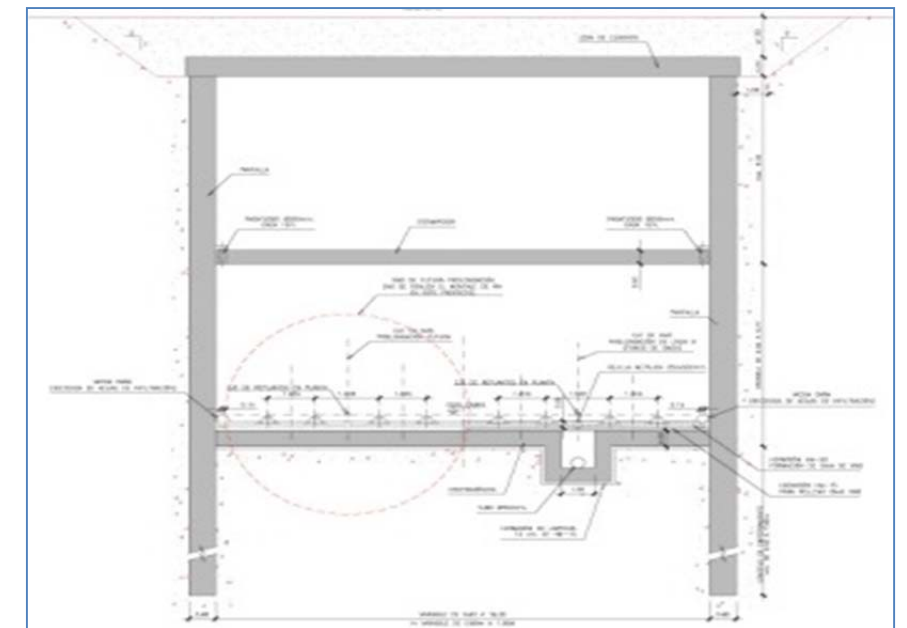
La secuencia de las principales actividades son: ejecución de pantallas, ejecución de la losa superior, excavación bajo la losa superior y hormigonado de la losa inferior.

Figura 5.36: Secuencia del proceso constructivo entre pantallas



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.37: Sección tipo entre pantallas

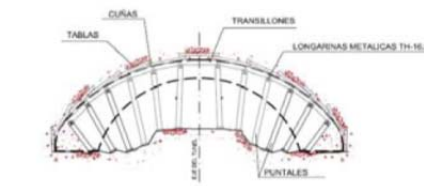
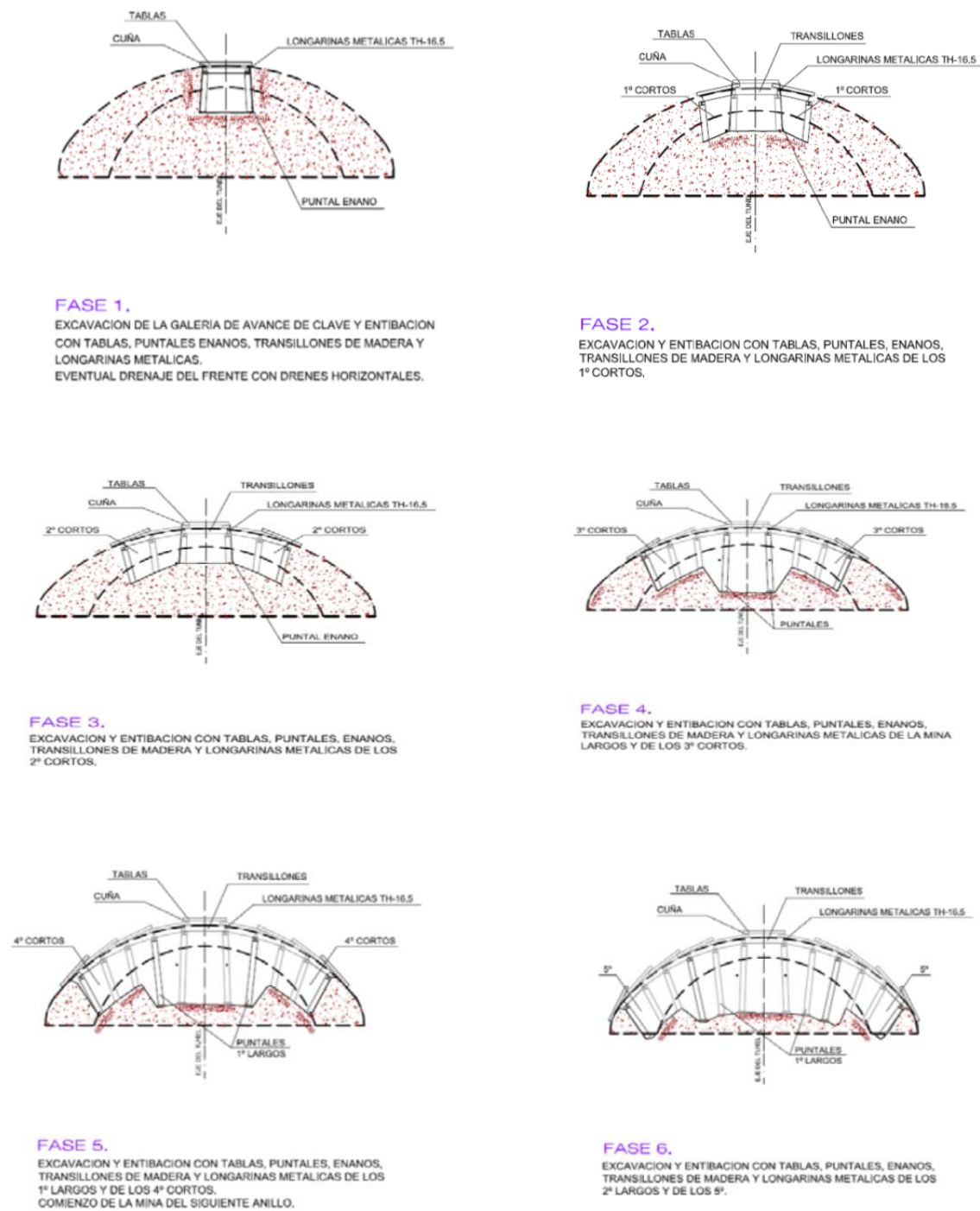


Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

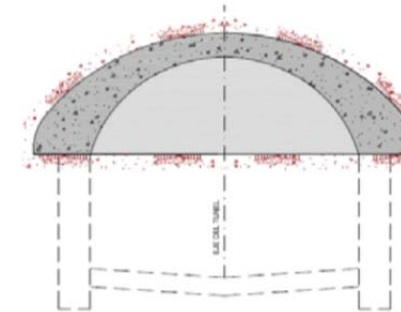
Proceso constructivo método tradicional

El proceso constructivo para la ejecución del túnel por este método, consta de 12 fases que se describen a continuación:

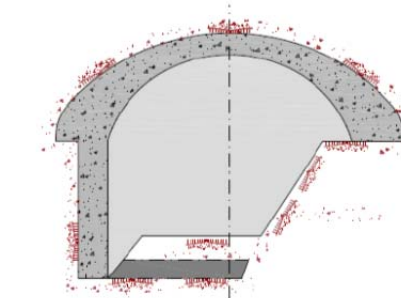
Figura 5.38: Proceso constructivo método tradicional



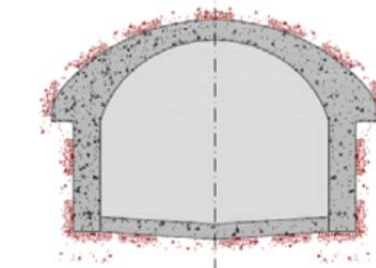
FASE 7.
 EXCAVACION Y ENTIBACION CON TABLAS, PUNTALES, ENANOS, TRANSILLONES DE MADERA Y LONGARINAS METÁLICAS DEL RESTO DE PALOS LARGOS Y DE LA PATA DE ELEFANTE MEDIANTE APOYO MECANICO.



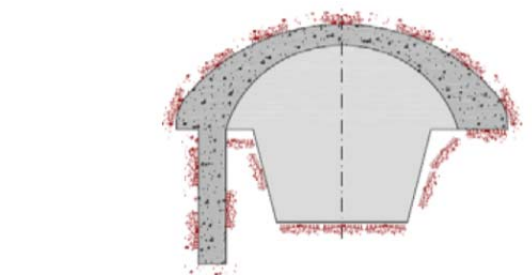
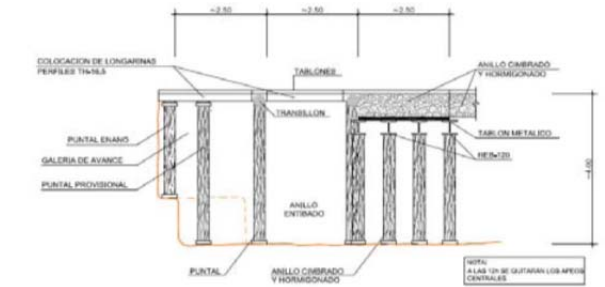
FASE 8.
 CIMBRADO Y HORMIGONADO DE BOVEDA.



