

**CAPÍTULO 5**  
**DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**



ÍNDICE DE CONTENIDO

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ..... 5-3

5.1 INTRODUCCIÓN..... 5-3

5.2 CRITERIOS DE DISEÑO ..... 5-4

5.2.1 Número y ubicación de las estaciones ..... 5-4

5.2.2 Cocheras y depósitos..... 5-5

5.2.3 Accesibilidad..... 5-5

5.2.4 Seguridad funcional ..... 5-6

5.3 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE RUTA Y ESTACIONES..... 5-7

5.4 DESCRIPCIÓN DE COCHERAS Y TALLERES ..... 5-16

5.4.1 Descripción funcional ..... 5-17

5.4.2 Instalaciones..... 5-19

5.4.3 Dimensionamiento..... 5-20

5.4.4 Ubicación ..... 5-21

5.5 OTRAS INSTALACIONES..... 5-21

5.5.1 Pozo de ataque ..... 5-22

5.5.2 Pozos de ventilación y salidas de emergencia..... 5-22

5.5.3 Pozos de extracción..... 5-22

5.5.4 Parque de acopio de dovelas e instalaciones auxiliares ..... 5-22

5.6 SITIO DE ESCOMBRERA ..... 5-22

5.7 FASES DE PROYECTO..... 5-23

5.7.1 Fase previa ..... 5-23

5.7.2 Preparación..... 5-23

5.7.3 Inspección ..... 5-23

5.7.4 Retiro de propiedades y estructuras ..... 5-23

5.7.5 Reubicación de infraestructuras y propiedades ..... 5-24

5.7.6 Avalúo de predios afectados por la construcción ..... 5-24

5.7.7 Adecuación y uso de patio de maquinarias..... 5-25

5.7.8 Preparación de escombreras ..... 5-26

5.7.9 Fase de construcción ..... 5-26

5.7.10 La fase constructiva consta de:..... 5-32

5.7.11 Fase de operación ..... 5-36

5.7.12 Actividades de cierre y rehabilitación ..... 5-37

5.7.13 Materiales de construcción..... 5-37

5.8 ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTOS ..... 5-37

5.8.1 Impactos en las fases previas y de construcción ..... 5-37

5.8.2 Impactos en la fase de operación ..... 5-38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 5.1: Avalúo de las propiedades en el área de las estaciones del Metro ..... 5-24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1: Ubicación tentativa para la cochera de Quitumbe .....5-21

Figura 5.2: Sitio propuesto para la escombrera .....5-22

Figura 5.3: Composición y funcionamiento de la tuneladora EPB.....5-27

Figura 5.4: Fases de ejecución del túnel por el método cut & cover .....5-30

Figura 5.5: Fases de ejecución de una estación mediante cut & cover .....5-30



## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 5.1 INTRODUCCIÓN

El 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.

Tal como se indicó en el Capítulo 2, actualmente 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 el Metro de Quito, que satisfará 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.

El 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 Prefactibilidad<sup>1</sup> realizado se concluye que con base en su capacidad operativa, el Metro de Quito sería el único 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.

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

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 partiendo desde la Estación 1 Quitumbe al sur de la ciudad hasta la Estación 15 El Labrador ubicada al norte.

Será el eje de transporte masivo vertebrador norte-sur en torno al cual se reordenará el resto de sistemas de transporte público, de cara a optimizar el funcionamiento general del sistema de transporte público en el DMQ.

Esta línea se complementaría con unas cocheras y talleres para estacionamiento y mantenimiento de los trenes. Se identificó como zona idónea para su ubicación la zona de Quitumbe.

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

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.

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 del Metro 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.



## 5.2 CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación se exponen los criterios de diseño más importantes y los aspectos funcionales esenciales del proyecto.

- Número y ubicación de las estaciones
- Cocheras y depósitos
- Accesibilidad
- Seguridad funcional

### 5.2.1 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.

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.

### 5.2.2 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 del Metro.
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.

### 5.2.3 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 handicap, 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.



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.

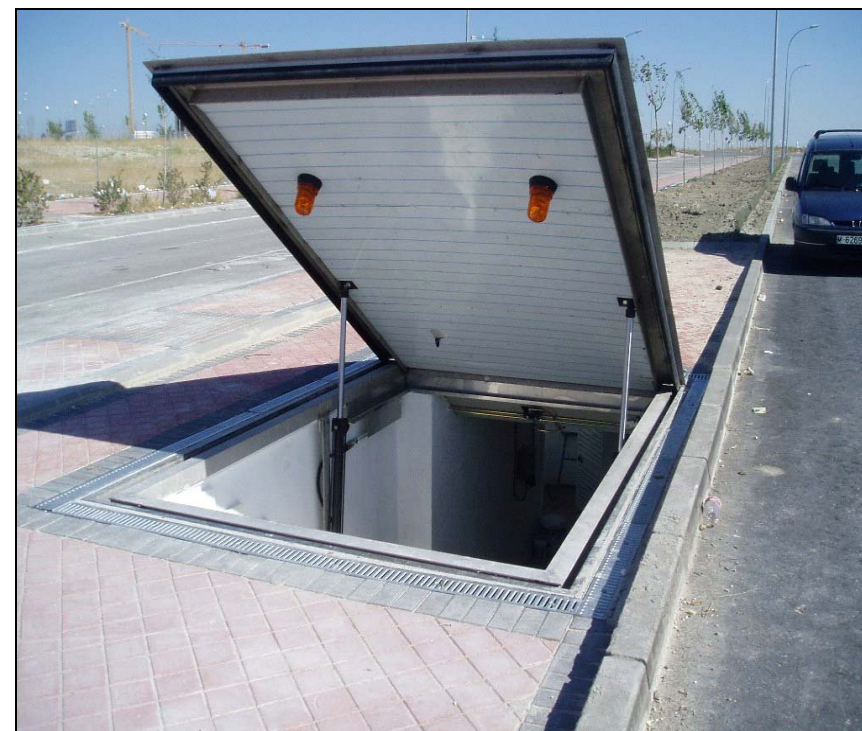
#### 5.2.4 Seguridad funcional

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 colmar toda la estación antes de que se produzca la evacuación.



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

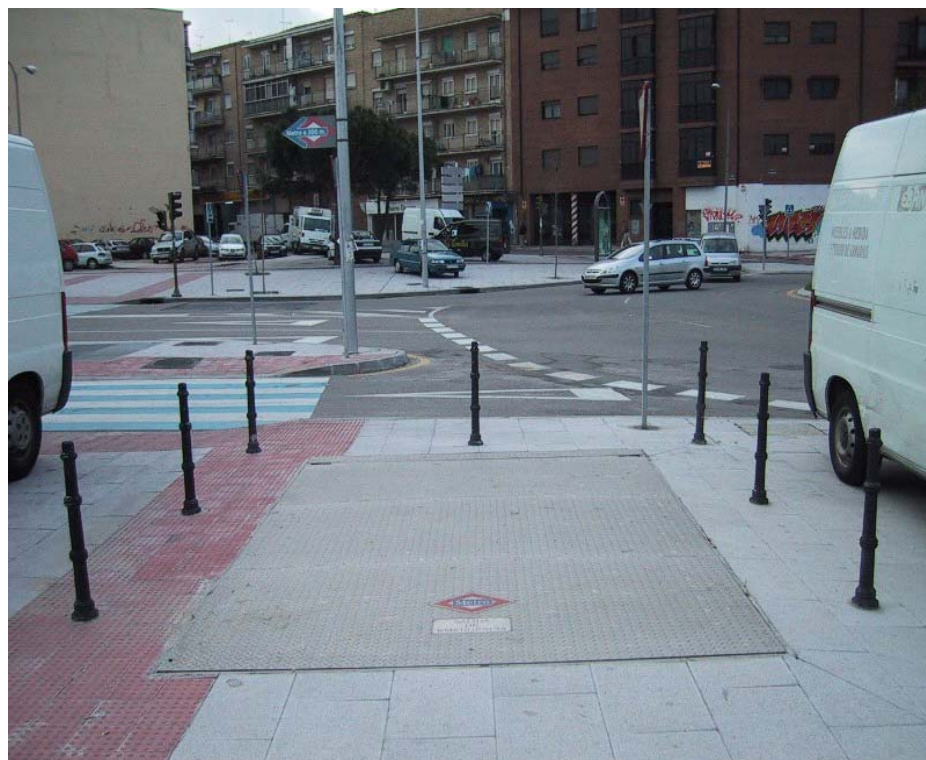
- No establecer protocolos de emergencia que supongan de forma ineludible el cambio, telemandado y en tiempo real, mientras se está produciendo el evento, de los sentidos de las ventilaciones.



- 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.

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 interestaciones 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.



Fuente: Metro Madrid. Ocupación de una salida de emergencia

## 5.3 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE RUTA Y ESTACIONES

A continuación se describe el 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 la primera estación y el área de cocheras y estacionamientos. Toma la calle Pumapungo para cruzar la quebrada Ortega y alcanzar 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.

Es una zona bastante transitada por viajeros interprovinciales, hay una escasa presencia de casas, está rodeado de terrenos baldíos y es de fácil acceso a los transeúntes ya que hay buses destinados al lugar y de hecho es la última estación del Trolebús.

En este caso, se ha elegido un tipo de estación sencilla de escasa anchura, para que la ocupación en planta de la estación del metro no interfiera con la estructura y las cimentaciones previstas para la posible ampliación del edificio de la terminal existente.

El acceso a la estación se plantea junto al acceso suroeste del edificio de la terminal, en la zona prevista para la su ampliación, de forma que quede integrado dentro del futuro volumen a ampliar.

Dentro del edificio de la terminal, al mismo nivel que el acceso al metro se encuentra el vestíbulo, desde el que se hace posible el intercambio con las líneas de transporte urbano y con los corredores suroriental y suroccidental. Preferentemente mediante las rampas existentes, puede accederse desde el vestíbulo a los dos niveles que se encuentran en el lado opuesto, donde se producen las llegadas y las salidas interprovinciales e internacionales.

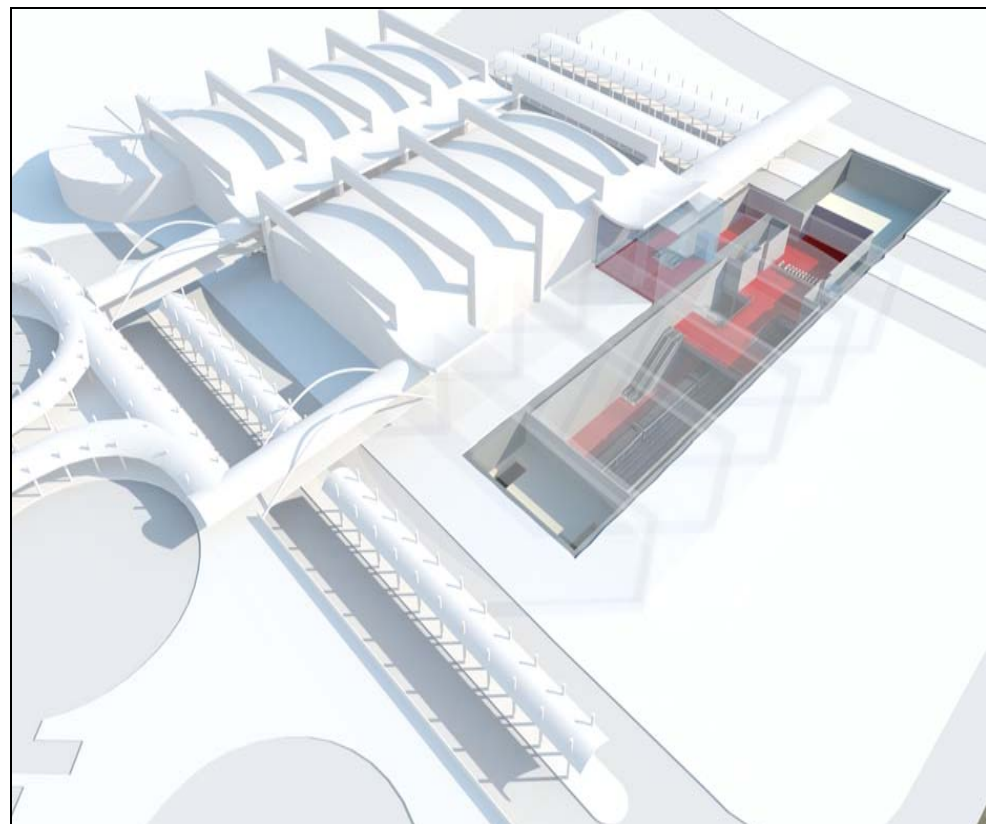
Se ha previsto una estación de metro de baja profundidad de traza, con la cabeza de carril a unos 13,50 m, que dispone de dos niveles subterráneos: vestíbulo y andenes.

