



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE QUITO.  
RESUMEN EJECUTIVO

Noviembre de 2012. Exp. 1479



Public Disclosure Authorized  
Public Disclosure Authorized  
Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized  
Public Disclosure Authorized



# ÍNDICE

ÍNDICE .....	I
FIGURAS .....	III
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	2
1.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO .....	3
1.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN DE LA RUTA DEL METRO .....	5
1.3.1 TRAZADOS PRELIMINARES.....	5
1.3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS DE TRAZADO PROPUESTAS .....	5
1.3.3 PROCESO DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....	5
1.3.4 CONDICIONANTES.....	9
1.3.5 MATRIZ DE CRITERIOS Y RESULTADOS .....	9
1.3.6 ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	10
1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO Y PLAZO DE EJECUCIÓN .....	11
1.4.1 UBICACIÓN .....	11
1.4.2 PLAZO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	12
1.5 ÁREAS DE INFLUENCIA.....	12
<b>2. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL .....</b>	<b>14</b>
<b>3. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ENTORNO GEOMORFOLÓGICO E HIDROGEOLOGÍCO DEL PROYECTO METRO DE QUITO.....</b>	<b>16</b>
3.1 CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA.....	16
3.1.1 INFLUENCIAS OROGRÁFICAS .....	17
3.1.2 EFECTO BARRERA Y EFECTO FOEHN .....	17
3.2 HIDROGEOLOGÍA .....	18
3.3 UNIDADES HIDROGEOLOGÍCAS .....	18
3.3.1 FORMACIÓN MACHÁNGARA .....	19
3.3.2 FORMACIÓN CANGAHUA .....	19
3.4 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	20
3.4.1 SEGMENTACIÓN DEL VALLE INTERANDINO .....	20
3.4.2 GEOLOGÍA LOCAL .....	20
3.4.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	22
<b>4. TRABAJOS DE SOPORTE REALIZADOS.....</b>	<b>22</b>

<b>4.1 INTERPRETACIÓN CARTOGRÁFICA .....</b>	<b>23</b>
4.1.1 INTRODUCCIÓN .....	23
4.1.2 OBJETO.....	23
4.1.3 ÁREAS DE INTERVENCIÓN .....	23
4.1.4 RESULTADOS .....	23
<b>4.2 TOPOGRAFÍA.....</b>	<b>24</b>
4.2.1 OBJETO.....	24
4.2.2 AREA DE INTERVENCIÓN .....	24
4.2.3 RESULTADOS .....	24
<b>4.3 ARQUEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA .....</b>	<b>25</b>
4.3.1 OBJETO:.....	25
4.3.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:.....	25
4.3.3 RESULTADOS: .....	25
<b>4.4 ESTUDIO DE PATRIMONIO.....</b>	<b>26</b>
4.4.1 OBJETIVO .....	26
4.4.2 ÁREA DE INTERVENCIÓN .....	26
4.4.3 RESULTADOS .....	26
4.4.4 CONCLUSIONES .....	26
<b>4.5 SÍSMICA PASIVA .....</b>	<b>27</b>
4.5.1 OBJETO:.....	27
4.5.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:.....	27
4.5.3 RESULTADOS: .....	27
<b>4.6 ESTUDIO DE VIBRACIONES.....</b>	<b>27</b>
4.6.1 OBJETO:.....	27
4.6.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:.....	28
<b>4.7 MONITOREO SÍSMICO Y NEOTECTÓNICA.....</b>	<b>28</b>
4.7.1 OBJETO:.....	28
4.7.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:.....	28
4.7.3 RESULTADOS: .....	29
<b>4.8 HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
4.8.1 OBJETO:.....	29
4.8.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:.....	29
<b>4.9 MODELOS DE FLUJO SUBTERRÁNEO MEDIANTE MÉTODOS NUMÉRICOS E IMPACTO DE OBRAS SOBRE HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA .....</b>	<b>30</b>
4.9.1 RESULTADOS: .....	30
<b>4.10 INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES Y ESTRUCTURAS .....</b>	<b>31</b>
4.10.1 OBJETO:.....	31
4.10.2 AREA DE INTERVENCIÓN: .....	31