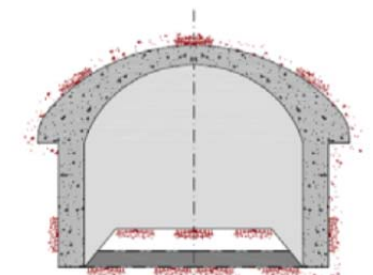
FASE 10. EXCAVACION BATACHE AVANZADO
 EXCAVACION Y HORMIGONADO DE LOS HASTIALES POR BATACHES DE ANCHO MAXIMO 2.50m, BATACHES LADO DERECHO



FASE 12. EXCAVACION Y HORMIGONADO CONTRABÓVEDA
 EXCAVACION Y HORMIGONADO DE LA CONTRABÓVEDA. ACABADOS



FASE 9.
 EXCAVACION Y HORMIGONADO DE LOS HASTIALES POR BATACHES DE ANCHO MAXIMO 2.50m. EXCAVACION EN DESTROZA



FASE 11. EXCAVACION BATACHE RETRASADO
 EXCAVACION Y HORMIGONADO DE LOS HASTIALES POR BATACHES DE ANCHO MAXIMO 2.50m, BATACHES LADO IZQUIERDO

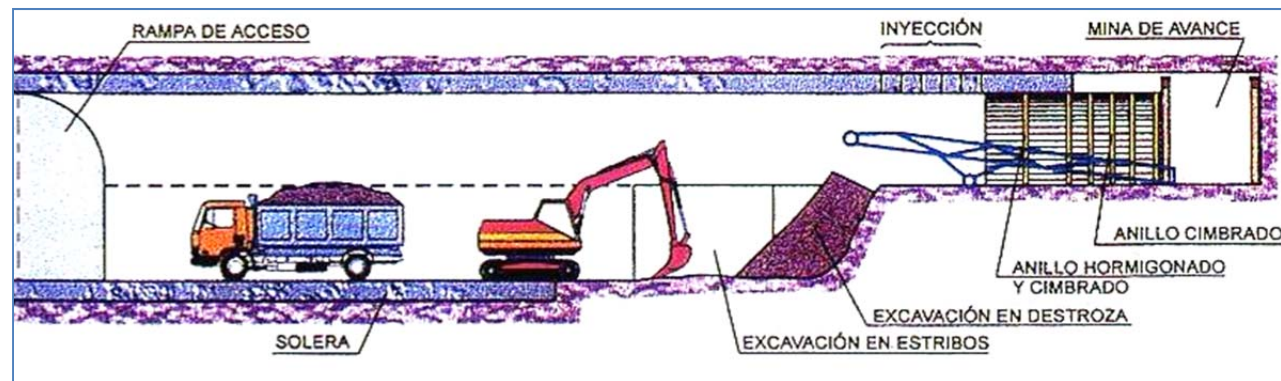
Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.39: Imagen túnel método tradicional



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.40: Esquema general avance por método tradicional



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

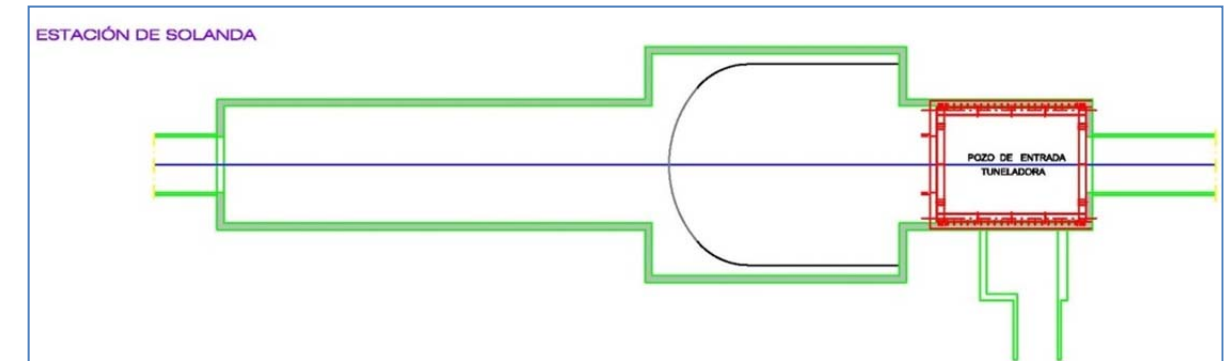
El rendimiento medio de avance por este método es de 50 m/mes.

Tuneladora

Como se ha comentado anteriormente, de los 22 km de la Primera Línea del Metro de Quito 12,1 km se realizarán con tuneladora, siendo necesarias, al menos, las siguientes instalaciones:

- Pozo de ataque / extracción de la tuneladora
- Parque de dovelas

Figura 5.41: Pozo de extracción/introducción tuneladora



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

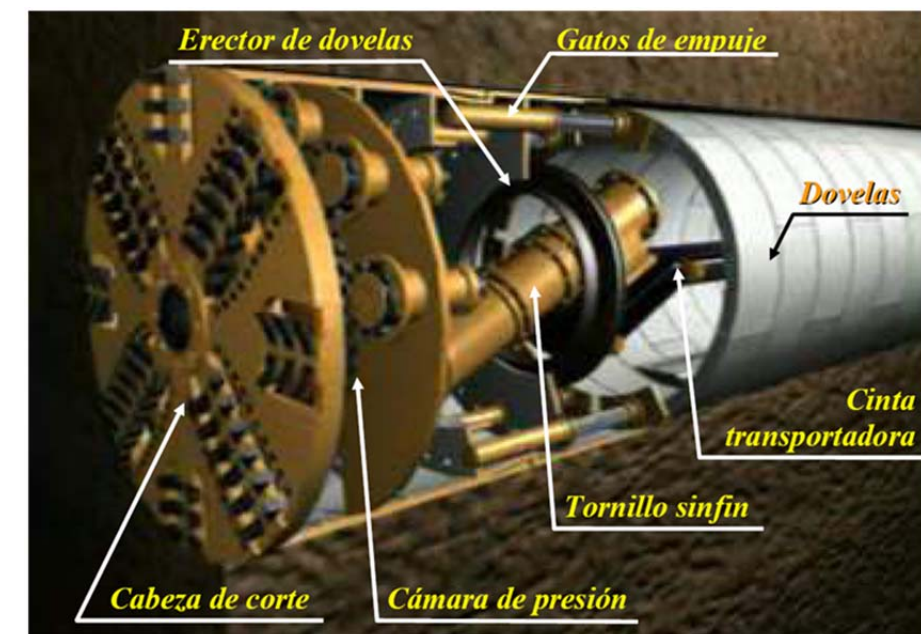
De forma general, el ciclo de la tuneladora se resume en:

1. Avance e inyección
2. Colocación de dovelas

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

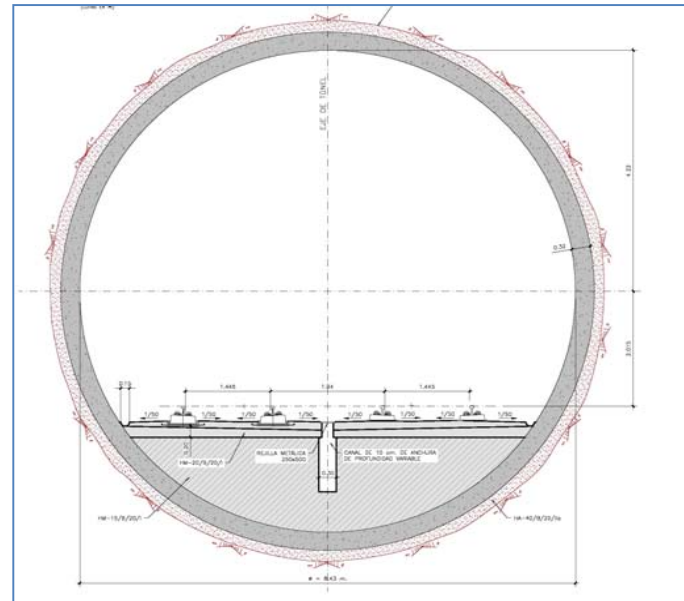
Esquema de trabajo

Figura 5.42: Principales elementos tuneladora



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.43: Sección tipo con tuneladora



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Gálidos. Secciones de Túnel

En el cuadro siguiente se resumen los gálidos para las distintas secciones de túnel definidas en el presente proyecto, considerando coches tipo de la serie 8000:

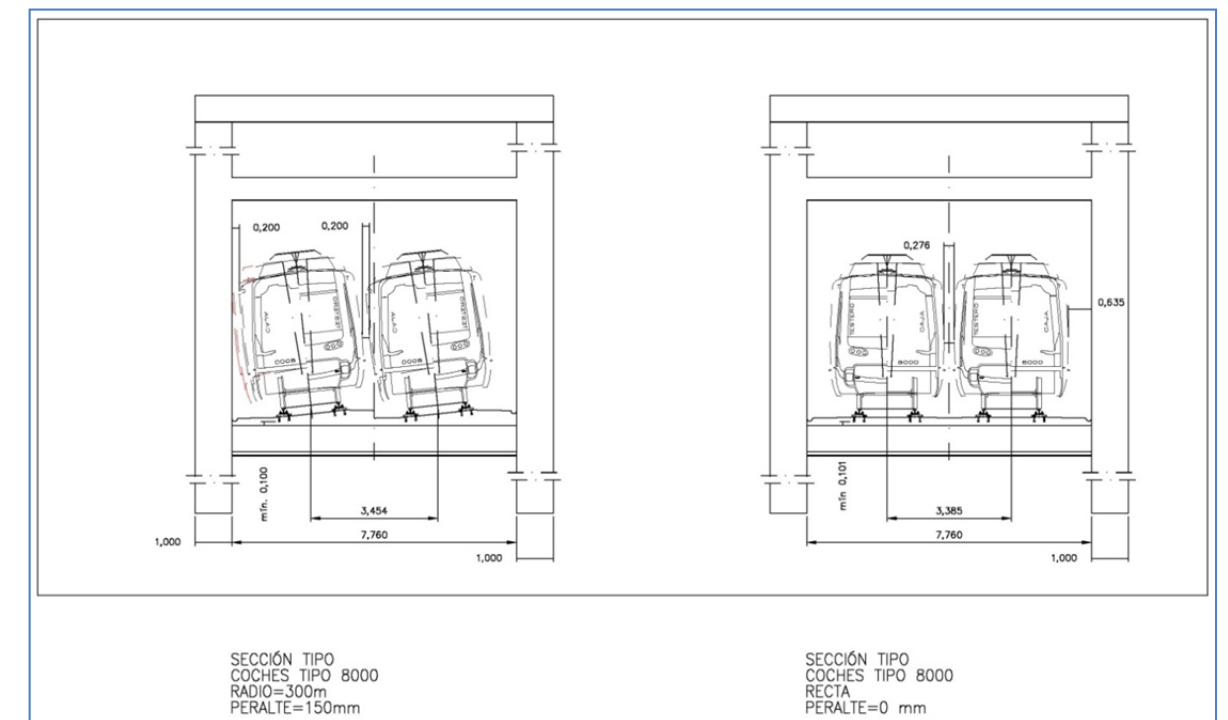
Cuadro 5.12 Gálidos para distintas secciones del túnel

SECCIÓN TÚNEL		Distancia (m)	Observaciones
Entre pantallas		7,760	Distancia entre caras internas pantallas
Método tradicional	Vía doble	7,800	Distancia entre caras internas hastiales
	Vía sencilla	4,305	
Tuneladora		8,430	Diámetro interior túnel de vía doble

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

A continuación se incluyen los esquemas de los gálidos.

Figura 5.44: Sección entre pantallas

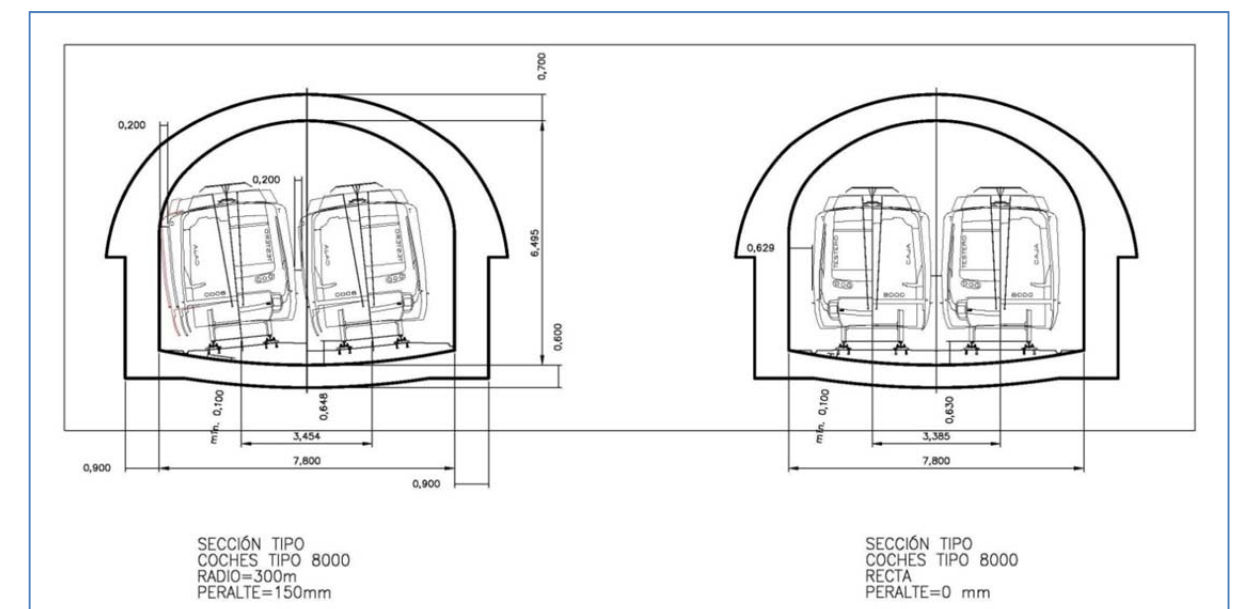


SECCIÓN TIPO
 COCHES TIPO 8000
 RADIO=300m
 PERALTE=150mm

SECCIÓN TIPO
 COCHES TIPO 8000
 RECTA
 PERALTE=0 mm

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.45: Sección método tradicional

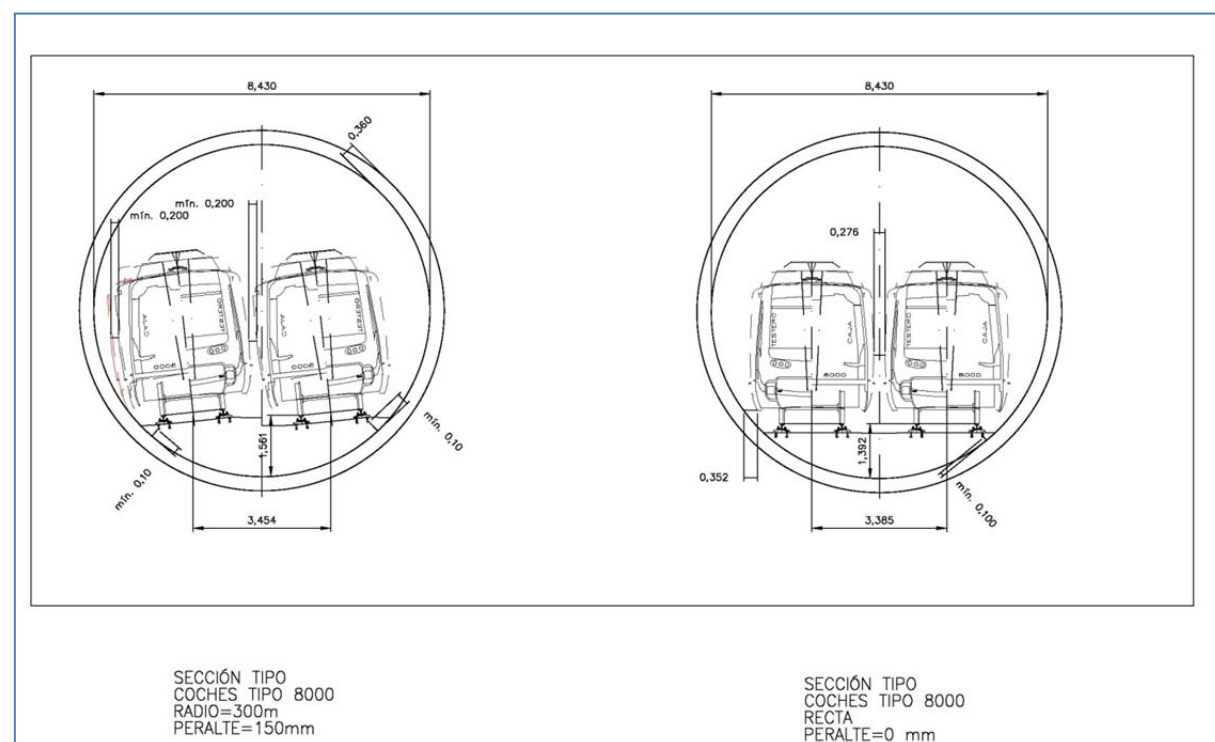


SECCIÓN TIPO
 COCHES TIPO 8000
 RADIO=300m
 PERALTE=150mm

SECCIÓN TIPO
 COCHES TIPO 8000
 RECTA
 PERALTE=0 mm

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Figura 5.46: Sección tuneladora



Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

Parámetros de trazado

Los parámetros de trazado que se han utilizado para el diseño de la Primera Línea del Metro de Quito, se han tomado del “Proyecto Funcional de Estaciones y Túneles tipo de Metro de Madrid”, y se resumen a continuación.