El vestíbulo se plantea en el primer nivel subterráneo, a 6,50 m de profundidad y dispone de torniquetes de peaje, zonas anexas para cuartos técnicos y espacios servidores, así como la posibilidad de localización de actividades comerciales complementarias.

La longitud de los andenes es de 115 m, para permitir la parada de trenes con composiciones de seis coches. Su anchura queda ampliada en las zonas de embarque de las escaleras. El resto de zonas anexas a los andenes están previstas para alojar los cuartos técnicos, huecos de ventilación o escaleras de emergencia.



### Estación de Quitumbe junto al terminal terrestre



Fuente: UNMQ



Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 772335 N 9967341

Siguiendo por Rumichaca, se llega al cruce con la Av. Morán Valverde, donde se ubica la Estación 2 Morán Valverde. Corresponde a un espacio verde, cercado con malla.

### Estación 2 Morán Valverde



Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 772321 N 9967083

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.

### Estación Solanda



Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 773649 N 9969881



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.

### Estación El Calzado



Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 773956 N 9970313

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 la Estación 5 bajo las vías del ferrocarril a Guayaquil y la zona de talleres del Trolebús.

Se plantea para esta estación una tipología especial, debido a sus características singulares:

- El intercambio con la terminal de transferencia de trolebuses y autobuses.
- La previsión de que esta estación sea la cabecera de una segunda línea de Metro.
- La elevada demanda de viajeros que se estima para esta estación.

Los accesos se organizan en torno a un corredor, situado en el primer nivel subterráneo a 4,50 m de profundidad, que conecta los distintos ámbitos de acceso para proporcionar la máxima eficacia de intercambio entre modos de transporte.

Este corredor se inicia mediante un primer acceso, dotado de dos escaleras fijas, situado junto al centro comercial de la avenida Pedro Vicente Maldonado. Al otro lado de la avenida, en el exterior del edificio de la terminal, se sitúa un conjunto de escalera fija y ascensor, éste último para garantizar la accesibilidad desde la calle. Una vez

pasados los torniquetes del sistema de transportes existente, ya dentro del recinto de la terminal, se plantean otros dos conjuntos de escalera fija y ascensor, para el acceso directo al metro desde las dársenas de autobuses.

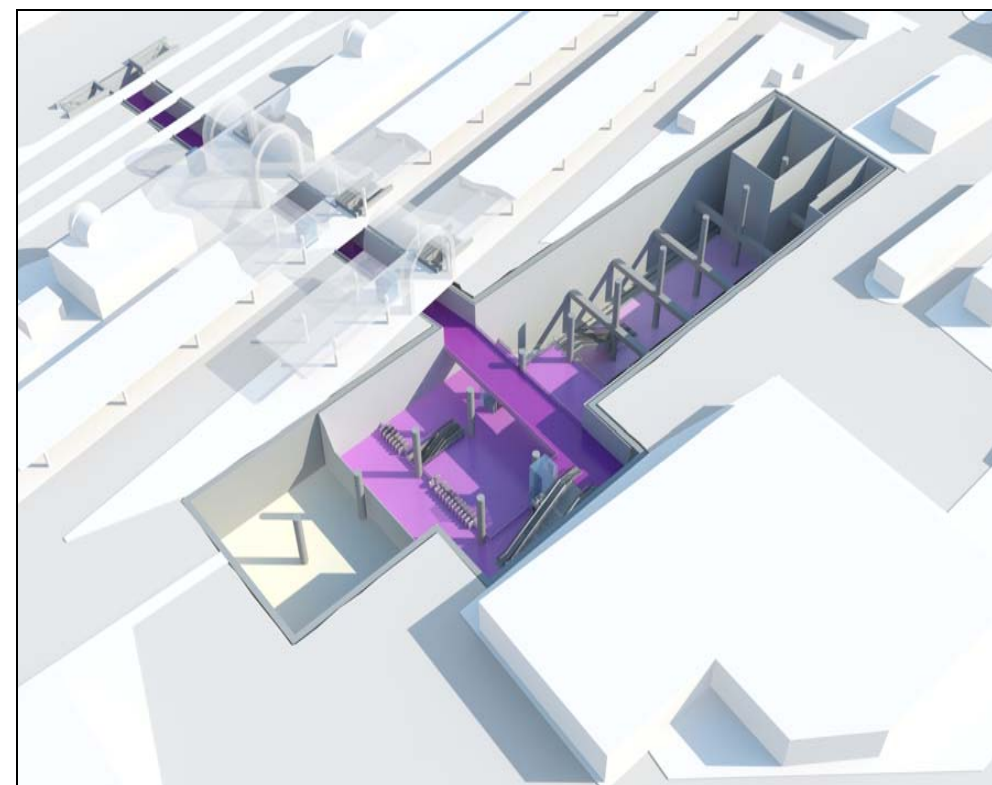
Debido a los condicionantes del trazado, la estación se ha previsto a una profundidad media, con la cabeza de carril a unos 20 m, lo que exige la construcción de tres niveles subterráneos: pasarela, vestíbulo y andenes.

Tanto en el nivel de vestíbulo como en el de andenes se han previsto espacios para alojar los cuartos técnicos necesarios para el funcionamiento de la estación, las escaleras de emergencia y posibles locales comerciales.

Se propone la ejecución de esta estación mediante procedimiento constructivo “cut and cover”, que permite la construcción desde la superficie de todos los ámbitos de la estación. Las luces a salvar por las losas de los distintos niveles no plantean especiales dificultades.

Al igual que en el resto de estaciones, se ha hecho especial esfuerzo en garantizar la accesibilidad de todos los espacios de la estación, fundamentalmente mediante la disposición de ascensores que comunican todos los niveles.

### Estación El Recreo



Fuente: UNMQ





Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 776059 N 9972029

Siguiendo por la vía, el trazado llega a la parada del Trolebús de Villaflores (pasando por debajo) y toma 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).

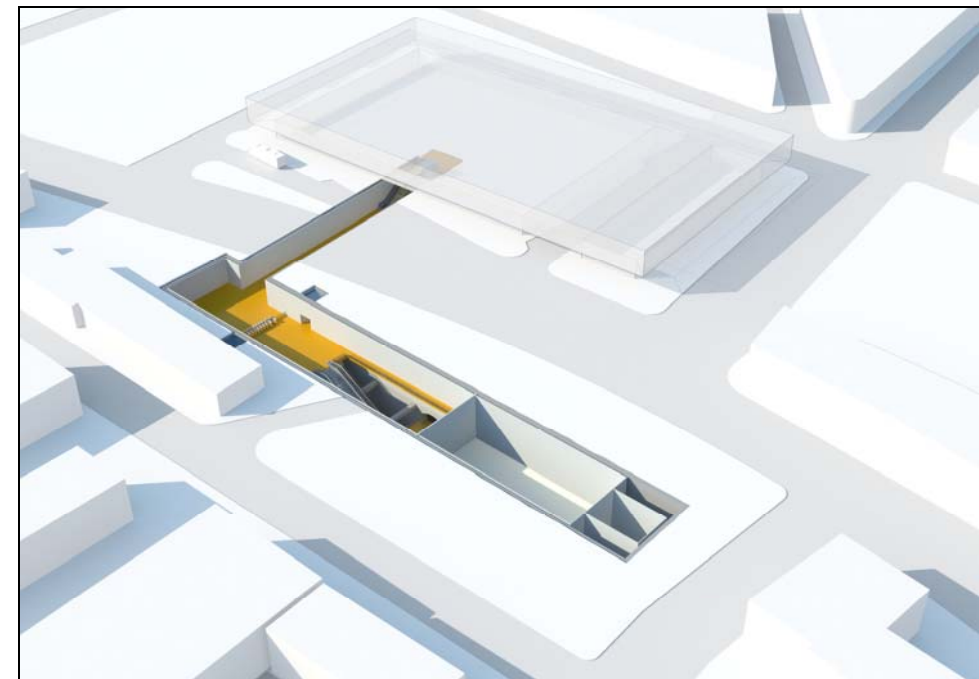
El acceso dispone de un conjunto de ascensor y escaleras mecánicas y fijas, que descienden a un corredor, situado a 7 m de profundidad, que conecta con la caja estructural de la estación a la cota del vestíbulo.

La estación tiene una profundidad de 22 m a cota de carril, por lo que se hacen necesarios tres niveles subterráneos. Constructivamente se plantea como una caja rectangular ejecutada a cielo abierto por procedimiento cut and cover, a la que se añaden dos ensanchamientos ejecutados en subterráneo para la conexión de los dos niveles inferiores. De este modo se consigue no incrementar el ancho de la caja estructural, de modo que las luces a salvar por las losas de los distintos niveles sean las habituales para este tipo de construcción.

En el vestíbulo se dispone la barrera de torniquetes de metro y, una vez sobrepasada, los ascensores de acceso directo a los andenes, así como las escaleras que conducen al nivel intermedio, situado a 16 m de profundidad, que se configura en forma de mezanina.

Desde el nivel intermedio se alcanzan los dos andenes, situados a 21 m de profundidad, mediante dos paquetes de escaleras fijas y mecánicas en cada uno de ellos, dispuestos en las galerías construidas antes mencionadas. De este modo, se incrementa la capacidad de acceso y evacuación del andén, a fin de dar servicio a la gran demanda prevista para esta estación.

## Estación La Magdalena



Fuente: UNMQ



Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 773278 N 9970674

Desde aquí se gira al norte para pasar El Panecillo por el oeste 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. Sin afectar a la estética de la plaza, se ha previsto el acceso al interior del edificio desde la calle de Sucre, donde se sitúan el ascensor y las escaleras fijas y mecánicas para entrar al metro. Desde el acceso se desciende a un pequeño corredor por el que se accede directamente al vestíbulo, situado a la misma cota que éste, a 7,50 m de profundidad.

Las características del entorno y del trazado hacen necesaria una profundidad de 22,50 m a cota de carril, por lo que se hacen necesarios tres niveles subterráneos.

Las características geométricas y constructivas de la estación son las mismas que las descritas para la estación de La Magdalena. A la caja rectangular ejecutada a cielo abierto, se añaden dos ensanchamientos ejecutados en subterráneo para la conexión de los dos niveles inferiores. De este modo se consigue no incrementar el ancho de la caja estructural, para que no sea necesario excavar en las proximidades de los edificios de la plaza.

Al igual que en la estación de La Magdalena, desde el vestíbulo se accede directamente a los andenes mediante los ascensores, así como a las escaleras que conducen al nivel intermedio, situado a 16,50 m de profundidad. Con forma de mezanina, conduce a ambos andenes, situados a 21,50 m de la superficie.

También en este caso se plantea la posibilidad de incrementar la capacidad de acceso y evacuación del andén, a fin de dar servicio a la gran demanda prevista para esta estación.