<b>4.11 SERVICIOS PÚBLICOS AFECTADOS</b> .....	<b>31</b>
4.11.1 OBJETO: .....	31
4.11.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN: .....	31
4.11.3 COORDINACIÓN CON ORGANISMOS .....	32
4.11.4 SERVICIOS AFECTADOS .....	32
4.11.5 RESULTADOS: .....	33
<b>4.12 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA</b> .....	<b>33</b>
4.12.1 INTRODUCCIÓN .....	33
4.12.2 OBJETO: .....	33
4.12.3 ÁREAS DE INTERVENCIÓN .....	33
4.12.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA .....	33
4.12.5 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA .....	35
<b>4.13 EFECTOS SÍSMICOS</b> .....	<b>35</b>
4.13.1 INTRODUCCIÓN .....	35
4.13.2 CONSIDERACIÓN DE ACCIÓN SÍSMICA .....	36
<b>5. PROYECTO DE OBRA CIVIL</b> .....	<b>36</b>
5.1 TRAZADO DE LA VÍA .....	36
5.2 PARÁMETROS DE DISEÑO EN PLANTA Y ALZADO .....	38
5.2.1 ESTACIONES .....	39
5.2.2 POZOS DE VENTILACIÓN, BOMBEO Y SALIDAS DE EMERGENCIA .....	39
5.2.3 TALLERES Y COCHERAS .....	41
<b>5.3 SUPERESTRUCTURA</b> .....	<b>42</b>
5.3.1 PLAYA DE VÍAS .....	42
5.3.2 ZONA DE TALLERES Y COCHERAS .....	42
5.3.3 APARATOS DE MANIOBRA .....	43
<b>5.4 ESTRUCTURAS</b> .....	<b>43</b>
5.4.1 NAVE DE TALLERES Y COCHERAS .....	43
5.4.2 MÓDULO DE OFICINAS .....	44
5.4.3 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA .....	45
5.4.4 EDIFICIO DE CONTROL DE ACCESOS .....	45
5.4.5 EDIFICIO DE CONTROL DE ACCESOS .....	46
5.4.6 MUROS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS .....	46
5.4.7 MARCO PARA LA OBRA DE DRENAJE OF1 .....	47
5.4.8 TÚNEL DE LÍNEA .....	47
<b>5.5 INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS</b> .....	<b>49</b>
5.5.1 INTRODUCCIÓN .....	49
5.5.2 APARATOS DE VÍA .....	49
<b>5.6 PROYECTOS DE INSTALACIONES</b> .....	<b>49</b>
<b>5.7 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS QUE COMPONEN LOS PROYECTOS DE INSTALACIONES:</b> .....	<b>50</b>
5.7.1 SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA .....	50
5.7.2 SUBESTACIONES ELÉCTRICAS .....	51
5.7.3 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA .....	52
5.7.4 ELECTRIFICACIÓN .....	53
5.7.5 CONTROL Y VENTA DE TÍTULOS DE TRANSPORTE .....	54
5.7.6 ESCALERAS MECÁNICAS Y ASCENSORES .....	56
5.7.7 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....	57
5.7.8 VENTILACIÓN .....	59
5.7.9 TELECOMUNICACIONES .....	60
5.7.10 CONTROL DE ESTACIONES .....	62
5.7.11 PUESTO DE CONTROL CENTRAL .....	64
<b>6. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES</b> .....	<b>65</b>
CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL .....	70
<b>6.1 CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS</b> .....	<b>76</b>
<b>7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b> .....	<b>78</b>
<b>7.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN</b> .....	<b>78</b>
7.1.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS .....	78
7.1.2 PLAN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL .....	84
7.1.3 PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS .....	85
7.1.4 PLAN DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL .....	86
7.1.5 PLAN DE MANEJO DE DESECHOS .....	87
7.1.6 PLAN DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS .....	90
7.1.7 PROGRAMA DE CIERRE Y ABANDONO .....	91
7.1.8 AUDITORÍAS AMBIENTALES .....	92
7.1.9 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO .....	92
<b>7.2 FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b> .....	<b>93</b>
7.2.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS .....	93
7.2.2 PLAN DE CONTINGENCIAS Y RESPUESTAS A EMERGENCIAS .....	96
7.2.3 PLAN DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL .....	96
7.2.4 PLAN DE MANEJO DE DESECHOS .....	96
7.2.5 PLAN DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS .....	96
7.2.6 AUDITORÍAS AMBIENTALES .....	96
7.2.7 PLAN DE MANTENIMIENTO .....	96



7.2.8 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO .....	97
7.2.9 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL .....	99
<b>8. PROCESO DE PARTICIPACIÓN SOCIAL.....</b>	<b>101</b>
<b>9. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
<b>10. CONTACTOS.....</b>	<b>103</b>
10.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL.....	103
10.2 NOMBRE DE LA COMPAÑÍA CONSULTORA.....	103