El trazado se ha definido para velocidades de circulación de 100 km/h. Se contará con 2 carriles de circulación

Cuadro 5.13: Parámetros de trazado

Descripción del parámetro	Valor
PLANTA	
Velocidad máxima de circulación	100 km/h
Peralte máximo	150 mm
Radio mínimo	300 m
Aceleración máxima no compensada	0,65 m/s ²
Aceleración máxima no compensada de viajero	1 m/s ²
Insuficiencia de peralte	100 mm
Máxima variación del peralte	50 mm/s
Rampa máxima de peralte	1,5 mm/m (normal) 2 mm/m (excepcional)
Máxima variación de la aceleración transversal sin compensar	0,02 g m/s ³
Longitud mínima de recta entre curvas circulares	0,4 v (= 40 m para v=100 km/h)
Longitud mínima de la curva circular	0,4 v (= 40 m para v=100 km/h)
ALZADO	
Máxima inclinación rasante	35 milésimas
Valor mínimo	5 milésimas 0 milésimas (estaciones)
Máxima aceleración admisible en acuerdos verticales	0,15 (normal) 0,30 (excepcional)
Longitud mínima con pendiente constante	0,4 v (= 40 m para v=100 km/h)
Parámetro mínimo en acuerdo vertical	2.000

Fuente: Estudios de diseño de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito. Metro de Madrid, 2012

El volumen de excavación calculado para la Primera Línea del Metro de Quito es el siguiente:

Excavación de estaciones =	1.457.025,00 m ³
Excavación de túnel =	1.774.362,14 m ³
Excavación de pozos =	80.640,00 m ³
Total =	3.312.027,14 m³

Construcción de las estaciones

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.

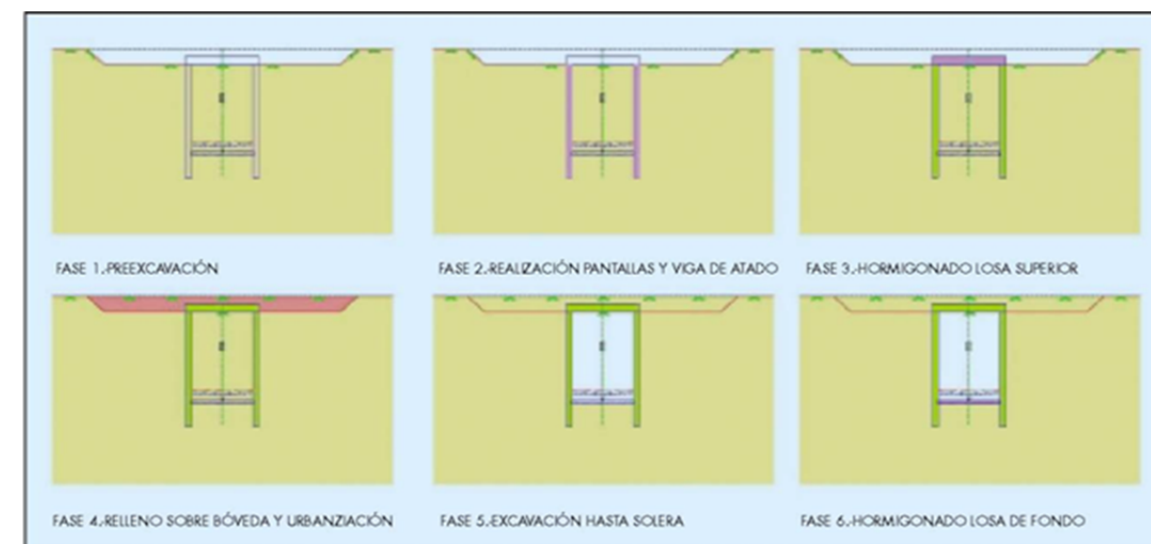
- Longitud mínima andenes: 115 m
- En planta se han ubicado en tramos en recta
- Alzado: en tramos con pendiente horizontal constante.

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 Figura 5.23:

- 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 contrabóveda.

Figura 5.47: Fases de ejecución del túnel por el método cut & cover



Fuente: Metro Madrid

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.

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.

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.

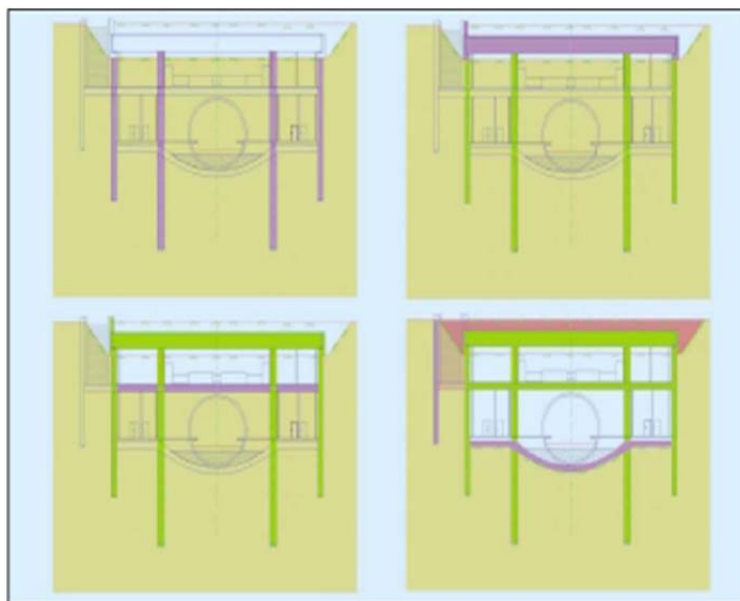
Una vez construida la bóveda e impermeabilizada, se rellena sobre la misma, y se restituye la superficie a su estado original. Este relleno ejerce un acodamiento sobre las pantallas, similar a la de los codales, lo que permite seguir ejecutando la estructura.

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.

Figura 5.48: Fases de ejecución de una estación mediante cut & cover



Fuente: Metro Madrid

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).

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

Remoción de vegetación: esta actividad tiene lugar en la mayoría de casos para la construcción de las estaciones subterráneas, ya que las mismas estarán ubicadas en una zona urbana donde existe vegetación.

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.

Remoción de edificaciones existentes: no se prevé la remoción de edificaciones existentes, salvo aquellos que se definan en su momento.

Excavación y relleno: cada estación subterránea conllevará la extracción, de un estimado de 231,32 m³ de suelo y 269,33 m³ 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 81,68 m³. 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.

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.

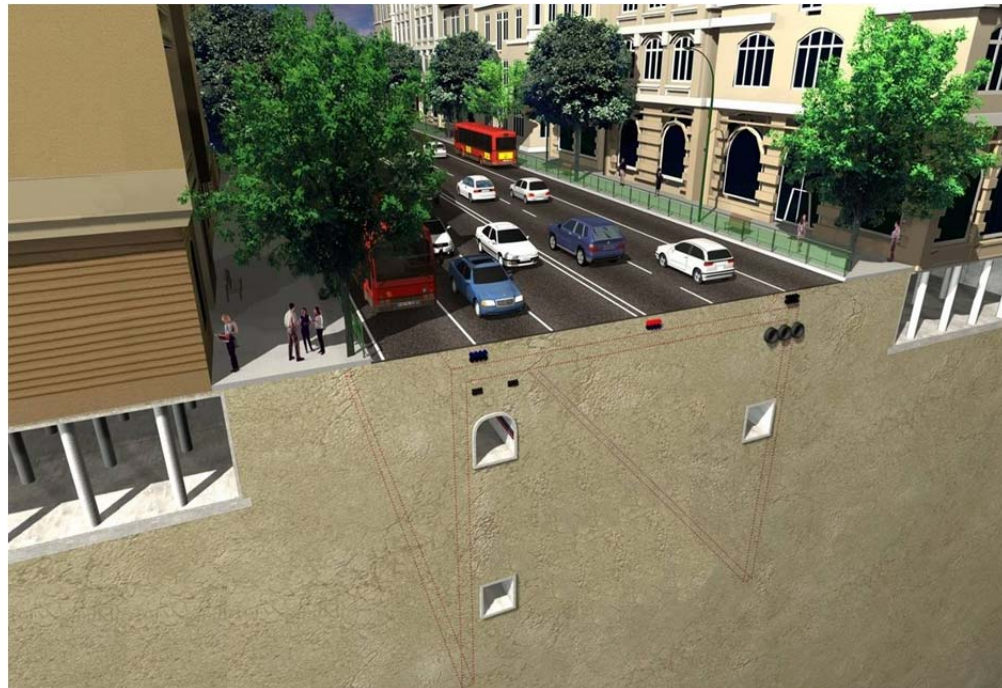
Movilización del equipo pesado

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.