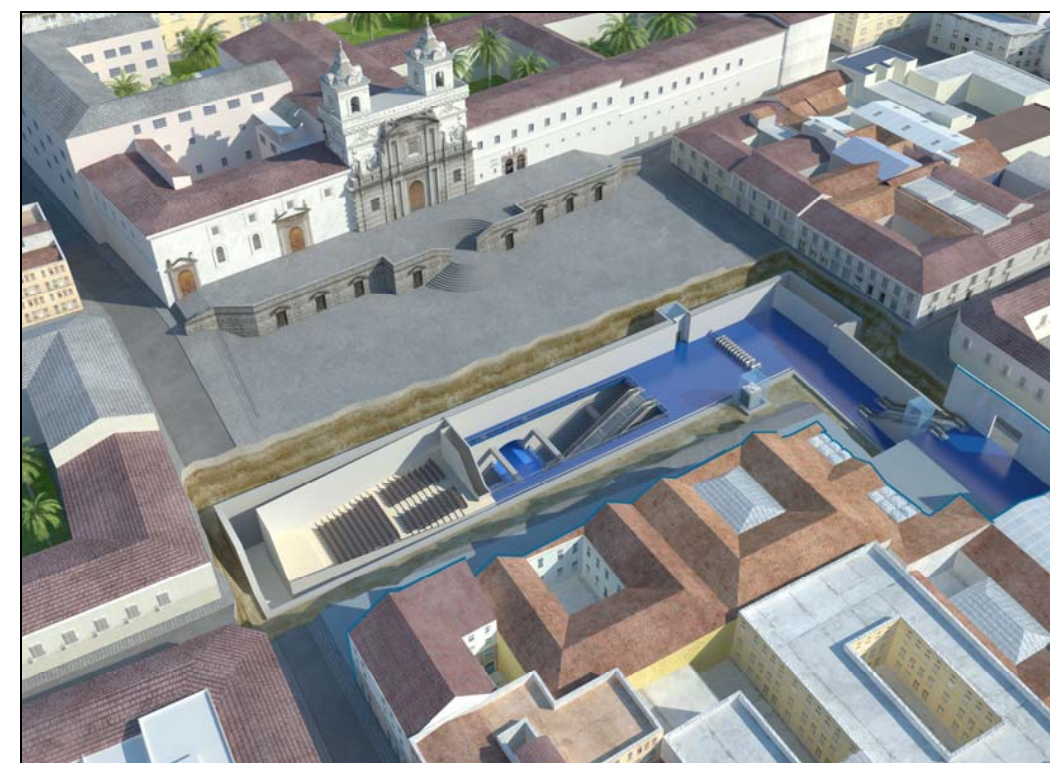
Esto se propone mediante la duplicación de los paquetes de escaleras fijas y mecánicas que sirven a cada uno de los andenes, dispuestos en las galerías construidas antes mencionadas.

Como en el resto de estaciones, es posible no equipar inicialmente una de las dos escaleras mecánicas de cada grupo. En cualquier caso, se plantea la previsión desde el inicio del espacio y los servicios necesarios.

Se plantean también otros aspectos peculiares en esta estación, a diferencia del resto. El espacio que queda disponible a nivel de vestíbulo, en el lado opuesto a éste de la caja estructural, puede ser aprovechado para la ubicación de un salón de actos o un museo, que se propone para reforzar la oferta cultural de la plaza.

Asimismo, se propone también la ejecución de un mural ornamental en su cerramiento, por el lado exterior al mismo, orientado hacia el vestíbulo y el espacio vacío de la estación, de manera que pueda ser observado por los viajeros en el tránsito por el vestíbulo y en el descenso desde éste hasta el nivel intermedio.

## Estación de San Francisco



Fuente: UNMQ

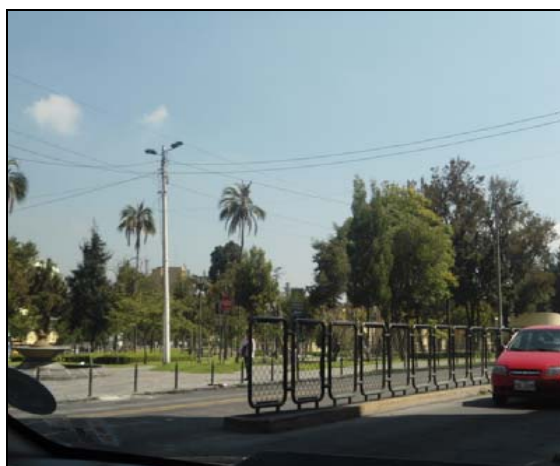


Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 776632 N 9975544

El trazado continúa en dirección norte hasta la calle Manabí, girando al este al pasar ésta para llegar al sur del parque La Alameda, donde se ubicaría la Estación 8 (justo detrás de la estatua a Simón Bolívar), 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.



## Estación La Alameda



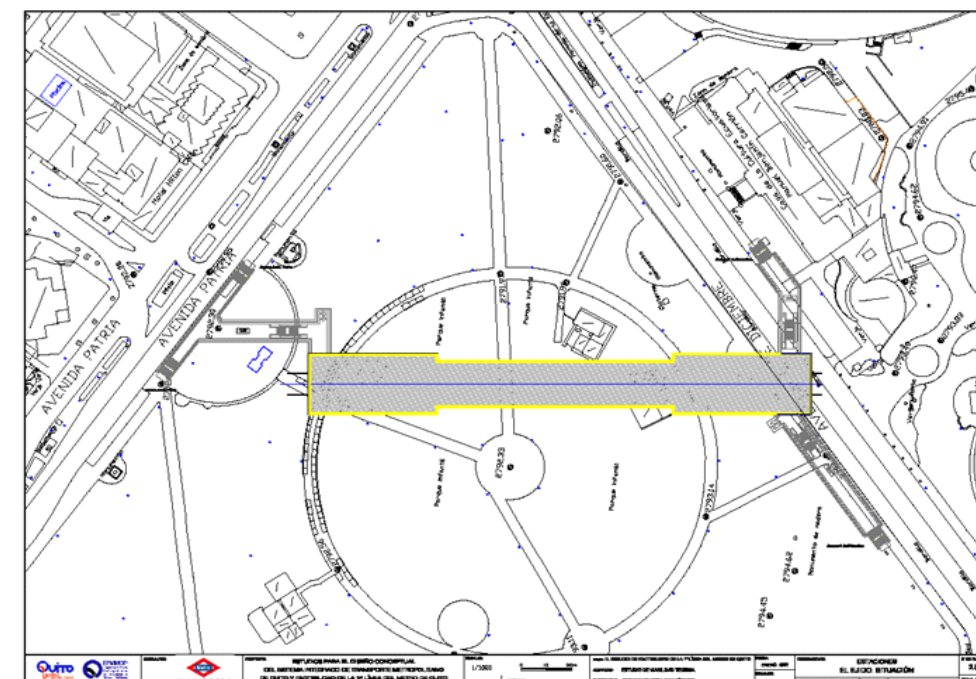
Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 777818 N 9976064

Siguiendo por la Gran Colombia 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 patrimonio.

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

El acceso situado junto a la Avenida de la Patria se sitúa en el interior del parque junto al arco conmemorativo de La Circasiana, a fin de dar servicio al cercano barrio de La Mariscal. Se plantea el acceso mediante escaleras fijas y ascensor, para no competir con la monumentalidad del arco.

Los otros dos accesos se ubican a ambos lados de la Avenida 6 de Diciembre, para servir por un lado a la Casa de la Cultura Ecuatoriana y por otro a la Asamblea Nacional, a la Contraloría General del Estado y al hospital Eugenio Espejo. Todos los accesos se han previsto con escaleras fijas y ascensor. De este modo queda resuelta la accesibilidad de las personas de movilidad reducida, sin afectar a la monumentalidad de los edificios cercanos.



Fuente: UNMQ

Aunque no se ha representado en la definición gráfica inicial, se plantea en los planos de desarrollo aprovechar la amplitud de la Avenida 6 de Diciembre para organizar una terminal de autobuses en superficie, que haga posible el intercambio con el metro de varias líneas de autobuses. Dicha terminal se organiza en torno a una isla situada en el centro de la avenida, alrededor de la que se sitúan las dársenas para los autobuses. El acceso al metro se coloca en el centro de la isla para minimizar los recorridos de intercambio. También se propone una segunda opción en la que las dársenas se sitúan en los laterales de la avenida manteniendo los accesos a metro.

La estación se encuentra a una profundidad de traza media, con la cota de carril a -18 m. Esto hace necesarios tres niveles subterráneos. Sin embargo, como el primer descenso desde los accesos se realiza en los corredores que acceden al vestíbulo, la estación únicamente dispone de dos niveles subterráneos: vestíbulos y andenes.

La estación de metro dispone de un vestíbulo en cada extremo de la misma, con el fin de optimizar los recorridos peatonales en su interior. Desde cada uno de los accesos se disponen corredores en los que, desde la profundidad inicial de 5 m, se desciende mediante un paquete de escaleras fijas y mecánicas hasta la cota de los vestíbulos (-10 m). Los ascensores entran al corredor, directamente desde calle, en las inmediaciones del vestíbulo y a nivel de éste.

La tipología de esta estación es sensiblemente diferente de las demás que se han descrito. Los vestíbulos no se encuentran sobre los andenes, sino que se desplazan longitudinalmente para situarse encima del túnel. Esta disposición alarga considerablemente la caja estructural, objetivo buscado en este caso para alejar al máximo los accesos.



Los dos vestíbulos son muy similares. Disponen de barrera de torniquetes, espacios servidores anejos y posibilidad de ubicación de locales comerciales. A nivel de vestíbulos, los ascensores que conectan con cada andén se sitúan en una pasarela situada perpendicularmente a las vías. Desde los dos vestíbulos se accede a los andenes mediante paquetes de escaleras fijas y mecánicas. Las escaleras entran a los andenes, situados a una profundidad de 17 m, por los piñones (paramentos de cierre situados en los extremos de los mismos). Como en el resto de casos puede prescindirse inicialmente de una escalera mecánica de cada paquete, haciendo la reserva de espacio y dotaciones necesarias.

### Estación El Ejido



Fuente: Elaboración Propia. Coordenadas: E 778652 N 9976822

El trazado sale de la Estación 9, sube por la Av. Alfredo Pérez Guerrero y gira al norte para tomar la Av. América. Junto a la Universidad Central del Ecuador se situaría 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. La estación se ubicaría en las áreas verdes en el ingreso a la UCE por la Facultad de Derecho.

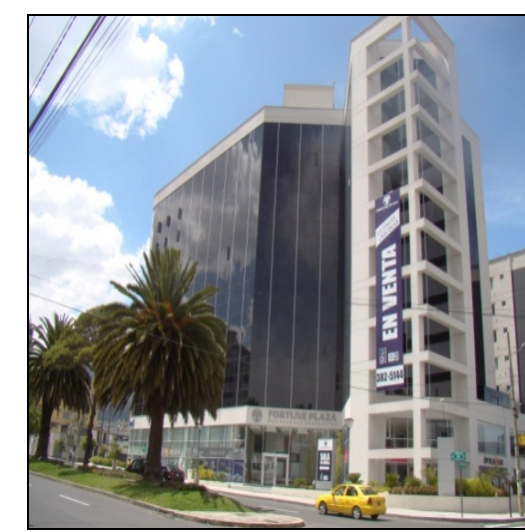
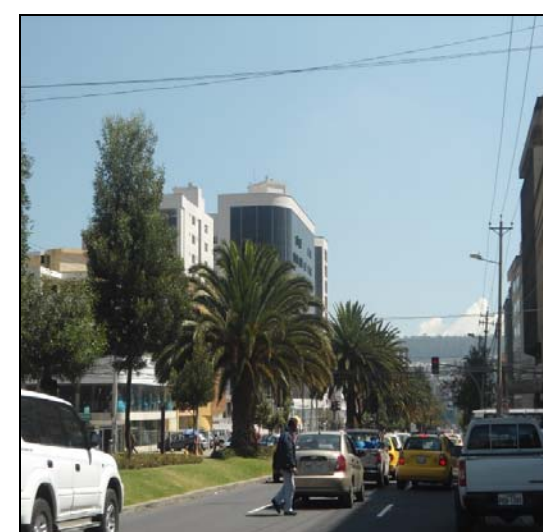
### Estación Universidad Central



Fuente: Elaboración Pública. Coordenadas: E 778190 N 9977902

Tras pasar la Av. La Gasca el trazado gira al este, pasando bajo la zona de Las Casas Bajo hasta alcanzar la Av. Eloy Alfaro, por la que discurre hasta llegar a la Estación 11 (La Pradera), a la altura de la calle Alemania. La zona se caracteriza por construcciones nuevas, mínimos espacios verdes. Como casi toda la av. Eloy Alfaro, este sector es una zona comercial, también funcionan oficinas, consultorios médicos, oficina de correos. Se aprecian edificios altos. La zona es bastante transitada. La estación subterránea ocupará todo el ancho de la vía de la Av. Eloy Alfaro.