## FIGURAS

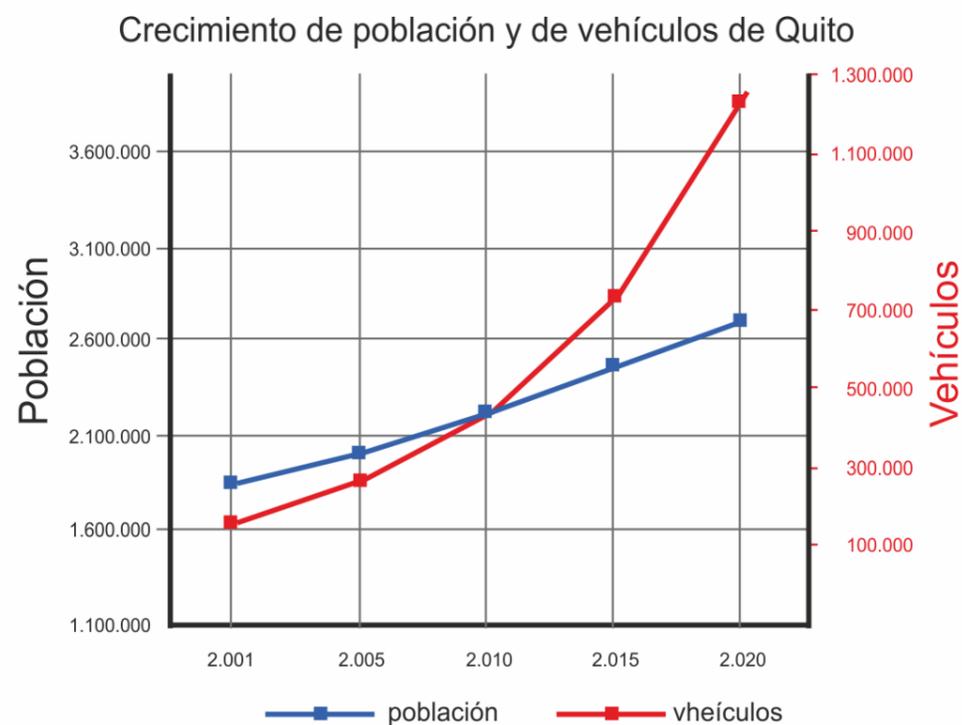
No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