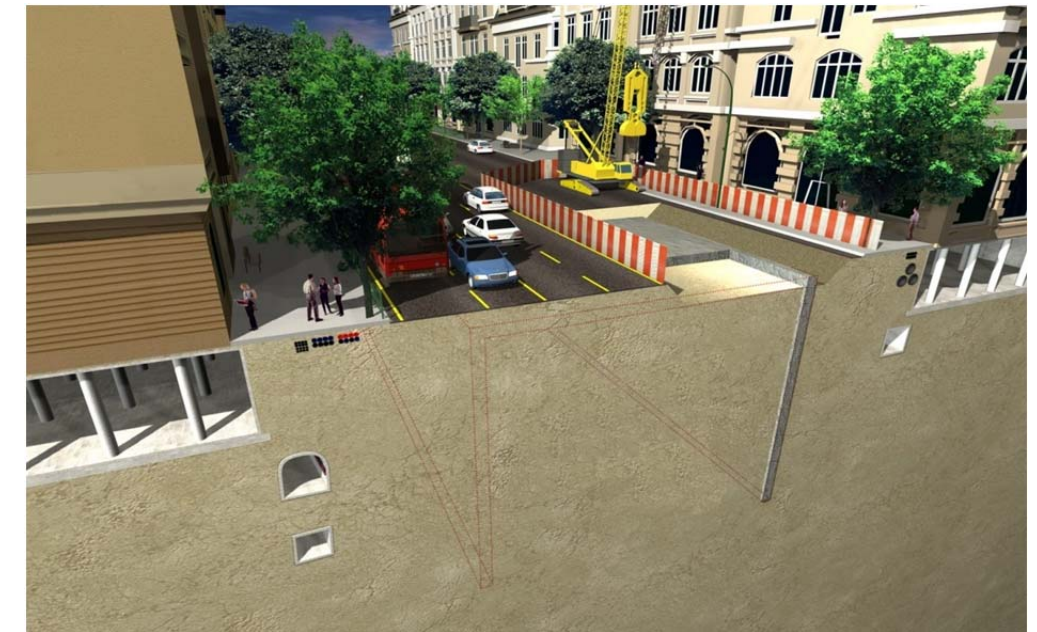
Figura 5.49: Desvío de servicios (I)



Fuente: Metro Madrid

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.

Figura 5.50: Desvío de tráfico (I y II)

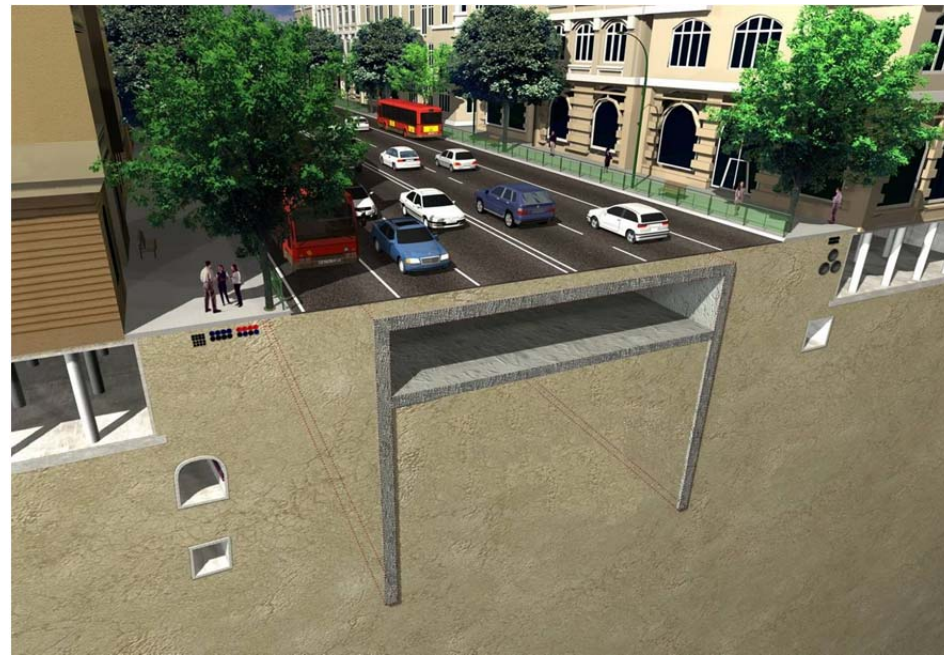


Fuente: Metro Madrid

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.

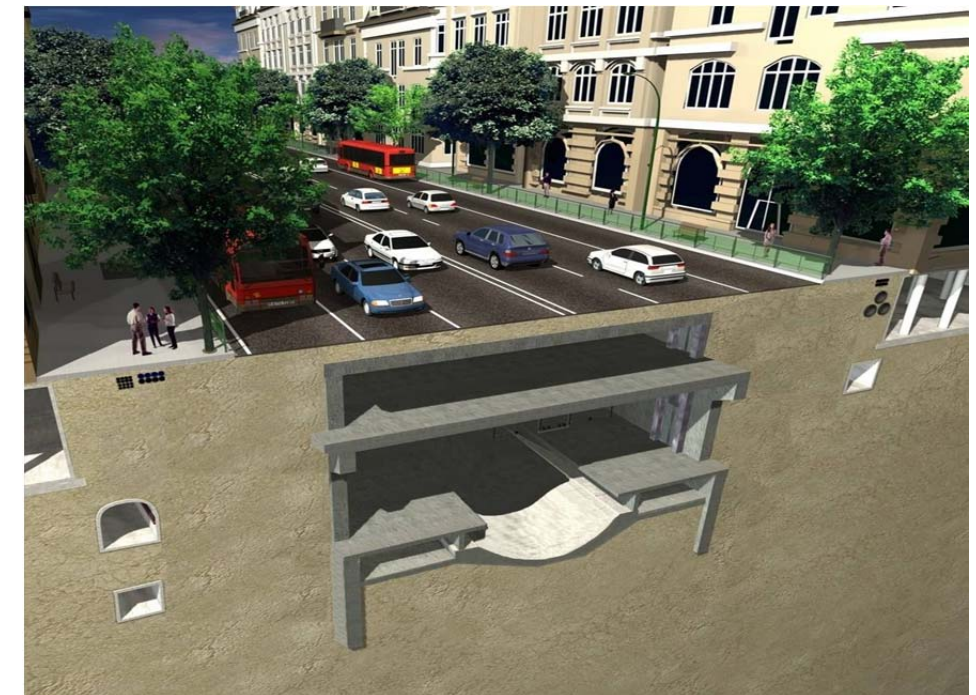
Figura 5.51: Excavación bajo losa (I)



Fuente: Metro Madrid

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.

Figura 5.52: Excavación bajo losa (II y III)

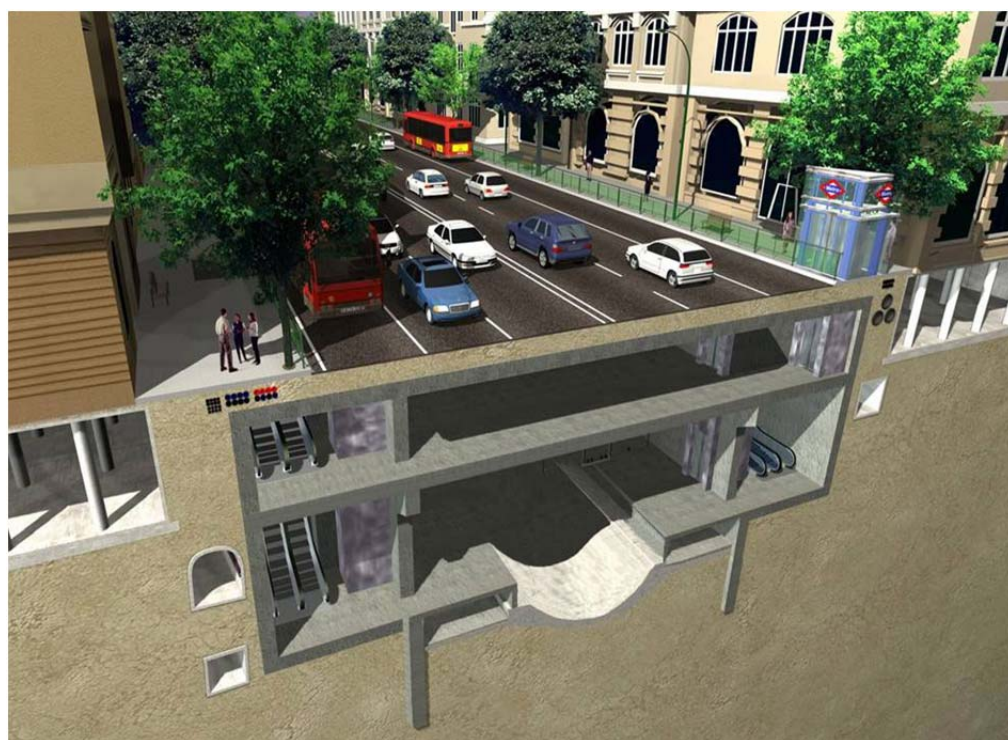


Fuente: Metro Madrid

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.