### Estación La Pradera

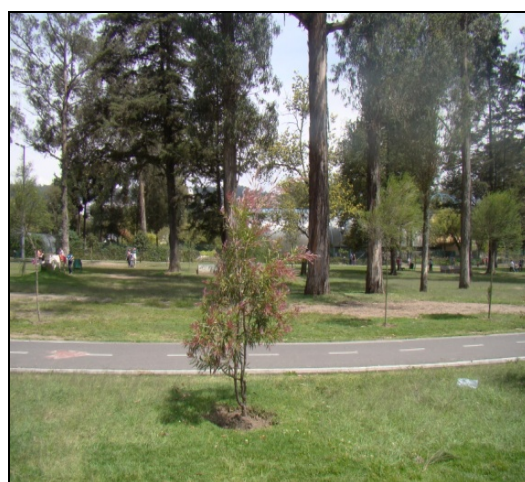


Fuente: Elaboración Pública. Coordenadas: E 779277 N 997814



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 prácticamente hasta llegar a la Av. Fray Gaspar de Villarroel. En este tramo se ubican dos nuevas estaciones, una en el cruce norte de la Av. Amazonas con la Av. República, Estación 12 La Carolina, que se encuentra entre el Edificio Las Cámaras y Edificio Skorprios, frente a la cabecera suroeste del Parque La Carolina, que es el más grande de Quito.

### Estación La Carolina



Fuente: Elaboración Pública. Coordenadas: E 779687 N 9979426

La otra estación corresponde al cruce con la Av. Naciones Unidas (Estación 13 Iñaquito). Se trata de una zona netamente comercial y bancaria con pequeños espacios verdes. Es una zona bastante concurrida y de fácil acceso.

### Estación Iñaquito



Fuente: Elaboración Pública. Coordenadas: E 779861 N 9980582

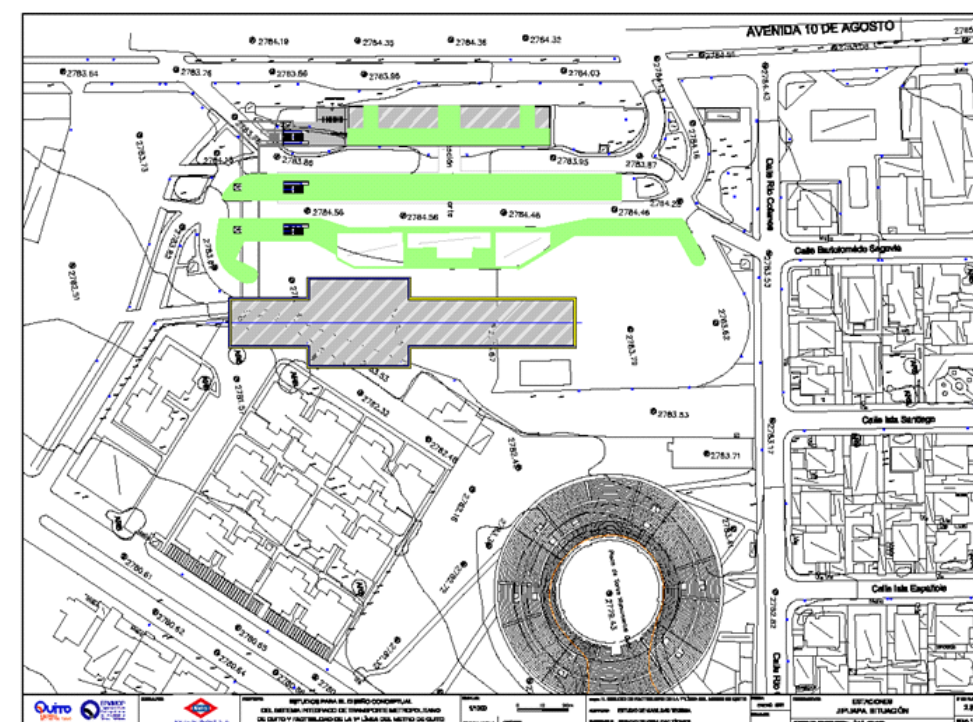
Justo a la altura de Gaspar de Villarroel el trazado hace una «S» para poder situarse en dirección sur-norte, paralelo a la Amazonas y la Av. 10 de Agosto, entrando entre la plaza de toros y la terminal norte del trolebús.

Esta zona, de talleres y estacionamiento del trole, permite la ubicación de una nueva estación (Estación 14 Jipijapa). El área es parte del cerramiento de la plaza de toros, existe edificios, boletería, parqueaderos y espacios verdes.

El diseño propuesto para esta estación responde a las características especiales que le confiere su ubicación junto a la terminal de transportes existente. Fundamentalmente se concretan en los accesos a la estación de metro y el intercambio con la terminal.

Para resolver esta interconexión se plantea añadir al edificio de la terminal un pequeño volumen anexo para albergar las escaleras y el ascensor de acceso al metro, así como los torniquetes de peaje del sistema de transportes existente. A este espacio se accede tanto desde la Avenida 10 de Agosto, como desde el edificio de la terminal.

### Estación Jipijapa



Fuente: UNMQ





Fuente: Elaboración Pública. Coordenadas: E 780082 9981841

En el nivel inferior, al que se llega mediante este primer conjunto de escaleras y ascensor, arranca un corredor subterráneo, a 7,5 m de profundidad, que se dispone perpendicularmente a los dos andenes de dársenas de autobuses de la terminal.

La estación es sencilla, con poca profundidad de traza, con la cabeza de carril a 16m de profundidad. De este modo sólo se hace necesario construir dos niveles subterráneos: vestíbulo y andenes.

Se compone de una “caja rectangular” construida a cielo abierto, de 17,5 metros de ancho libre interior y 138 metros de longitud, a la que se añaden los ensanchamientos destinados a las escaleras que conducen del vestíbulo a los andenes. Dentro de la caja se prevén todos los espacios servidores de la estación, cuartos técnicos, cuartos de personal, subestación eléctrica si fuese necesaria, cuartos de ventilación y escaleras de salida de emergencia, directamente desde andenes hasta la calle.

Se propone un vestíbulo de gran amplitud para la disposición de los torniquetes de peaje, con zonas anexas para cuartos técnicos y espacios servidores, así como la posibilidad de localización de actividades comerciales complementarias.

Pasada la barrera de peaje, el vestíbulo se asoma al gran espacio sobre las vías. Se accede a cada uno de los andenes mediante paquetes formados por dos escaleras mecánicas y una escalera fija desplegadas en el sentido longitudinal. Para optimizar costos sería posible no equipar inicialmente una de las dos escaleras mecánicas de cada paquete. En cualquier caso, se considera necesario hacer la previsión, desde el inicio, del espacio y los servicios necesarios para que en cualquier momento posterior puedan equiparse dichas escaleras.

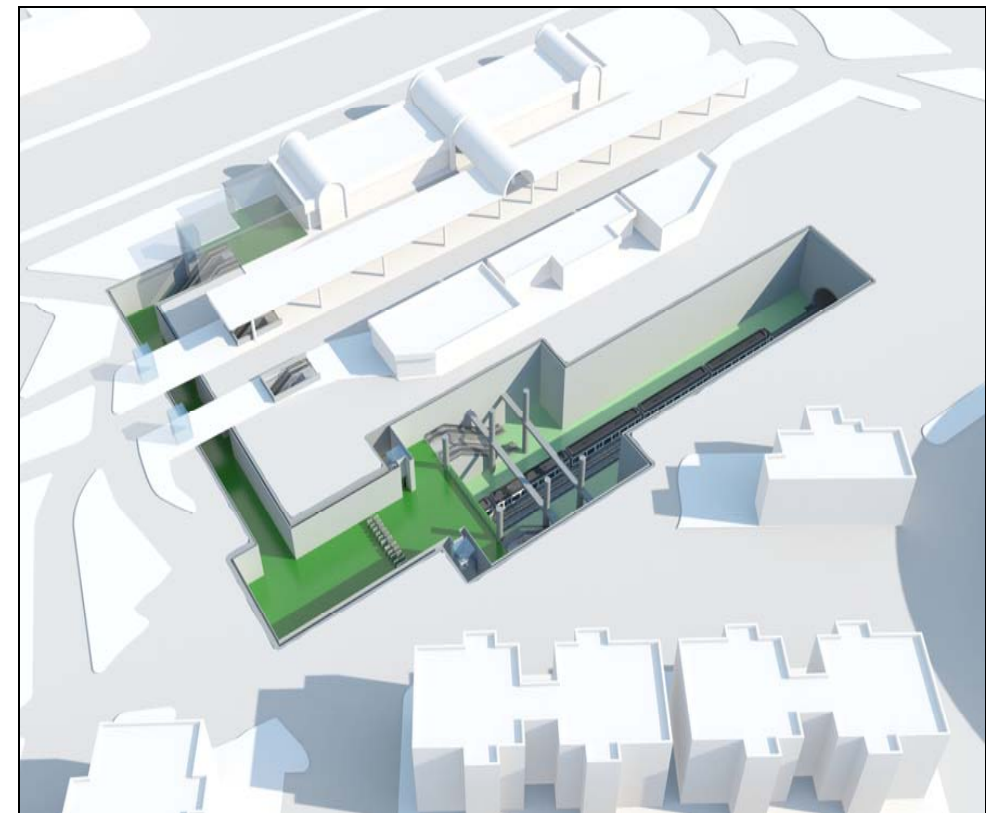
Los ascensores entre vestíbulo y andén se proponen integrados en el sobrecancho de la caja estructural, con las puertas orientadas hacia el vestíbulo.

Se plantea una longitud de andenes de 115 m, capaces de permitir la parada de trenes con composiciones de seis coches. Su anchura queda ampliada en las zonas de embarque de las escaleras. El resto de zonas anexas a los andenes están previstas para alojar los cuartos técnicos, huecos de ventilación o escaleras de emergencia.

Esta tipología de estación se resuelve constructivamente desde la superficie, mediante procedimiento “cut and cover”. Las luces a salvar mediante las losas de cubierta y vestíbulo son habituales para losas de hormigón armado convencionales. En las zonas de sobrecancho de la caja estructural se han previsto unos apoyos intermedios que pueden ejecutarse mediante pilas-pilote o mediante módulos de muro-pantalla, para el caso de que no se considere conveniente la ejecución de pilas-pilote.

Desde esta estación el trazado gira al noroeste para entrar en la zona sur del Aeropuerto Mariscal Sucre donde se ubicaría en la cabecera sur la última estación, la Estación 15 El Labrador, frente al Centro de Salud Carmelitas Obras Sociales El Jordán. Obviamente, esta parte sólo se podría realizar una vez haya quedado totalmente liberado la superficie del aeropuerto.

### Estación El Labrador



Fuente: UNMQ





Fuente: Elaboración Pública. Coordenadas: E 779643 N 9982881

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

Así, la configuración espacial y constructiva de dos 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.

La estación más sencilla es la de Jipijapa, con dos niveles subterráneos. Con una configuración muy similar puede ajustarse el diseño a la profundidad de la traza sin mayores complicaciones.

La mayoría de las estaciones que no se han definido tienen menores condicionantes en su entorno. De este modo, es razonable pensar que la configuración y los criterios constructivos de esas estaciones encajen con alguno de los descritos.

Según lo anterior, la tipología descrita para la estación de Jipijapa sería adecuada a la generalidad de las estaciones sencillas de la línea del metro, en aquellos ámbitos urbanos que dispongan de ancho suficiente, en el entorno de los 35 m, para ejecutar ese modelo de estación a cielo abierto. Se propone como estación tipo sencilla. Sin embargo, para aquellas situaciones donde no sea posible encajar en superficie esa ocupación, la

tipología descrita para Quitumbe requiere un ancho considerablemente menor, alrededor de los 25,5 m, y admite ser reducido aún más si los condicionantes del entorno lo requiriesen. Se propone como estación tipo sencilla estrecha.

## 5.4 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.



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.