## 1. INTRODUCCIÓN

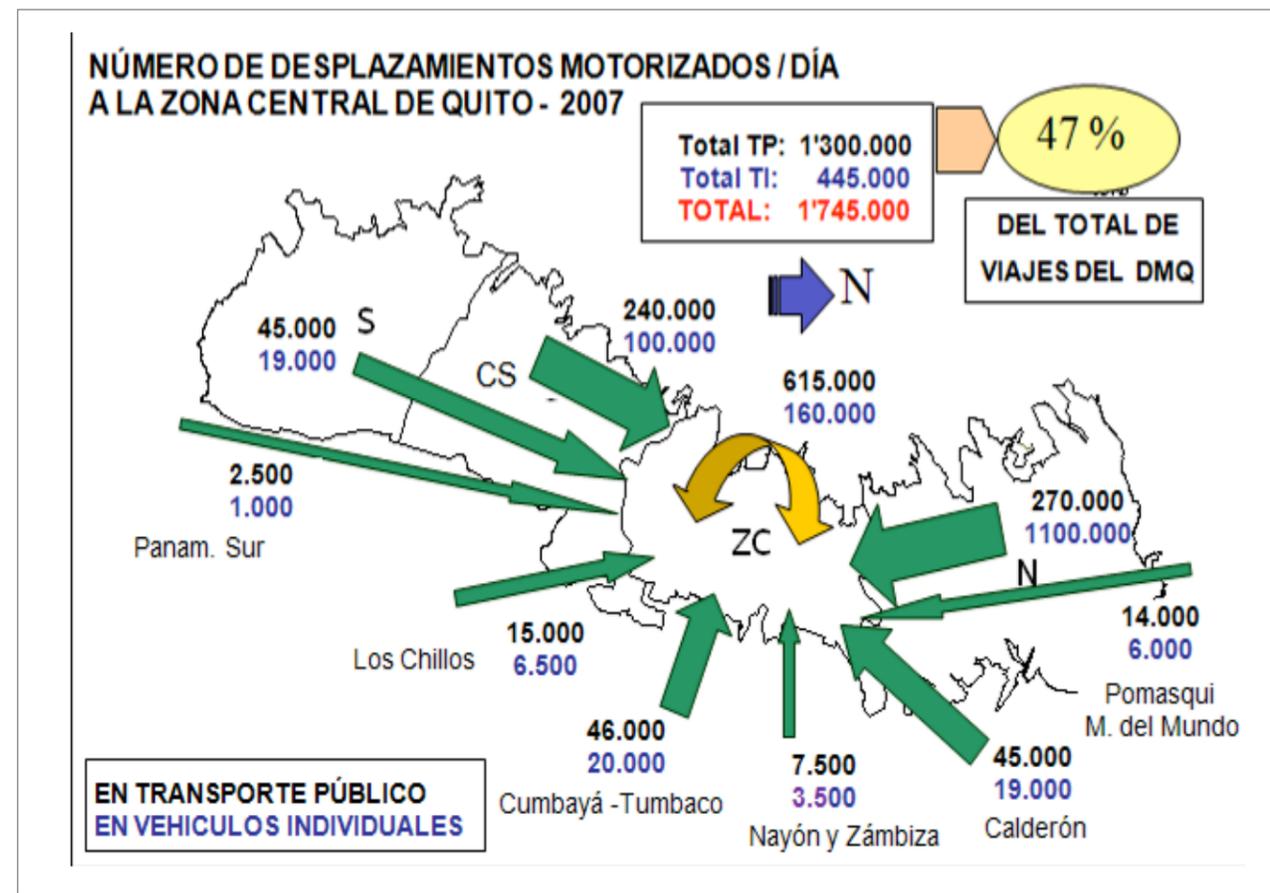
El presente documento constituye una versión resumida no técnica del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto primera línea del Metro de Quito, con el fin de informar a la población en general de los impactos que generará esta obra y las medidas que se aplicarán para maximizar sus impactos positivos y minimizar los negativos.

La grave situación de la movilidad en la ciudad de Quito ha ocasionado un evidente deterioro de la calidad de vida de sus habitantes. La agobiante congestión vehicular, un transporte público desarticulado e ineficiente, la creciente demanda de movilidad y de transporte público, la intervención poco ordenada y regulada de operadores privados, un crecimiento acelerado de la población y la propia configuración longitudinal de la ciudad; son algunos de los síntomas que caracterizan a la movilidad en la ciudad de Quito.

Los estudios de movilidad y demanda advierten que el parque de vehículos en Quito se duplicará en el año 2020, lo que provocará el colapso del tráfico en la ciudad con consecuencias dramáticas para la población, que deberá destinar entre 3 y 4 horas diarias, en promedio, para ir y venir de su trabajo; además de los graves efectos de una creciente e incontrolable contaminación ambiental. Los gráficos a continuación representan la tendencia de incremento de vehículos en Quito, así como el número de desplazamientos por tipo de transporte.



Fuente: Datos de CORPAIRE y del PGDT. Elaboración: UNMQ, 2011



Fuente: EPMMOP-DMQ-Metro de Madrid S.A. Estudios para el diseño conceptual del sistema integrado de transporte masivo de Quito y Factibilidad de la primera Línea del Metro de Quito.2011

Frente a esta realidad, y en consecuencia con el Plan Maestro de Movilidad para la Ciudad de Quito 2009-2025, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ) ha resuelto llevar a cabo el diseño e implementación del denominado Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), entendido éste como el conjunto de medios de transporte público, incluyendo al Metro como su eje articulador, que constituya una oferta de transporte público eficiente y sostenible, física y tarifariamente integrados, que actúan bajo la rectoría de una institución de carácter municipal que planifique, administre y controle el sistema de transporte, al amparo de un marco normativo adecuado.