Figura 5.53: Andenes y acabados (I)



Fuente: Metro Madrid

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.

Figura 5.54: Andenes y acabados (II)



Fuente: Metro Madrid

Construcción de cocheras y talleres

Una cochera de metro, tal y como se concibe hoy en día, es el lugar donde se procede a las revisiones, reparaciones, estacionamiento y limpieza de los trenes. Dentro de una cochera convencional, se puede encontrar las siguientes zonas claramente delimitadas:

Vial de acceso a la cochera

El vial de acceso, es un paso para los vehículos privados y las personas que acceden a la cochera desde la vía pública, y que normalmente se dispone perimetral a la cochera.

Nave de estacionamiento

Su misión fundamental es la de permitir el estacionamiento de los trenes, bajo techo, durante aquellas horas en las que no existe circulación en la línea.

Normalmente, dicha nave se ejecuta en vía sobre taco, aunque también se admite que sea vía estuchada u hormigonada.

Al final de las vías de estacionamiento se colocan unas toperas de hormigón armado con un tope en su cara exterior, cuya función es la de reducir, en la medida de lo posible, la fuerza del impacto del tren en caso de choque por accidente.

Además se disponen unas plataformas metálicas, denominadas púlpitos, para posibilitar la subida y bajada de los conductores al tren. Dichos púlpitos se colocan en todas las entrevías, a la altura de la cabina de conducción, tanto en la cabeza como en la cola del tren. Igualmente, en la nave de estacionamiento se destinan una o dos vías para el lavado manual de trenes, indistintamente de si la cochera posee tren automático de lavado o no. En estas



vías se procede al lavado de aquellas zonas del tren que deben ser lavadas con cierta periodicidad o que el túnel automático no es capaz de lavar. Dichas zonas son las lunas frontales de las cabinas de conducción y los fuelles de aquellas unidades que los posean.

Para posibilitar el lavado de estas zonas, se le dota de una pasarela por cada lado del tren, corrida, a nivel de piso, a lo largo de toda la vía, para que el operario pueda acceder a cualquier parte del tren para su limpieza.

Nave de mantenimiento

Las vías de la zona de mantenimiento se disponen sobre pilares, ya que facilitan el acceso a los bajos del tren, a los operarios encargados del mantenimiento.

En casos especiales, se puede disponer una vía para Revisiones de Ciclo Largo (RCL). Dicha vía está dotada de 12 fosos, que albergan unos elevadores hidráulicos, cuya misión es levantar el tren completo para su revisión. En este caso, aquella zona de la vía que no disponga foso, se realizará estuchada.

Edificios de instalaciones y personal

Además de las naves descritas con anterioridad se construyen los edificios necesarios que posibilitan el buen funcionamiento de la cochera. En cada caso concreto, y dependiendo del espacio disponible, se podrán construir un mínimo número de edificios, siempre y cuando se mantengan todas las funciones descritas a continuación. Dichos edificios se clasifican en:

- Edificio de acceso y control: Dicho edificio tiene como misión principal, la vigilancia del acceso de los vehículos y personal a la cochera. Además recoge toda la información proveniente del circuito cerrado de televisión.
- Edificio de aseos y vestuarios
- Edificio de oficinas y despachos
- Edificio de instalaciones: Las instalaciones más usadas por Metro, para el correcto funcionamiento de sus cocheras son:
 - Cuarto de comunicaciones
 - Cuartos eléctricos, que generan y transforman la energía suficiente para el abastecimiento de las necesidades de la cochera.
 - Sala de climatización: En este cuarto se colocan los climatizadores necesarios, para la correcta climatización de la nave de mantenimiento y despachos.
- Cuarto de enclavamiento

- Cuarto de compresores: Aquí se instalan los aparatos de aire comprimido, que posibilitan el mantenimiento de los trenes,
- Cuarto de dispensación de grasas y aceites. Cuarto de baterías.
- Aljibe: Depósito de agua, que garantiza el suministro de la misma, en caso de incendio.

Manejo de materiales y lodos de excavación

Manejo de materiales

El Estudio de Impacto Ambiental identifica que existen restricciones acerca de los horarios de circulación de vehículos pesados, que constan en la Ordenanza Metropolitana 147 relativa al control de vehículos pesados. Existen horarios específicos para que estos carros puedan transitar en la zona urbana, tales como: de 06:30 a 09:30 y de 16:00 a 20:30, los mismos que serán respetados en la fase constructiva.

De acuerdo a los frentes de trabajo y a los volúmenes de tierra calculados para cada tramo y estación, se ha establecido la siguiente estrategia de movilización de las tierras, que se direccionan a las alternativas de escombreras reportadas en el capítulo de alternativas del proyecto (Adjunto 1) y bajo los siguientes criterios:

- Se definieron las siguientes escombreras para utilizar en el proyecto: Jatunhuaico (Sector Monteserrín), El Batán (Sector túnel Guayasamín) y Guamaní (al sur de Quito) (Ver informe de Alternativas del Proyecto).
- Según la planificación realizada por la UNMQ, la escombrera que estará inicialmente a disposición en la zona norte es la de Jatunhuaico, razón por la cual se establecen rutas para las estaciones Jipijapa e Iñaquito. Los escombros producidos por la construcción de la estación El Labrador se utilizarán para el desarrollo de parques y jardines al proyectado Parque de El Lago ubicado en el aeropuerto y los escombros de la tuneladora norte se dirigirán hacia la escombrera de El Batán
- Uno de los criterios utilizados consiste en enviar los escombros por la menor cantidad de vías posibles, a fin de facilitar el control por parte de la Policía Nacional.
- Las volquetas circulan por vías de menos de 2 carriles en una distancia no mayor a los 400 metros (Desde la ubicación de las rampas hasta tomar una vía principal). Toda la circulación restante se realiza por vías de entre 2 y 3 carriles por sentido.
- Es importante tomar en cuenta que se deben respetar los horarios a definir para el desalojo de escombros, así como tomar en cuenta la ayuda que pueda dar la Policía Nacional en las zonas por donde circulen las volquetas.



- Se procuró transitar la menor cantidad de distancia posible por el Centro Histórico, a fin de causar el mínimo impacto posible en el lugar.
- Se despachan 7 volquetas de 10m³ por hora debido al desalojo en las estaciones, esto representa 1 volqueta cada 8 minutos aproximadamente. Por otro lado, se despachan 17 volquetas de 10m³ por hora debido al desalojo del material por los trabajos en el túnel. Esto representa aproximadamente 1 volqueta cada 2.5 minutos.

Tomando en cuenta estas consideraciones, a continuación se definen las vías a utilizar.

1. EL LABRADOR (Estación)

Las tierras correspondientes a esta estación serán utilizadas en el Parque del Lago, el cual ocupará los terrenos del actual Aeropuerto Mariscal Sucre.

2. EL LABRADOR (Tuneladora)

Escombrera de Destino: El Batán y/o Jatunhuaycu (Monteserrín)

- Salida por Isaac Albéniz (necesidad de crear paso desde terrenos del Aeropuerto hacia el lado Este de Av. Galo Plaza).
- Tomar Calle El Morlán en dirección norte.
- Tomar Calle Samuel Fritz en dirección este.
- Tomar calle Joaquín Sumaita en dirección sur.
- Tomar Av. El Inca en dirección este.
- Continuar por la Av. De las Palmeras y tomar la salida a la Av. Simón Bolívar.

3. JIPIJAPA

Escombrera de Destino: Jatunhuaycu (Monteserrín)

- Salida de la rampa por el parque Roberto Andrade hacia Isla Isabela (Propuesta de utilización temporal de Parques de Jipijapa para desviar tráfico vehicular y para salida de material. Luego de concluida la obra, se restituirán los parques).
- Seguir por Isla Isabela en dirección sur.
- Tomar Isla Floreana en dirección este.