#### 5.4.1 Descripción funcional

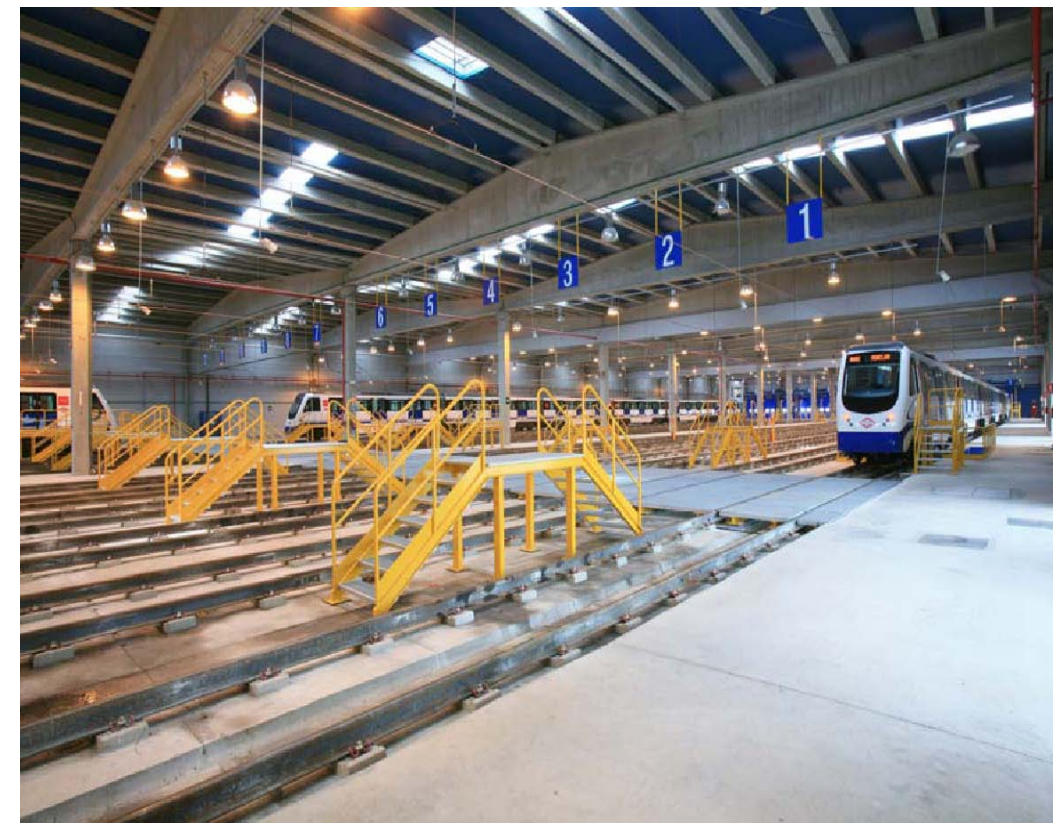
El **vial de acceso**, es un paso para los vehículos privados y las personas que acceden a la cochera desde la vía pública, y que normalmente se dispone perimetral a la cochera.

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.



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.





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.



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.





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:
  - a. Sala de calderas: posibilitan la calefacción de la nave de mantenimiento y de la generación de agua caliente para vestuarios y aseos
  - b. Cuarto de comunicaciones
  - c. Cuartos eléctricos, que generan y transforman la energía suficiente para el abastecimiento de las necesidades de la cochera.
  - d. Sala de climatización: En este cuarto se colocan los climatizadores necesarios, para la correcta climatización de la nave de mantenimiento y despachos.
  - e. Cuarto de enclavamiento
  - f. Cuarto de compresores: aquí se instalan los aparatos de aire comprimido, que posibilitan el mantenimiento de los trenes
  - g. Cuarto de dispensación de grasas y aceites
  - h. Cuarto de baterías
  - i. 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.

#### 5.4.2 Instalaciones

Según las necesidades de cada recinto o nave, las cocheras cuentan con distintos sistemas de iluminación, centros de transformación de energía proveniente de las distintas acometidas eléctricas, suministros alternativos de energía, sistemas de detección y extinción de incendios, instalación de aire comprimido, instalación de aceites



y grasas, sistemas de video vigilancia y anti intrusión y sistemas de elevación. A continuación se describen los aspectos más importantes de las principales instalaciones.

**Centros de transformación y suministros alternativos de energía:** por lo general, la instalación se alimenta en media tensión desde la línea de Metro hasta un centro de transformación. De forma paralela, existe una alimentación exterior adicional de emergencia.

**Iluminación:** el alumbrado se debe diseñar teniendo en cuenta la zona donde prestan servicio y se debe disponer en número adecuado para conseguir un nivel óptimo de alumbrado. El alumbrado general de las naves de estacionamiento, mantenimiento, tornos, lavado, soplado, dresinas y muelle de carga se realiza mediante proyectores industriales con lámparas de halogenuros metálicos o vapor de sodio de alta presión. El alumbrado de todos los fosos y pasarelas, edificio auxiliar y resto de oficinas, y en general todas las zonas en las que trabaja personal de mantenimiento de los trenes se iluminan con pantallas fluorescentes. Se debe prever un sistema de alumbrado de emergencia que permita la evacuación segura y fácil del personal hacia el exterior en caso de fallo del sistema de alumbrado general.

**Sistema de detección y extinción de incendios:** las cocheras deben contar con un sistema de extinción de incendios formado por una red de hidrantes exteriores e interiores, bocas de incendio y depósito de agua o aljibe alimentado mediante acometida independiente de la red de saneamiento. La protección contra incendios se complementa con un sistema de detección automática de incendios equipado con una central de alarmas situada en el edificio de control de acceso y una red de sensores distribuidos por los edificios y cuartos técnicos. Además se deben instalar avisadores ópticos y acústicos y los pulsadores analógicos. Por otra parte, las cocheras se dotarán de una red de rociadores automáticos de agua en almacenes, cuartos de calderas y cuartos de aceites y grasas.

**Instalación de aire comprimido:** se debe implementar la instalación de una red de aire comprimido para las distintas labores de mantenimiento: limpiezas técnicas, lavado manual, soplado, foso predictivo y fosos R.C.L.

**Instalación de aceites y grasas:** esta instalación da servicio a las vías de mantenimiento, donde se produce la demanda de aceites y grasas, y consta de tres redes distintas: red de alimentación de grasas, red para suministro de aceite de lubricación y red de recogida de aceites usados.

**Sistemas de seguridad:** la seguridad del recinto de la cochera se basa en un sistema de detección de intrusión y vigilancia perimetral, encargado de prevenir el acceso no autorizado a través del perímetro. El sistema está integrado por los siguientes elementos:

- Vallado perimetral del recinto.
- Sistema de detección mediante barreras de infrarrojos perimetral al recinto.

- Barrera de microondas situada en la puerta principal de acceso de vehículos.
- Interruptores magnéticos para detectar la apertura de puertas y portones de acceso a los diferentes edificios del complejo.
- Vigilancia por circuito cerrado de TV con cámaras fijas y móviles distribuidas tanto a lo largo del perímetro exterior de las cocheras y en el recinto.
- Central de alarmas y sistema informático de gestión y vigilancia.

5.4.3 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 y demandas establecidos a efectos de las cocheras son los siguientes:

HITO 1	año 2015 Construcción FASE I	demanda operación 17 trenes
HITO 2	año 2020 Construcción FASE II	demanda operación 21 trenes
HITO 3	año 2030 Operación	demanda operación 26 trenes
HITO 4	año 2040 Operación	demanda operación 30 trenes

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 (demanda de 17 trenes), 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.

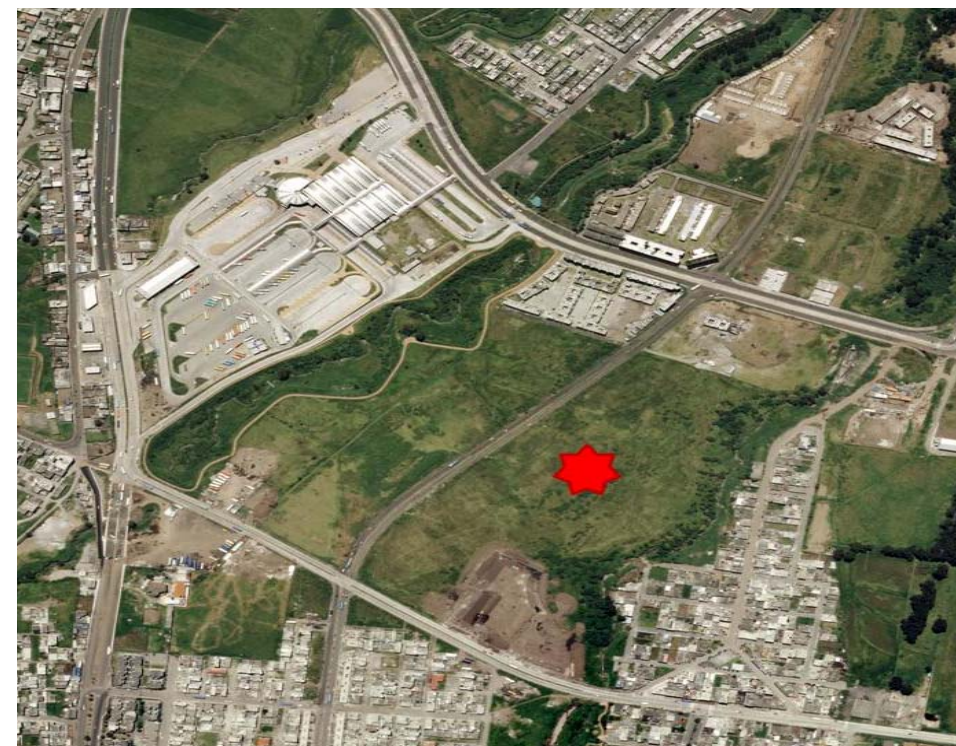
Durante la fase de operación, después de la ejecución de la segunda fase de construcción, cuando se construya la zona del aeropuerto y se llegue a la estación de La Ofelia (lo que se ha denominado hito 2 con una necesidad de operación de 21 trenes), estos serán estacionados en su cabecera sur en los 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 para cumplir la demanda establecida en el hito 4.

#### 5.4.4 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 5.1: 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.

### 5.5 OTRAS INSTALACIONES

También es necesaria la ejecución de pozos verticales conectados al túnel para la ventilación del mismo, para ubicar salidas de emergencia y para evacuar posibles filtraciones de agua en el túnel mediante bombes. En el caso de la ventilación, los pozos intermedios son pozos de inmisión (captación de aire), que mediante ventiladores meten aire al túnel. Estos pozos se ubicarán, más o menos, en el punto medio entre 2 estaciones. Este aire sale por las estaciones, en las que se incluyen pozos de extracción. En los puntos bajos del trazado se ubican pozos de bombeo de agua infiltrada, que sería bombeada a la red general de saneamiento.



Obviamente, las obras subterráneas son obras excedentes de materiales, por lo que fue necesario identificar botaderos para su vertido, siendo seleccionada como escombrera un área de la quebrada Batán, cerca del túnel de Guayasamín.

Además de acopios y zonas de instalaciones auxiliares, la ejecución de túneles con tuneladora obligará a la implantación de una planta de fabricación de dovelas (revestimiento del túnel), que incluya 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.

Para la operación del Metro será necesaria la instalación de subestaciones eléctricas para asegurar la alimentación a la línea. Estas instalaciones se incluirán dentro de los recintos de algunas estaciones. En cualquier caso, durante las obras, será necesario contar con subestaciones eléctricas propias para cada tuneladora, que garantice el suministro eléctrico a la misma. Ésta se debería situar dentro del recinto desde el que se introduce la tuneladora (generalmente, una estación).

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

#### 5.5.1 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.

#### 5.5.2 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.

#### 5.5.3 Pozos de extracción

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

#### 5.5.4 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 m<sup>2</sup> 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.