La siguiente figura ilustra el sistema de transporte previsto para el año 2017:



Fuente: EPMMOP-DMQ-Metro de Madrid S.A. Estudios para el diseño conceptual del sistema integrado de transporte masivo de Quito y Factibilidad de la primera Línea del Metro de Quito. 2011

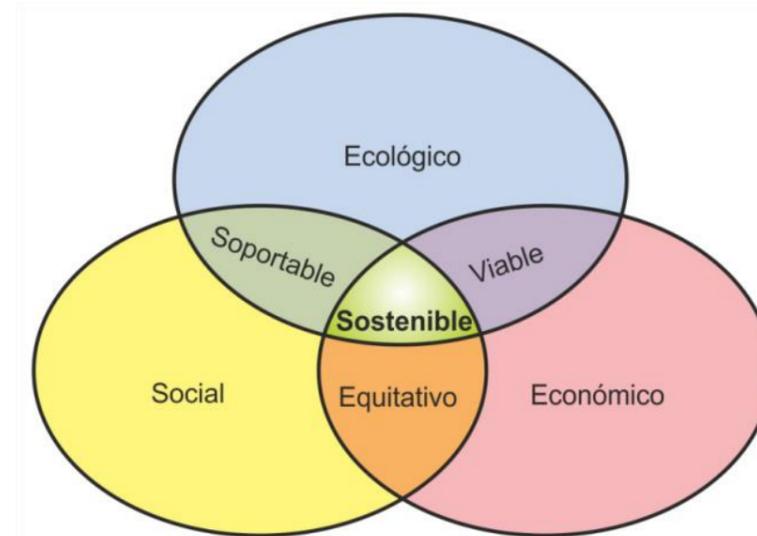
Los estudios y diseños de ingeniería de la Primera Línea del Metro de Quito los realiza Metro de Madrid, S.A., una de las mejores empresas del mundo en desarrollo y operación de líneas y sistemas de metro. Por su lado, los estudios ambientales del proyecto están a cargo de la Asociación Gesambconsult - EVREN; la primera es ecuatoriana y posee amplia experiencia en evaluación de impacto ambiental en proyectos complejos, y la segunda, de origen español, altamente especializada en mitigación de efectos ambientales en construcción de metros.

El alcance del presente estudio de impacto ambiental incluye a la Primera Línea del Metro de Quito. Además de su utilidad como una herramienta de gestión para el análisis y manejo de los aspectos ambientales del proyecto, este estudio sirve también para dar cumplimiento a los requerimientos legales y a los requerimientos de los organismos multilaterales de financiamiento, tales como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, la Corporación Andina de Fomento y el Banco Europeo de Inversiones.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El proyecto Primera Línea del Metro de Quito tiene como objetivo principal articular un transporte público eficiente, que promueva el desarrollo sostenible del Distrito Metropolitano de Quito y de la nación en su conjunto. El desarrollo

sostenible se define como aquel capaz de “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades, articulando de forma armónica los legítimos objetivos ambientales, económicos y sociales, a los que aspira una sociedad sana, moderna y competitiva”, tal como se representa en el siguiente gráfico:



Así pues los objetivos parciales del proyecto son:

1. Implementar un moderno sistema de transportación pública en la ciudad de Quito, preservando los ecosistemas, las especies de la flora y la fauna de elevado valor, la calidad del aire y el agua; utilizando racionalmente los recursos y contribuyendo a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
2. Fomentar el desarrollo económico generando empleo, impulsando los sectores económicos y mejorando la productividad.
3. Construir y operar la Primera Línea del Metro de Quito procurando el bienestar de las personas mediante el cuidado de su salud, el respeto a sus principios, valores, creencias y costumbres, y la preservación del acervo cultural y patrimonial de la ciudad.

Los objetivos del estudio de impacto ambiental son:

- a. Analizar y describir el entorno en el cual se desarrollará el proyecto.
- b. Identificar los impactos significativos.
- c. Valorar los impactos ambientales
- d. Establecer medidas para potenciar los impactos positivos y minimizar los negativos.



- e. Diseñar un conjunto de planes de manejo que permitan la vigilancia y seguimiento de los principales impactos identificados

## 1.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO

La demanda de movilidad en la ciudad de Quito para el año 2010 fue de 28,000 pasajeros por hora y por sentido, mientras que para el año 2030 se prevé un flujo de 48,000 pasajeros por hora y por sentido.

Para poder balancear la demanda de movilidad con la oferta de transporte, es necesario analizar y determinar cuál es el más apropiado sistema de transporte masivo que, al tiempo de articular el sistema, sea capaz de satisfacer los niveles de demanda definidos en el anterior párrafo.

La **alternativa cero** implica continuar con el mismo sistema de transporte que hasta el momento ha venido operando en la ciudad de Quito, con el agravante de que, con el paso del tiempo, la demanda de transportación pública va creciendo, haciendo que el sistema de transporte establecido vaya quedando insuficiente, sobretodo dentro de la dinámica de crecimiento urbano. Por lo tanto, el continuar con este modelo conllevaría el colapso del sistema en unos pocos años.