- Tomar calle París en dirección sur.
- Tomar la Av. Los Granados en dirección este.
- Dirigirse a la escombrera.

4. IÑAQUITO

Escombrera de Destino: Jatunhuaycu (Monteserrín)

- Salida por Calle Japón.
- Tomar Av. NNUU en dirección este.
- Tomar Av. De los Shyris (Av. 6 de Diciembre)
- Tomar la Av. Gaspar de Villaroel en dirección este.
- Tomar la Av. 6 de Diciembre en dirección norte.
- Tomar la Av. De los Granados en dirección este.
- Dirigirse a la escombrera.

5. CAROLINA

Los escombros de esta estación serán utilizados en obras públicas a ejecutarse en el Parque La Carolina.

6. LA PRADERA

Escombrera de Destino: El Batán

- Salir por la Av. Eloy Alfaro en dirección oeste.
- Tomar la Av. 10 de Agosto en dirección norte.
- En el sector de la Y, tomar la Av. Gaspar de Villaroel en dirección este.
- Tomar la Av. 6 de Diciembre en dirección norte.
- Tomar la Av. De los Granados en dirección este.
- Tomar la Av. Simón Bolívar.



7. UNIVERSIDAD CENTRAL

Escombrera de Destino: El Batán

- Realizar un cruce temporal desde el lado occidental de la calle Marchena, hacia la Av. América.
- Tomar la calle Versailles, en dirección sur.
- Tomar la Av. Pérez Guerrero en dirección sureste.
- Tomar la Av. Patria en dirección este.
- Tomar la calle Queseras del Medio.
- Tomar la Av. Oriental.
- En el trébol, tomar la Autopista General Rumiñahui.
- En el intercambiador tomar la Av. Simón Bolívar en dirección norte.

8. EL EJIDO

Escombrera de Destino: El Batán

- Tomar la calle Tarqui en dirección este.
- Tomar la Av. 12 de Octubre en dirección norte.
- Tomar la calle Queseras del Medio.
- Tomar la Av. Oriental.
- En el trébol, tomar la Autopista General Rumiñahui.
- En el intercambiador tomar la Av. Simón Bolívar en dirección norte.

9. LA ALAMEDA

Escombrera de Destino: El Batán

- Tomar la calle Sodiro en dirección oeste.
- Tomar la calle Felipe Borja en dirección noreste.
- Tomar la calle Tarqui en dirección este.

- Tomar la Av. 12 de Octubre en dirección norte.
- Tomar la calle Queseras del Medio.
- Tomar la Av. Oriental.
- En el trébol, tomar la Autopista General Rumiñahui.
- En el intercambiador tomar la Av. Simón Bolívar en dirección norte.

10. SAN FRANCISCO

Escombrera de Destino: El Batán

- Los escombros salen por la conexión subterránea al viaducto de la Av. 24 de Mayo.
- Tomar el viaducto de la Av. 24 de Mayo en dirección este.
- Tomar la Av. Cumandá en dirección sur.
- Tomar la Av. Maldonado hacia el trébol.
- En el trébol, tomar la Autopista General Rumiñahui.
- En el intercambiador tomar la Av. Simón Bolívar en dirección norte.

12. LA MAGDALENA

Escombrera de Destino: El Batán

- Salir a la Av. Gatazo en dirección oeste.
- Tomar la Av. Epiclachima en dirección norte.
- Tomar la Av. Rodrigo de Chávez en dirección este.
- En el redondel tomar la Av. Napo.
- Tomar la Av. Maldonado hacia el trébol.
- En el trébol, tomar la Autopista General Rumiñahui.
- En el intercambiador tomar la Av. Simón Bolívar en dirección norte.



13. EL RECREO

Escombrera de Destino: El Batán

- Tomar el Tambo por la salida de la rampa
- Tomar la Calvas en dirección este
- Tomar la San Pablo en dirección norte
- Tomar la Av. Napo en dirección este.
- Tomar la Av. Maldonado hacia el trébol.
- En el trébol, tomar la Autopista General Rumiñahui.
- En el intercambiador tomar la Av. Simón Bolívar en dirección norte.

14. EL CALZADO

Escombrera de Destino: El Batán

- Salida por la calle Reyes.
- Tomar la calle Hurtado de Mendoza en dirección sur
- Tomar la calle León de la Cueva en dirección oeste
- Tomar la Av. Cardenal de la Torre en dirección norte
- Tomar la Av. Tnt. Hugo Ortiz en dirección norte.
- Tomar la Av. Alonso de Angulo en dirección este
- Tomar la Av. Napo en dirección este.
- Tomar la Av. Maldonado hacia el trébol.
- En el trébol, tomar la Autopista General Rumiñahui.
- En el intercambiador tomar la Av. Simón Bolívar en dirección norte.

15. SOLANDA

Escombrera de Destino: Q. San Isidro (Guamaní) y/o Sibauco (vía a Los Chillos)

- Salir por la Av. Estandeque a la Av. Tnt Hugo Ortiz.
- Tomar la Av. Morán Valverde en dirección este
- Tomar la Av. Maldonado en dirección sur.
- Avanzar hasta la escombrera en el sector del INIAP (Q. San Isidro)
- En caso de utilizar Sibauco (vía Los Chillos), llegar a la Av. Simón Bolívar y de allí a la Av. General Rumiñahui

16. MORÁN VALVERDE

Escombrera de Destino: Q. San Isidro (Guamaní) y/o Sibauco (vía a Los Chillos)

- Salir a la Av. Rumichaca y girar hacia la Av. Morán Valverde.
- Tomar la Av. Morán Valverde hasta la Av. Maldonado.
- Continuar por la Av. Maldonado en dirección sur hasta llegar a la escombrera.
- En caso de utilizar Sibauco (vía Los Chillos), llegar a la Av. Simón Bolívar y de allí a la Av. General Rumiñahui

17. Quitumbe

Escombrera de Destino: Q. San Isidro (Guamaní) y/o Sibauco (vía a Los Chillos)

- Avanzar por la Guayanayñan hasta llegar a la Av. Maldonado.
- Continuar por la Av. Maldonado hasta llegar a la escombrera.
- En caso de utilizar Sibauco (vía Los Chillos), llegar a la Av. Simón Bolívar y de allí a la Av. General Rumiñahui

Lodos de excavación

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.

Figura 5.55 Sistema generador de espuma y caudalímetro de los distintos aditivos de la TBM-EPB empleada en la construcción de la prolongación de la línea 1 del metro de Madrid



Fuente: BASF Construction Chemicals España, S.L)

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 que²:

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 secase 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.

² Montalbán, D.: *Tratamiento de terreno en la construcción de túneles con tuneladoras de equilibrio por presión de tierras (TBM-EPB)*. Revista *Obras Urbanas*. Madrid, octubre 2010, pp 92.

Empleo de lodos de excavación

De acuerdo con las indicaciones del equipo de ingeniería responsable de la redacción del Proyecto Constructivo, no se tiene previsto el empleo de lodos de excavación (bentonitas o similares) en ninguna fase de la construcción de la Primera Línea de Metro de Quito

5.4 Fase de operación y mantenimiento

Las actividades correspondientes a la fase de operación y mantenimiento dependerán del material móvil y equipos auxiliares finalmente elegidos, que solo serán conocidos en detalle tras la adjudicación del contrato, ya que cada uno de los licitadores presentarán en su oferta los modelos y marcas comerciales con los que concurren a la adjudicación.

Por ello, en el momento actual, únicamente se puede realizar una descripción general de las tareas correspondientes a esta fase de operación y mantenimiento, quedando para fases posteriores el establecimiento de las tareas concretas en detalle.

Sin menoscabo de lo anterior, 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

5.4.1 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 de 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:

1. Inspección y pruebas en fábrica
2. Inspección y pruebas “in situ”
3. Puesta en servicio

A continuación se describe de forma general las tareas correspondientes:

a. Inspección y pruebas en fábrica

Se comprobará que todo el material rodante y los equipos auxiliares cumplen con lo establecido para cada elemento concreto en las especificaciones incluidas en los Pliegos de Prescripciones Técnicas correspondientes.

Para realizar las inspecciones se confeccionarán las correspondientes planillas o impresos normalizados, que tras su aprobación por parte de los Inspectores designados por Metro de Quito, se irán implementando por éstos conforme las pruebas se lleven a cabo. Sólo se considerarán como aceptadas aquellas pruebas que hayan sido específicamente aprobadas por escrito por el Inspector correspondiente.

Las pruebas en fábrica se realizarán tanto durante el proceso de fabricación de los equipos, como tras su finalización, es decir, con el equipo terminado y con carácter previo a la expedición. En la medida de lo posible, se recurrirá a procedimientos de prueba normalizados. El fabricante notificará por escrito a Metro de Quito con una antelación superior a los tres meses el lugar y fecha de realización de cada prueba. 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.