### 5.6 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 subterráneas.

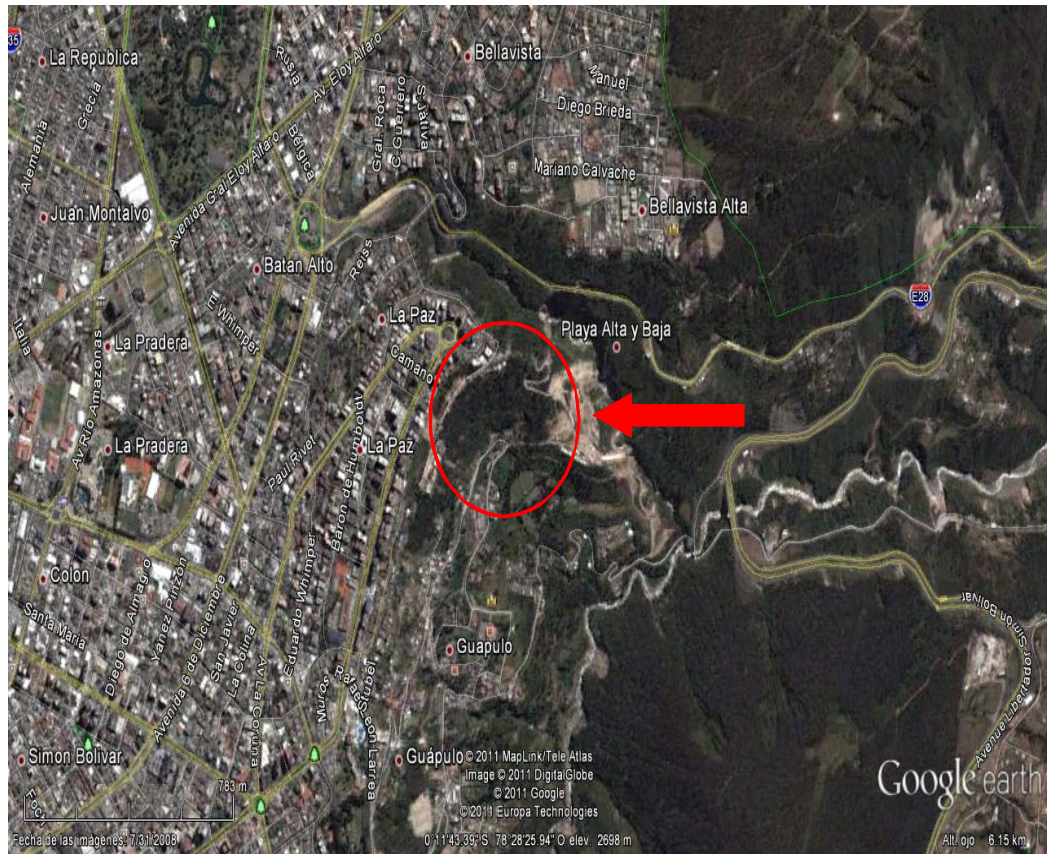
Por su parte, el componente social puede también verse afectado dado que si el sitio destinado a escombreras se ubica cercano a zonas residenciales, es necesario considerar la presencia vectores de enfermedades respiratorias, además de la alteración del aspecto visual de estos sitios (impacto paisajístico)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

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, el proyecto para el área de escombrera contempla recuperar el cauce de la Quebrada El Batán (ver Figura 5.2) a la altura del túnel de Guayasamín y reacondicionar la vía Interoceánica. Este sitio se ha pensado podría usarse como escombrera para todo el material de excavación que proviene de obras públicas y privadas que se efectúan en la ciudad, 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 5.2: Sitio propuesto para la escombrera



Fuente: Elaboración propia

El área está completamente intervenida y se consideró como área de influencia directa a la zona alta de Guápulo y la Avenida González Suárez.

Esta zona, anteriormente una quebrada, fue rellenada. En el sitio se puede observar plantas pioneras, sin ningún valor ecológico. Los pocos árboles que existen aquí son eucaliptos. Los moradores aledaños al sector lo han convertido en basurero

## 5.7 FASES DE PROYECTO

Para el presente análisis se establecieron cuatro fases: preparación, construcción y operación y, cierre y rehabilitación.

### 5.7.1 Fase previa

### 5.7.2 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.

### 5.7.3 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.

### 5.7.4 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.

5.7.5 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.

5.7.6 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.

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.

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.

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 5.1: Avalúo de las propiedades en el área de las estaciones del Metro

ESTACION	CATEG.	Ubicación	AREA	Precio por m <sup>2</sup>	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	Mixta	Zona Deportiva	11.500,00	100,00	1.150.000,00





ESTACION	CATEG.	Ubicación	AREA	Precio por m <sup>2</sup>	P. TOTAL
Magdalena		(Parqueo)			
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 Bolívar 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 Futbol)	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

Zonas a expropiarse de categoría mixta:

ESTACION	CATEG.	Ubicación	AREA	Precio por m <sup>2</sup>	P. TOTAL
Cochera Quitumbe	Mixto	Parcela limitada por Condor 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

5.7.7 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 m<sup>2</sup> 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.

#### 5.7.8 Preparación de escombreras

Los lugares destinados a escombreras deben ser de fácil acceso y con comodidad para las maniobras. El espacio seleccionado para ello corresponde a la quebrada El Batán, cercano al túnel de Guayasamín.

#### 5.7.9 Fase de construcción

La fase de construcción tiene que ver con la construcción del túnel, de las estaciones y pozos y la construcción de cocheras y talleres.

#### Construcción del túnel

Tanto las grandes ampliaciones de Metro como las más importantes infraestructuras ferroviarias que se están llevando a cabo o se han realizado en los últimos años en el mundo se caracterizan porque los túneles, incluso los de corta longitud, se realizan con el empleo de máquinas tuneladoras.

Este método constructivo, le confiere a la obra garantías en el cumplimiento de los plazos, costos y, sobre todo, seguridad para el entorno y para los trabajadores que ejecutan el túnel y lo independiza, hasta cierto punto, de los cambios del terreno que se atraviesa.

Este sistema de excavación mecanizada con mínimo frente de excavación abierto, presión equilibrada de tierras y revestimiento simultáneo del túnel durante la excavación, permite afrontar su ejecución en condiciones de mínimo impacto ambiental y máxima seguridad, tanto para los propios trabajadores como para los edificios e infraestructuras del entorno. Asimismo, permite la consecución de altos rendimientos en la ejecución de las obras.

Las tuneladoras, se han ideado para resolver el problema que plantea la estabilidad del frente de excavación y es el método más seguro para la ejecución de túneles en terrenos blandos, inestables o con presencia de agua, siendo aún mayores las ventajas cuando se ejecutan en zonas urbanas, caracterizadas por su elevada densidad de edificaciones e infraestructuras en superficie.



Fuente: Metro Madrid

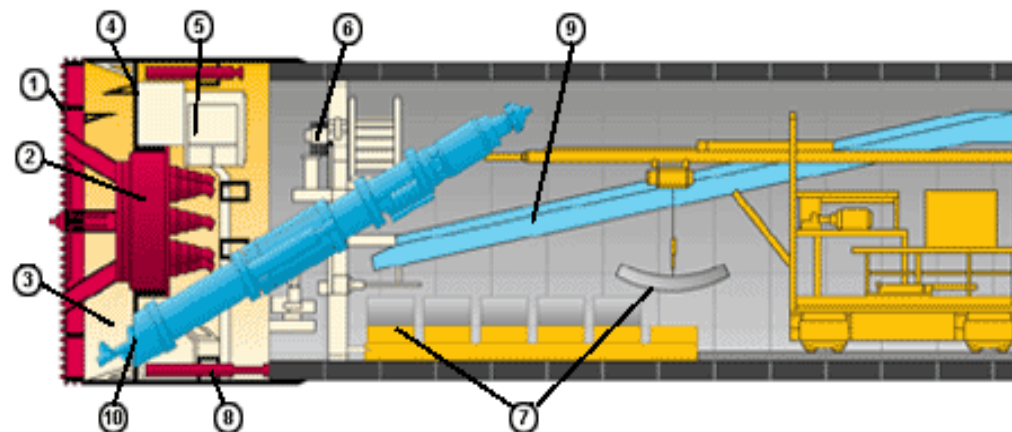
En el caso del Metro de Quito, es un suelo competente y por tanto idóneo para el empleo de este método constructivo. Este sistema es más seguro, más rápido, y para longitudes superiores a 4-5 km, el más económico. Las máquinas más adecuadas son las EPB (Earth Pressure Balanced Machines: Escudos de Presión de Tierras). En cualquier caso, también se utilizarán otros sistemas (excavación manual, excavación entre pantallas) complementarios como se indicó en el Capítulo 4.



Las EPB se utilizan en la excavación de suelos blandos, generalmente suelos arcilloso-limosos y limo-arenosos de consistencia entre pastosa y blanda, con un contenido mínimo de finos del orden del 30%. Cuando el material no tiene esas características, debe ser acondicionado debidamente en la cámara, formando la mezcla idónea.

De los diferentes elementos que conforman una tuneladora EPB (ver Figura 5.3) se distinguen principalmente los siguientes:

**Figura 5.3: Composición y funcionamiento de la tuneladora EPB**



- |                         |                               |                            |                     |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|
| 1. Rueda de corte       | 4. Sensor de presión          | 7. Dovelas                 | 10. Tornillo sinfín |
| 2. Accionamiento        | 5. Esclusa de aire comprimido | 8. Cilindros de propulsión |                     |
| 3. Cámara de excavación | 6. Erector de dovelas         | 9. Cintas transportadoras  |                     |

- Cabeza de corte circular giratoria, equipada con diferentes útiles de corte, destinada a excavar el terreno
- Cámara de excavación o de presión de tierras
- Cilindros de propulsión, que transmiten el empuje necesario para el avance de la máquina
- Tornillo sinfín, dedicado a la extracción controlada del material excavado
- Erector de dovelas giratorio, encargado de su colocación, configurando el revestimiento del túnel
- Cinta transportadora para evacuar el material extraído al exterior
- “Back up”, donde se ubican el resto de instalaciones necesarias para el funcionamiento de la tuneladora: puesto de mando, suministro de energía, retirada del material extraído, provisión de dovelas, inyección de espumas y mortero.

Todos los mecanismos necesarios para el accionamiento de la cabeza de corte y empuje de la tuneladora se emplazan dentro de una estructura cilíndrica llamada “escudo principal”.

El sistema EPB tiene como objetivo contrarrestar la presión del terreno, evitando deformaciones que se pueden traducir en asentamientos en la superficie. Para lograrlo, tras la cabeza de corte hay una cámara con compuertas estancas hacia el interior a la que penetra a través de unos huecos el terreno excavado, que es extraído de la misma por un tornillo de Arquímedes.

Para controlar la estabilidad del túnel los EPB amasan los terrenos excavados empujándolos contra el frente mediante unos cilindros hidráulicos que empujan la cabeza de corte.

Una inyección de agentes espumantes, agua, polímeros estabilizadores y aire a una determinada presión, y la agitación producida por la cabeza de corte, convierten el terreno excavado en un lodo que se presuriza debido a la presión ejercida por los cilindros antes citados. La dosificación de los aditivos a emplear está en función de la granulometría del terreno y de su grado de humedad.

De esta forma el terreno excavado se convierte en un lodo que se presuriza debido a la presión ejercida por los cilindros antes citados. Para mantener la presión de tierras en la cámara de excavación, la extracción de las tierras excavadas se realiza mediante un tornillo de Arquímedes estanco.

Los EPB no se apoyan sobre el terreno sino que lo hacen sobre el revestimiento del túnel que está constituido por anillos de dovelas y disponen de una estructura metálica que aísla totalmente la excavación realizada en el terreno y permite colocar el revestimiento sin que exista interferencia alguna con el terreno excavado. Dado que el anillo de dovelas se arma completamente dentro del escudo, es necesario que el diámetro exterior del escudo sea mayor que el diámetro externo del anillo de dovelas.

De esta forma, al ir avanzando el escudo, los anillos de dovelas, ya montados, salen del interior del escudo dejando un espacio entre su superficie externa y el terreno excavado. Este espacio, normalmente comprendido entre 15 y 20 cm, se rellena normalmente con un mortero de cemento inyectado a presión.

Todas las tuneladoras disponen de una grúa móvil, llamada erector, que permite manipular las dovelas para armar el anillo completo, así como una serie de instalaciones auxiliares complejas (puesto de mando, sistemas de ventilación, de inyección y trasiego de mortero, de espumas, de agua industrial, de aire comprimido industrial, cintas para el transporte de escombros, sistema eléctrico, etc.) que se localizan en un conjunto de remolques, denominado “back up”, arrastrados por el propio escudo.

El ciclo de avance de la tuneladora durante la construcción del túnel se resume en el siguiente análisis:

Excavación: Se realiza con cinces metálicos fijados en la cabeza de corte.

Carga y transporte del terreno excavado: La extracción así como la carga primaria del terreno excavado se realiza mediante un tornillo de Arquímedes estanco, que vierte sobre las cintas del “back up” que los traslada al exterior mediante una cinta transportadora o en vagones arrastrados por locomotoras

Sostenimiento y revestimiento: Las funciones de sostenimiento del frente de excavación están aseguradas por la presión de las tierras, además de por la propia estructura del escudo que impide al terreno entrar en el volumen excavado. El revestimiento se realiza con anillos de dovelas de hormigón colocados bajo la protección de la estructura del escudo, inyectados con mortero de cemento en su extradós.