4. Los **buses convencionales** tienen como ventaja la flexibilidad en el movimiento y es la opción de más baja inversión inicial. Como desventajas surgen la dificultad de incorporarlos a un sistema de planificación centralizada, el manejo poco profesional y por momentos hasta caótico de las unidades de transporte y su baja capacidad para satisfacer el flujo de pasajeros que genera la creciente demanda; un bus convencional apenas transporta alrededor de 50 pasajeros por hora. Para el caso de Quito que además cuenta actualmente con una flota de alrededor de 2.800 unidades, los buses convencionales más que una opción de solución integral son en sí mismo parte del problema por los aspectos mencionados anteriormente. Por lo tanto, la opción de buses convencionales como el eje vertebral del Sistema Integrado de Transporte Masivo para la ciudad de Quito queda completamente descartada.
5. El sistema de **buses rápidos sobre vías segregadas** o por sus siglas en inglés **BRT**, es la opción que ha manejado hasta el día de hoy la Municipalidad de Quito, como potencial eje articulador. Cuatro líneas integran el sistema Metrobus – Q: el Trolebús o Línea Verde que fue la primera en entrar en operación, la Ecovía o Línea Roja, continuada por el Corredor Sur Oriental y finalmente el Corredor Central Norte o Línea Azul. Una de las principales ventajas de los BRTs es la apropiada relación de costo beneficio determinada por la su capacidad de transporte frente a los montos de inversión necesarios para construirlos Si bien casi la mayoría de sistemas BRT en el mundo se manejan sobre vías segregadas del tráfico, no siempre dichas vías tienen exclusividad, lo cual los enfrenta a que en ciertos sectores se den invasiones de vía y compita el BRT con el tráfico normal o que su velocidad se vea restringida por los usuales problemas del tráfico como son intersecciones semaforicas atascadas, tiempo de retraso debido a cruces viales y peatonales, etc., con lo que dichas complejidades llevan a caídas de velocidad muy por debajo de las esperadas en estos sistemas.

Adicionalmente y como factor preponderante, cabe mencionar que la capacidad de este tipo de sistema de transporte tiene un techo operacional límite, pues puede alcanzar hasta un cierto nivel máximo de pasajeros por hora por sentido, es así que usualmente se consideran capacidades máximas de transporte de los sistemas BRT en un rango de 10,000 a 20,000 pasajeros por hora y por sentido direccional,<sup>1</sup> aunque los más evolucionados y eficientes diseños de BRT en el mundo como casos extremos han alcanzado los 32,000 pasajeros por hora por sentido, tal es el caso del Transmilenio en Bogotá,<sup>2</sup> aunque para ello se requiere de dos carriles por lado segregados para el sistema BRT, con el objetivo de que cierto número de unidades circulen de manera “expresa”, es decir deteniéndose solamente en pocas paradas de la ruta.

Para llegar al flujo de pasajeros necesario en el año 2010 de 28,000 pasajeros por hora y por sentido, según la Tabla 7, se requeriría entonces de la utilización del uso de dos carriles por lado a lo largo de toda una avenida para un corredor de BRT y con total exclusividad de la vía, es decir sin ningún cruce semaforizado para vehículos de manera transversal al corredor. Tal cantidad de espacio vial usado y sin intersecciones convertiría a los corredores segregados para los BRTs en auténticas “heridas urbanas” que en forma práctica crearían una separación de la vida de la ciudad a los dos lados del corredor.

Para el escenario del 2030, un sistema BRT sería incapaz de transportar los 48,000 pasajeros por hora y por sentido que se determina en el cálculo presentado en la Tabla 8, pues ya se anotó previamente que los diseños más evolucionados de BRTs en el mundo únicamente han alcanzado a transportar 32,000 pasajeros por hora. Esta modalidad, como eje central y vertebral del Sistema Integrado de Transporte Masivo fracasaría completamente, con lo cual el mismo sistema de transportación pública colapsaría.

Finalmente, un BRT de 4 carriles segregados tendría un elevadísimo costo en cuanto al ya muy escaso terreno urbano utilizado. Un breve cálculo permite estimarlo: el ancho total requerido para instalar un corredor de 4 carriles es de 20 metros, si se multiplica ese valor por un recorrido longitudinal de 20 km se requeriría un total de 400,000 metros cuadrados. Dado que el corredor segregado se desarrolla sobre las avenidas más importantes de la ciudad, se esperaría un costo por metro cuadrado de al menos 700 dólares, por lo cual multiplicando este valor por la superficie anterior calculada, se llegaría a un costo del terreno urbano utilizado de 280 millones de dólares. A esto habría que sumarle los costos de los procesos de expropiación de los terrenos.