Las pruebas a realizar serán de dos tipos:

- Pruebas de diseño: se realizarán una única vez para cada clase de equipo, y servirán para constatar que el equipo cumple con las especificaciones de diseño que le son aplicables
- Pruebas de fabricación: se realizarán sobre un lote de fabricación de un equipo concreto, y servirán para comprobar que no existen errores de fabricación. En algunos casos las pruebas se extenderán a la totalidad de la producción y en otros se realizarán sobre la muestra que se determine por parte de los Inspectores designados al efecto.

Además de las anteriores, cada fabricante deberá realizar sus propios ensayos o pruebas que garanticen la calidad de sus productos y la trazabilidad de los materiales con que fueron construidos. Los fabricantes entregarán a Metro de Quito toda la documentación correspondiente a los ensayos y pruebas realizados, en particular los registros informáticos, videográficos o electrónicos de las simulaciones efectuadas, en su caso.

b. Inspección y pruebas “in situ”

Una vez recibidos los equipos, los Inspectores designados por Metro de Quito los inventariarán, y procederán a una comprobación visual para detectar cualquier posible daño físico o la falta de alguna unidad.

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.

5.4.2 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:

1. Expedición y recarga de boletos
2. Control de accesos
3. Control de operaciones
4. 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 contactarán 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 máquinas 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 cocheras, 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 función básica del Centro de Control de Operaciones Ferroviarias será la de dirigir los trenes desde las cocheras hasta la 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.

5.4.3 Mantenimiento de equipos e instalaciones

El mantenimiento del material rodante se extiende a la limpieza interior y exterior de los trenes, a las inspecciones periódicas del material rodante así como a las operaciones de mantenimiento mayor y reparaciones. Estas operaciones se realizarán en los talleres localizados en la zona de cocheras.

Para la limpieza exterior de los coches se tiene previsto el empleo de una máquina automatizada, apoyada por un lavado manual de los espacios de difícil acceso. Se realizará con una periodicidad semanal.

La limpieza interior se efectuará de forma manual por brigadas especializadas. Se realizará con periodicidad diaria, aunque con carácter semanal se efectuará una limpieza de mayor alcance.

Para realizar el mantenimiento mecánico de los trenes se dispondrá de dos talleres diferenciados, en función de la importancia y duración de las operaciones a realizar.

Así, para las operaciones ordinarias, se dispondrá de un taller de ciclo corto o mantenimiento ligero, en el que se realizarán las revisiones rutinarias (semanales o cada un determinado número de kilómetros) y el mantenimiento correctivo. Estas operaciones no durarán más de un día.

Para operaciones de mayor envergadura (aquellas cuya duración supera el día de trabajo), se dispondrá de un taller de ciclo largo o mantenimiento pesado. Aquí se realizarán trabajos profundos no programados, pintura de los coches, reparaciones importantes, perfilado de ruedas de vagones, etc.

Además de los anteriores talleres destinados al mantenimiento y reparación del material rodante, se dispondrá de otros talleres auxiliares en los que llevar a cabo la preparación y mantenimiento de equipos del sistema de señalización, del sistema de telecomunicación, del equipo de suministro de energía, de los equipos de expendeduría y cobro de boletos, así como de los demás equipos del sistema del Metro de Quito.

También se dispondrá de un taller de vías y catenaria, que contendrá los equipos y herramientas necesarias para el mantenimiento y reparación de estos subsistemas.

Junto a estos talleres se dispondrá de áreas de depósito destinadas al almacenaje y acopio de piezas de repuesto para el material rodante, piezas y equipos de la vía férrea y catenaria y piezas de repuesto para el resto de equipos auxiliares.

Finalmente, se establecerán otras áreas, debidamente acondicionadas, para realizar el depósito y almacenaje de materiales inflamables y lubricantes.

Por lo que respecta a las instalaciones, se dispondrá de brigadas de personal que llevarán a cabo los mantenimientos menores de los edificios. Estos incluyen actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de las estaciones, la vía y las cocheras, entre las que pueden destacarse la limpieza y mantenimiento de las estaciones, la pintura de edificios y la limpieza y mantenimiento de los túneles de línea y viaductos.

La infraestructura de las áreas de mantenimiento y talleres contarán con tres sistemas de canalización: una de aguas lluvias que será evacuado directamente a la alcantarilla, otra que recogerá los efluentes generados en las actividades de mantenimiento (aguas aceitosas, derrames, aguas con solventes) la que será almacenada en una cisterna en donde se realizará tratamiento previo descarga conforme límites permisibles, o dispuesta a través de



un gestor de residuos peligrosos debidamente acreditado ante la autoridad ambiental. Finalmente, las aguas grises y negras generadas en los edificios serán evacuadas a través del alcantarillado municipal.

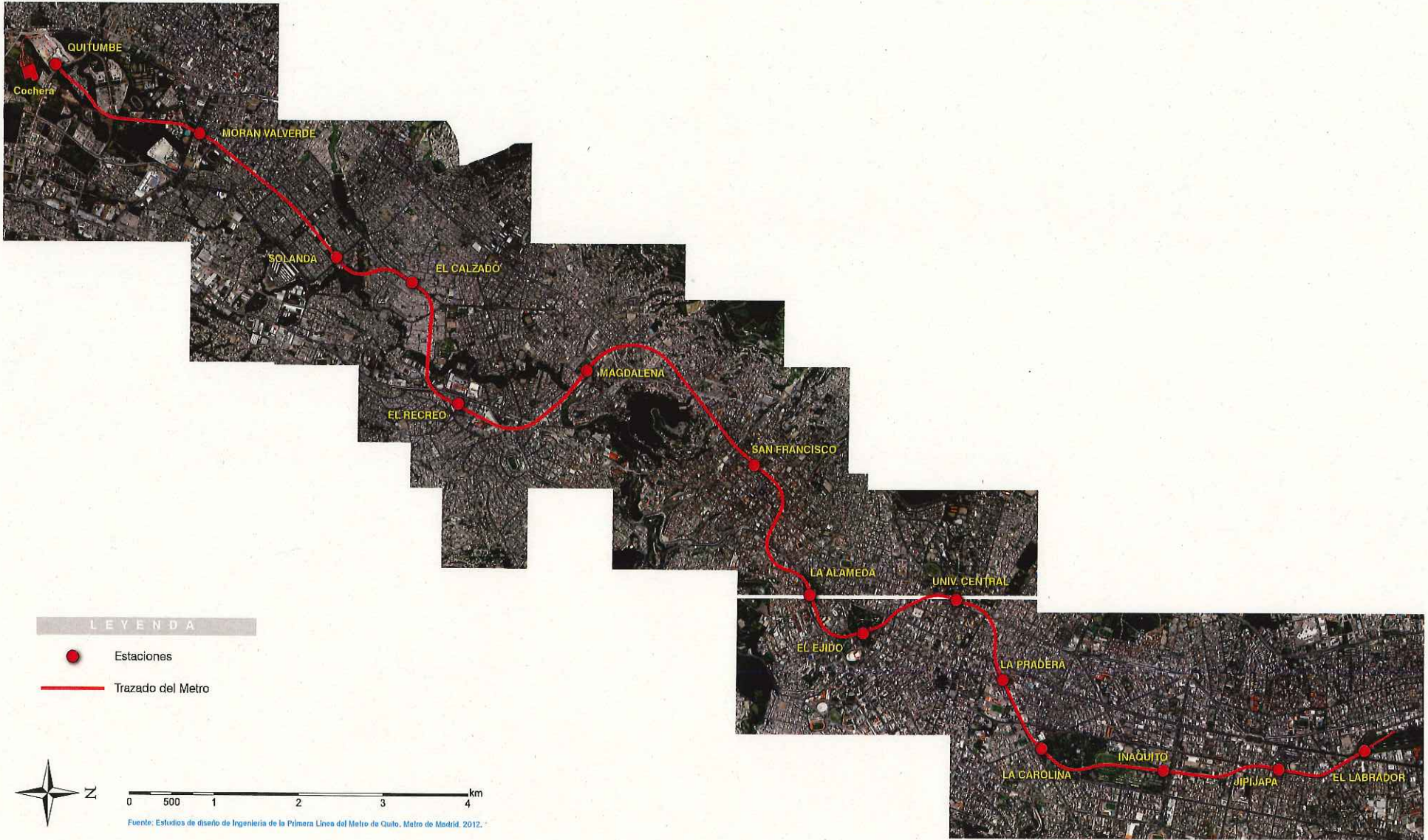
5.5 Fase de cierre y rehabilitación

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.

Infraestructuras temporales pos construcción

Figura 5.1: Trazado y ubicación de las estaciones de la Primera Línea de Metro de Quito



SITIOS DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RESERVA PROYECTADAS A FUTURO EN LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO



VISTA GENERAL