Según avanza el escudo va colocándose el anillo de dovelas que constituyen el revestimiento definitivo, sin necesidad de con posterioridad llevar un carro de encofrado para hormigonar el túnel y con la seguridad que le confiere que desde el primer momento se disponga un anillo de hormigón armado calculado para los esfuerzos finales del túnel.

La dovela utilizada es, por lo general, la de tipo universal, siendo su forma, de ancho variable, la que le permite, según la posición de la dovela de llave, adoptar radios de giro por lo general no inferiores a los 300 m. Esta limitación, que en un principio podría considerarse restrictiva, no lo es tanto a la hora de definir un trazado que permita velocidades de circulación elevadas y, como consecuencia, velocidades comerciales más altas.



Fuente: Metro Madrid

Las dovelas se construyen en hormigón armado con un proceso de prefabricación que exige moldes metálicos, con una geometría garantizada y un procedimiento de curado muy exigente, en túnel de vapor, con condiciones controladas de humedad y temperatura, de manera que se facilite la rapidez del desmolde que es, a su vez lo que condiciona la producción. La fabricación, dependiendo del número de moldes y de los turnos de trabajo que se adopten, puede alcanzar los 15-20 anillos/día. El sistema de prefabricación permite conseguir unos niveles de calidad del anillo muy elevados.

Para introducir y extraer la tuneladora en el punto de inicio del túnel son necesarios pozos de ataque y de extracción o retirada de la máquina. Los primeros son de mayor tamaño y complejidad que los segundos. El pozo de ataque, en general del orden de 100 m de longitud y 20 m de ancho, suele disponerse en los extremos del trazado pero, en ocasiones, se pueden disponer en puntos intermedios de manera que la tuneladora pueda excavar en uno o dos sentidos y emplear una o dos máquinas simultáneamente, en función de los rendimientos que se necesiten. Estos pozos de ataque pueden ser montados en una estación y los pozos de salida, de unos 12 x 15 m pueden ser ventanas en una estación o pozos destinados a ello en el propio túnel de línea.



Fuente: Metro Madrid

La construcción del pozo está en el camino crítico de la excavación y para facilitar su excavación y la introducción y extracción de materiales debe incorporar una rampa de ataque. El mayor o menor tamaño del mismo puede también influir en los rendimientos conseguidos, al poder montar la máquina completa o por módulos.

El pozo integra toda la logística de la obra del túnel. Por él se extraen las tierras, bien a través de vagones o de cintas transportadoras, se introducen las dovelas mediante pórticos grúas y todos los materiales necesarios para





el funcionamiento de la máquina. Hay que tener en cuenta que la máquina se moviliza mediante una alimentación eléctrica en media tensión con una potencia de unos 10 MW que deben suministrarse hasta el propio pozo.

Aun cuando la construcción del pozo puede considerarse de entrada un handicap importante frente a otros métodos constructivos por costo y por ocupación, en la mayoría de los casos el pozo puede ser una estación de la línea o al menos puede emplearse como fondo de saco o depósito de trenes.

Los pozos de ventilación y salidas de emergencia son necesarios para garantizar el acceso y la renovación de aire en el interior de la infraestructura, así como la evacuación en caso de emergencia,

De otra parte, el volumen de excavación calculado para el Metro de Quito es el siguiente:

Excavación de estaciones =	1.457.025,00 m <sup>3</sup>
Excavación de túnel =	1.774.362,14 m <sup>3</sup>
Excavación de pozos =	80.640,00 m <sup>3</sup>
<b>Total =</b>	<b>3.312.027,14 m<sup>3</sup></b>

Finalmente, la construcción del túnel se plantea en cuatro grandes tramos. De sur a norte dichos tramos serían:

**Tramo 1 Quitumbe-Solanda.** Dicho tramo incluye la cochera-taller de Quitumbe, las estaciones de Quitumbe y Morán Valverde, y los 4.445,80 m de túnel que median entre la boquilla de salida a la cochera y la estación de Solanda, excluyendo las longitudes de las estaciones. El planteamiento de este tramo, en lo que a túnel se refiere, es el siguiente:

- Saliendo desde Quitumbe, un frente de ataque de túnel en mina excavará una longitud de 330 m, hasta la quebrada Ortega.
- El resto de túnel entre la quebrada y la cochera (363 m) se ejecutará a cielo abierto, desde superficie.
- El tramo Quitumbe-Morán Valverde, muy superficial, se ejecutará entre pantallas (desde superficie). La longitud del tramo es de 1.828 m.
- Desde Morán Valverde (pk 2+119,123) hasta el pk 3+000 (en la av. Rumichaca), se podrá seguir ejecutando entre pantallas (881 m).
- Desde el pk 3+000 hasta la estación de Solanda, debido al paso bajo edificaciones, el túnel se ejecutará en mina, con un frente de ataque desde la estación de Solanda y otro desde el pk 3+000.

**Tramo 2 Solanda-La Magdalena.** Dicho tramo incluye las estaciones de Solanda, El Calzado y El Recreo y 4.237 metros de túnel. El túnel será ejecutado mediante tuneladora, cuyo pozo de ataque es la estación de Solanda y

cuyo pozo de salida se sitúa en la estación de La Magdalena. La tuneladora deberá ser arrastrada en El Calzado y El Recreo. Dependiendo de los resultados del estudio geotécnico en la zona de El Panecillo, podría plantearse la alternativa de que en este tramo se ejecutara también la estación de La Magdalena y el tramo de túnel desde esta estación y un pozo de extracción que se situaría en la av. 24 de Mayo, antes de entrar al Centro Histórico. Esto incrementaría la longitud a ejecutar con la tuneladora en 2.315,5 m (6.552,5 m en total).

**Tramo 3 La Magdalena-El Ejido.** Dicho tramo incluye las cuatro estaciones de La Magdalena, San Francisco, La Alameda y El Ejido y los 5.040 m de túnel. El túnel será ejecutado mediante método tradicional en mina (o belga), con frentes de ataque en cada una de las estaciones. En el caso del tramo La Magdalena-San Francisco, habrá que añadir ataques intermedios desde el pozo de ventilación, sensiblemente centrado en el trazado. De esta forma, resulta:

- Tramo La Magdalena-San Francisco (2.565 m), con 4 frentes de ataque: uno de La Magdalena hacia el pozo de ventilación, otros dos de dicho pozo a ambas estaciones, y un cuarto de San Francisco al pozo.
- Tramo San Francisco-La Alameda (1.396 m) con un frente de ataque en cada estación.
- Tramo La Alameda-El Ejido (1.079 m), con un frente de ataque desde cada estación.

**Tramo 4 El Ejido-Jipijapa.** Dicho tramo incluye las cinco estaciones de Universidad Central, La Pradera, La Carolina, Iñaquito y Jipijapa, los 5.755 m de túnel que se construye entre El Ejido y Jipijapa y los 700 m de túnel de fondo de saco. El primer túnel será ejecutado mediante tuneladora, cuyo pozo de ataque es la estación de Jipijapa y cuyo pozo de salida se sitúa en la estación de El Ejido. La tuneladora deberá ser arrastrada en Iñaquito, La Carolina, La Pradera y Universidad Central. El segundo túnel se ejecutará mediante método belga con tres frentes de ataque y finalizará en un espejo situado a 211 m del piñón de entrada de la estación de El Labrador, que se incluirá en una segunda fase del proyecto, una vez sea reubicado el aeropuerto.

Se ha procurado que los cuatro tramos sean equivalentes, aunque el cuarto es más largo y tiene una estación más y el primer tramo es algo más corto aunque queda compensado con la cochera de Quitumbe, siendo mayor en este tramo el peso de trabajos “convencionales” que en los otros tres. El tramo 2 también es algo más largo que los tramos 3 y 4. En la Fase I por tanto va a ser necesario utilizar dos tuneladoras, siendo los nodos de actividad Solanda y Jipijapa.

### 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

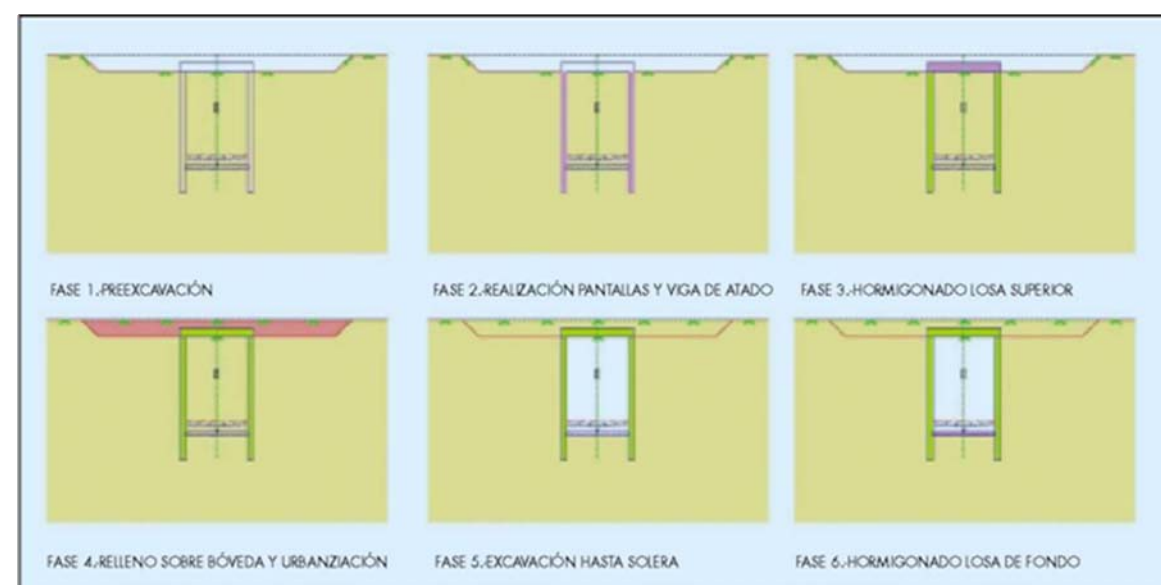
resultante permitirá una más sencilla distribución arquitectónica de la estación y mayor espacio para la implantación de instalaciones.

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 5.4:

- 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 5.4: 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.

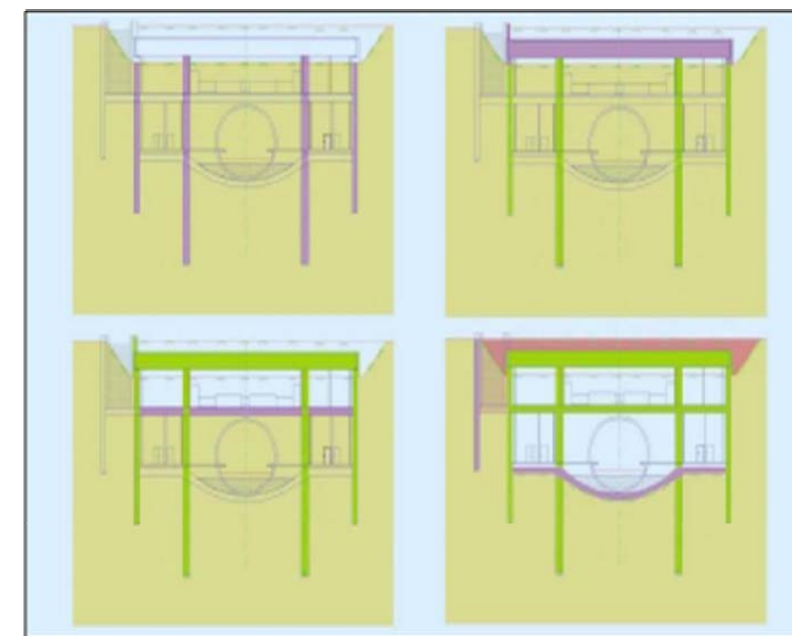
Una vez construida la bóveda e impermeabilizada, se rellena sobre la misma, y se restituye la superficie a su estado original. Este relleno ejerce un acodamiento sobre las pantallas, similar a la de los codales, lo que permite seguir ejecutando la estructura.