Se concluye que los sistemas de corredores de buses segregados o BRTs no son viables operacionalmente para el desarrollo del SITM de Quito. Crean una “herida urbana” rompiendo la interacción a los dos lados del corredor y tienen elevados costos por el terreno urbano utilizado; en

<sup>1</sup>Halcrow Fox, Mass Rapid Transit in Developing Countries Report, Department of International Development World Bank, 2000

<sup>2</sup>NESTLAC, Transmilenio un sistema de transporte masivo de alta capacidad y bajo costo, Consulta Regional NESTLAC (Red Latinoamericana de Transporte Sustentable), Panamá, 2003.



consecuencia, los sistemas BRT por sí solos ya no pueden ser una solución como el eje vertebral del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Quito.

6. Los **trenes ligeros y tranvías**, cuyas siglas en inglés son **LRT**, son sistemas de transporte masivo de frecuente uso en Europa, de manera especial en ciudades menores a dos millones de habitantes o en aquellas más grandes como líneas complementarias a los ya existentes sistemas de metros y, en algunos casos como sistemas de alimentación de los metros.

En la ciudad de Quito, en el 2007 se realizaron estudios preliminares para un proyecto denominado "TRAQ" (Tren Rápido para Quito), que por sus características caería dentro de la categoría de un tren ligero o LRT.

Los LRT tienen capacidades que fluctúan entre 10,000 a 20,000 pasajeros por hora y por sentido direccional. La segregación del tráfico define al igual que en los sistemas BRT las características y beneficios de operación de los sistemas LRT. Por otro lado las inversiones suelen ser superiores a los sistemas BRT, encontrándose entre 10 a 30 millones de dólares por km.<sup>3</sup> Con la capacidad señalada de 10,000 a 20,000 pasajeros por hora para los LRT y dada la demanda que se calculó en la Tabla 7 para Quito en el año 2010 de 28,000 pasajeros por hora y por sentido, los sistemas LRT serían incapaces de aglutinar, canalizar y transportar dicha demanda. En peor caso se encontrarían para el año 2030 en el cual la demanda calculada según la Tabla 8 sería de 48,000 pasajeros por hora y por sentido, muy superior a la capacidad de los LRT.

En conclusión, para el caso de Quito, una modalidad tipo LRT como solución vertebral para el Sistema Integrado de Transporte Masivo no tiene viabilidad ni sostenibilidad por su limitada capacidad para atender la demanda prevista; en consecuencia deben ser descartados incluyendo el denominado proyecto TRAQ.

7. Los **sistemas de tránsito rápido o tipo metro**, que adoptan diversas denominaciones como tren subterráneo, tren metropolitano, tren elevado, subway, metro o RT por sus siglas en inglés de Rapid Transit, son opciones caracterizadas por una mayor capacidad para satisfacer demandas altas de transportación y son las de mayor velocidad posible de transportación. La capacidad de transporte de los sistemas tipo metro ha llegado hasta los 80,000 pasajeros por hora por sentido en ciudades como Hong Kong; en la línea este del metro de Sao Paulo se registran regularmente más de 60,000 pasajeros transportados por hora por sentido.<sup>4</sup> Igualmente, sus velocidades promedio o también llamadas velocidades comerciales que incluye períodos en movimiento y paradas, llegan a los 40 km/h, mientras que sus velocidades máximas llegan a 110 km/h.

La base conceptual de los sistemas tipo metro es la segregación vial tanto horizontal como vertical, es decir la utilización de las vías con total exclusividad. Estos sistemas se pueden desplazar por vías subterráneas, en viaducto aéreo, en falso túnel, en trinchera y a nivel de superficie, facilitando la aplicación de diversos sistemas constructivos. Los montos de inversión de los sistemas tipo metro son muy variables, pues van desde los 20 hasta los 180 millones de dólares el kilómetro<sup>5</sup>, dependiendo de un serie de factores, entre los que están el propio sistema constructivo u obra civil, las características geológicas y geotécnica del terreno, el tipo y condición del material rodante, el nivel de automatización de las instalaciones, entre otros.