**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 5.5):

**Figura 5.5: 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).



Fuente: Metro Madrid

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 asfáltica-concreto 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 m<sup>3</sup> de suelo y 269,33 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>. 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.

#### 5.7.10 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.



Fuente: UNMQ

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 semi losa de cubierta que se empalma con la mitad ya ejecutada utilizando conectores para dar continuidad a la armadura.



Fuente: UNMQ



Fuente: UNMQ

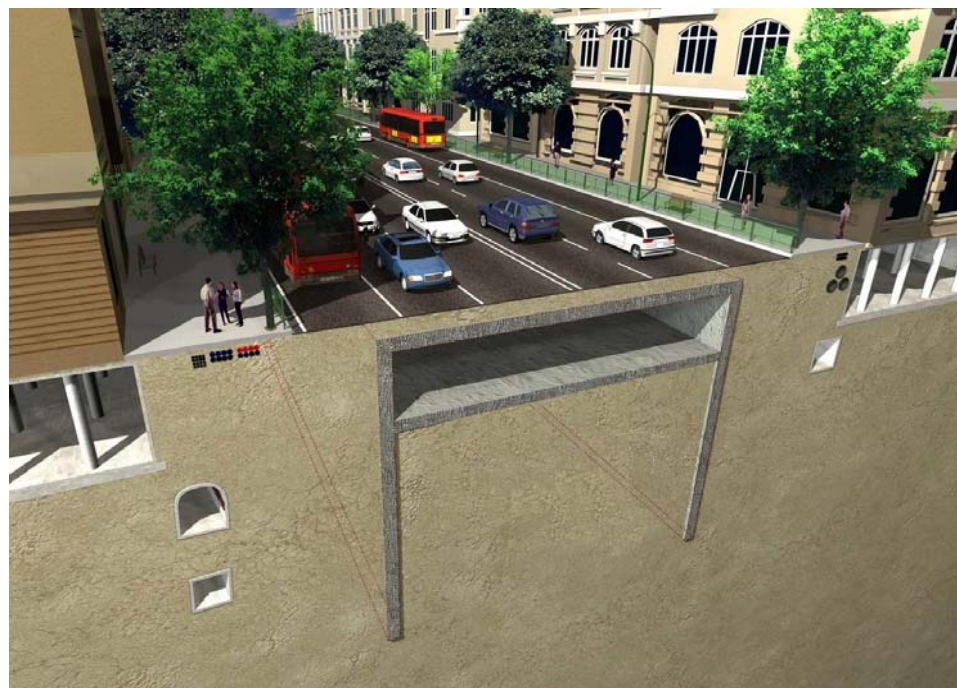
Mientras se está construyendo media losa de cubierta se debe aprovechar para completar los pilotes de la rampa de ataque de la estación si esta se dispone en la propia vía donde se sitúa la estación, de manera que con una única ocupación se concluyan ambas estructuras.



La rampa de ataque podrá también situarse, si provoca menos interferencia, en una calle transversal a la de la estación. Esta rampa, en algunas estaciones, se habrá de mantener durante toda la duración de las obras para entrada y salida de materiales, tanto de obra civil como incluso de vía y de instalaciones.

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.



Fuente: UNMQ

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.



Fuente: UNMQ

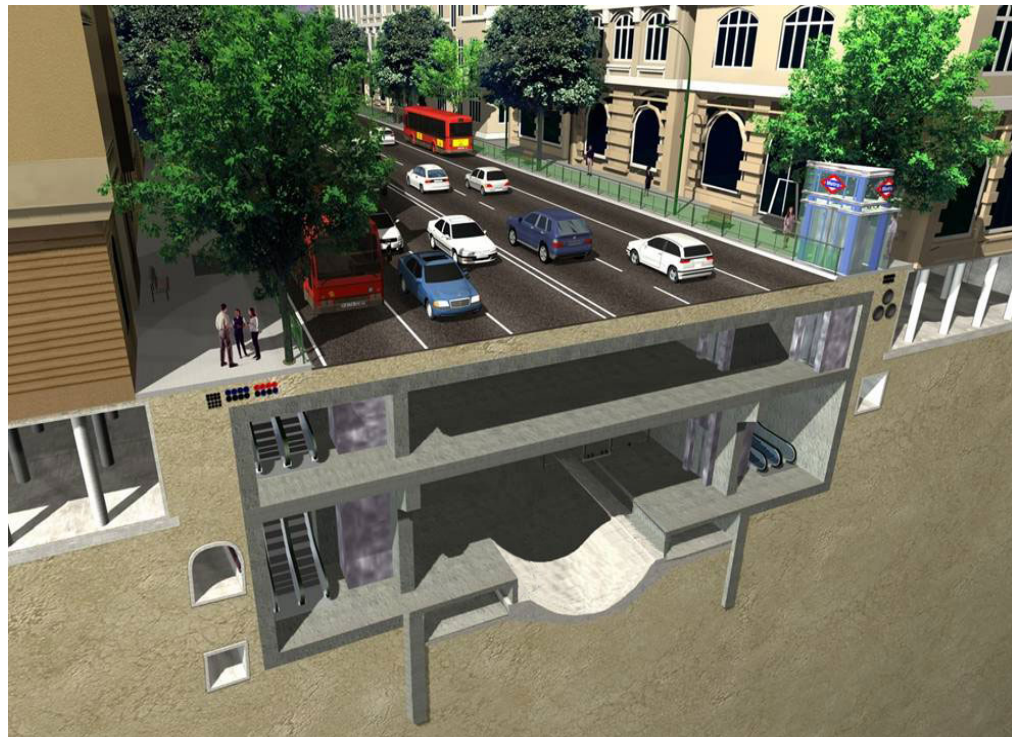


Fuente: UNMQ

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.



Fuente: UNMQ

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.



Fuente: UNMQ

### 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:
  - 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.

### **Otros métodos constructivos**

Hasta aquí se han descrito los métodos constructivos que se estiman más adecuados, como criterio general, para la construcción de túneles de línea y estaciones en una extensión de Metro de las características de la que se analiza.

Los métodos expuestos permiten altos rendimientos y reducen las incertidumbres en la construcción de una obra que, por su amplitud, requiere procedimientos de construcción sistemáticos y que garanticen su éxito. No deben, sin embargo, descartarse otros procedimientos constructivos para situaciones particulares, como pueden ser tramos de túnel excesivamente cortos que hacen inviable el empleo de la tuneladora (esta se recomienda en longitudes no inferiores a los 2.000 m), en fondos de saco de fin de línea, en galerías de accesos a estaciones, en desvíos de servicio y, en general, aquellas situaciones singulares en que puedan ser la mejor o, incluso, la única opción.

Uno de estos otros procedimientos de excavación subterránea que podría ser adecuado utilizar para complementar los métodos ya citados es el Método Tradicional Madrileño.

Este es un sistema artesanal de construcción de túneles que se viene empleando en Madrid en la realización de las obras del Metro desde el origen de este en el año 1917. Comúnmente se le denomina Método Belga pero, dado que, en los últimos años, su empleo ha sido sobre todo en el Metro de Madrid, se ha optado, por este cambio de denominación. Precisa de mano de obra especializada y se considera un método idóneo para suelos arcillosos e incluso arenosos.

Es un procedimiento seguro. Al no excavar el túnel a sección completa, los avances están limitados en longitud no más de 2,5 m de pase, y se sostiene simultáneamente a la excavación mediante una entibación cuajada de madera para, en no más de 24 horas, hormigonar el revestimiento definitivo en hormigón en masa. Posteriormente

se ejecutan los hastiales por bataches y por último la contrabóveda. Su inconveniente es el bajo rendimiento en el avance, unos 50 m de túnel de vía doble en un mes.

En primer lugar, se procede a la excavación de una galería auxiliar de avance en la clave del túnel revestido provisionalmente con tablas y puntales de madera, que se apoyan en longarinas metálicas. La galería, en forma trapezoidal, suele tener un ancho en la parte superior de 1 a 1,5 m, en la parte inferior de 2 a 2,5 m y una altura de 1,80 a 2,20 m, aproximadamente. Se comienza pasando una a una las tablas, apoyadas en el último sombrero realizado, avanzándolas cada vez unos 30 ó 50 cm, para lo que se excava en mina en su frente este trecho y con una maza se adelantan para que siempre sujeten las tierras sobre las cabezas de los operarios.



Fuente: UNMQ

En una segunda fase, una vez hecho un avance de unos 2 a 2,5 m, se colocan los puntales y el sombrero por debajo de las tablas que siguen apoyadas por detrás, en el otro sombrero, y por delante, en el frente de las tierras. Para finalizar se colocan las longarinas y se comprueba la estabilidad del conjunto.

A continuación, se ensancha lateralmente y hacia abajo la galería de avance hasta excavar la sección completa de la bóveda, revistiendo en todo momento con tablas, puntales y longarinas.

Una vez excavadas todas las tierras de la sección de la bóveda, se procede al cimbrado y hormigonado de ésta, rellenando todo el hueco existente entre el encofrado y el borde de la excavación. Seguidamente, se excava en

destroza, con cierto desfase respecto a la sección de avance, la zona central del interior del túnel, para no descalzar la bóveda de hormigón.

El siguiente paso es el de excavación y hormigonado de los hastiales por bataches contrapeados y situados de forma que soporten dos semianillos contiguos de bóveda. Para finalizar, se excava y hormigona la contrabóveda.



Fuente: UNMQ

En función de las condiciones de ejecución de la excavación y del sostenimiento provisional se diseña la inyección del contacto del revestimiento con el terreno.

#### 5.7.11 Fase de operación

Una vez culminada la construcción de la obra, se entrará en la fase de operación, en la que se realizan tres grupos de procesos principales. Los procesos de prueba e inspección de los equipos e instalaciones, los procesos requeridos para brindar el servicio diario y finalmente los procesos relacionados con el mantenimiento del proyecto.

Paralelamente a lo señalado se debe considerar los siguientes aspectos puntuales:





El funcionamiento de la línea, la operatividad de las estaciones, la operación de talleres y cocheras y, desde luego, la conservación y mantenimiento de todo el sistema Metro de Quito.

Dentro del proceso de operación se generan una serie de actividades auxiliares las mismas que son indispensables para la ejecución y operatividad del sistema:

Contratación de personal, abastecimiento de materiales y servicios, la movilización y la generación de desechos.

#### 5.7.12 Actividades 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 dismantlarán 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.

#### 5.7.13 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. Chillogallo: 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 Chillogallo, 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.

### 5.8 ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTOS

#### 5.8.1 Impactos en las fases previas y de construcción

Dentro de las fases previas y de construcción de infraestructuras, se puede identificar las siguientes acciones susceptibles de producir impactos:

- Expropiaciones
- Cortes de tráfico y desvíos provisionales
- Ejecución de vallados temporales y señalización
- Retirada y reubicación de elementos urbanos (alumbrado, arbolado, mobiliario, colectores, aceras, etc.)
- Drenaje y desbroce del terreno
- Tránsito de maquinaria pesada y vehículos en zona de obra
- Transporte de materiales a la obra y de excedentes a lugar de destino
- Movimientos de tierra (excavaciones y rellenos)
- Revestimiento del túnel y construcción de estructuras subterráneas asociadas (Estaciones, pozos de introducción y extracción de la tuneladora, pozos de ventilación, etc.)



- Instalaciones auxiliares temporales para la ejecución de las obras (campamento de obra, pistas y accesos, plantas para la fabricación de hormigón, áreas para el almacenamiento de materiales y residuos, áreas para el suministro de combustible y mantenimiento de vehículos y maquinaria, depósitos de agua, etc.)
- Instalaciones auxiliares permanentes (abastecimiento de agua, saneamiento y electricidad)
- Producción de residuos y aguas residuales
- Empleo de mano de obra
- Demanda de materiales y servicios
- Necesidad de vertederos

### 5.8.2 Impactos en la fase de operación

En la fase de operación del sistema Metro de Quito se puede establecer una serie de acciones que pueden generar impacto:

- Ocupación permanente del terreno por la presencia de la nueva infraestructura
- Funcionamiento de la infraestructura: circulación de vehículos por la vía.
- Conservación y mantenimiento de la infraestructura:
  - a. Producción de residuos/aguas residuales
  - b. Empleo de mano de obra
- Demanda de materiales y servicios.