En conclusión, se puede observar que en base a su capacidad operativa, un sistema tipo metro sería el único capaz de transportar en Quito los flujos de pasajeros determinados en las Tablas 7 y 8. Dichos flujos se calculan en 28,000 pasajeros por hora y por sentido para el año 2010 y en 48,000 pasajeros por hora y por sentido en el 2030. Esto dado a que, como se explicó párrafos atrás, los sistemas tipo metro alcanza hasta 80,000 pasajeros por hora y por sentido.

Con las consideraciones antes mencionadas, resulta ilustrativo confrontar las características generales de las diferentes alternativas tecnológicas de transporte masivo, con la información de la demanda existente. De esta comparación se concluye claramente que el tren metropolitano o metro es la única opción, de entre los sistemas de transporte masivo, capaz de convertirse en el eje central, articulador y vertebrador del SITM, y de transportar los volúmenes de pasajeros requeridos a las velocidades deseadas en la ciudad de Quito, más aún de cara a la demanda proyectada; no ocuparía el espacio actual de 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.

Con sustento en todas estas consideraciones, se concluye desde el enfoque comercial de la movilidad, es decir bajo el criterio de balancear la demanda con la oferta, que la mejor alternativa de transporte para confrontar las exigencias de la demanda de movilidad en una ciudad con las características de Quito, que se convierta en la obra de infraestructura que articule y vertebre a un sistema integrado de transporte masivo, con visión de largo plazo, en forma eficiente y sostenible es, sin duda, el sistema de transporte masivo tipo Metro.

<sup>3</sup>Halcrow Fox, Mass Rapid Transit in Developing Countries Report, Department of International Development World Bank, 2000

<sup>4</sup>Banco Mundial, Ciudades en Movimiento, Revisión de la Estrategia de Transporte Urbano, 2002

<sup>5</sup>GTZ, Mass Transit Options, Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities, 2002



## 1.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN DE LA RUTA DEL METRO

### 1.3.1 TRAZADOS PRELIMINARES

El primer paso realizado fue plantear puntos de paso recomendados para cualquiera de las alternativas que se fueran a desarrollar y corredores principales sobre los que desarrollarse. En un primer análisis se identificaron los siguientes puntos de paso (de sur a norte):

- Terminal Terrestre de Quitumbe
- Parroquia de Solanda
- Estación de transferencia de El Recreo
- Centro Histórico
- Estación de La Marín
- Parque de La Alameda
- Terminal Norte del Trole
- Estación de Transferencia de La Ofelia
- Terminal Terrestre de Carcelén

Los corredores principales identificados fueron los siguientes:

SUR	NORTE
Av. Antonio José de Sucre	Av. Amazonas
Av. Rumichaca	Av. 10 de Agosto
Av. Quitumbe	Av. América
Av. Pedro Vicente Maldonado	Av. De la Prensa
Av. Teniente Hugo Ortiz	Av. De los Shyris
Av. Cardenal de la Torre	Av. Eloy Alfaro
Av. Alonso de Angulo	Av. Galo Plaza Lasso
Av. 5 de Junio	Actual Aeropuerto

Con estas premisas, y los condicionantes externos identificados, se trazaron un total de 12 alternativas de trazado. Estas alternativas daban variantes a las zonas del sur por las que transitar, al paso por el Centro Histórico y al cruce del río Machángara. En el Norte, parecía mucho más claro que cualquier alternativa debería pasar o por la Av. 10 de Agosto o por la Av. Amazonas y evitar así afectaciones al Trole durante la fase de construcción.

Sucesivos análisis permitieron afinar estas alternativas y reducirlas a tres, que se muestran en la Figura 4.2 y se describen a continuación.

### 1.3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS DE TRAZADO PROPUESTAS

El diseño de las distintas alternativas de trazado se realizó utilizando el software comercial de diseño de obras lineales ISTRAM/ISPOL, desarrollado por Buhodra Ingeniería, SA, que consiste en una aplicación informática que integra las variables geométricas, de optimización de espacio y optimización de tiempos de recorrido así como de los puntos nodales de interconexión con los otros subsistemas del sistema integrado.

Los trazados de las tres alternativas seleccionadas se resumen a continuación.

- Alternativa 1 (Centro)
- Alternativa 2 (Occidental)
- Alternativa 3 (Oriental)

El resumen de las tres alternativas inicialmente consideradas es como sigue:

ALTERNATIVA	LONGITUD	Nº ESTACIONES	INTERCAMBIOS
1 CENTRO	26,65 km	19	8
2 OCCIDENTAL	25,59 km	19	6-7
3 ORIENTAL	26,23 km	19	8-9

### 1.3.3 PROCESO DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

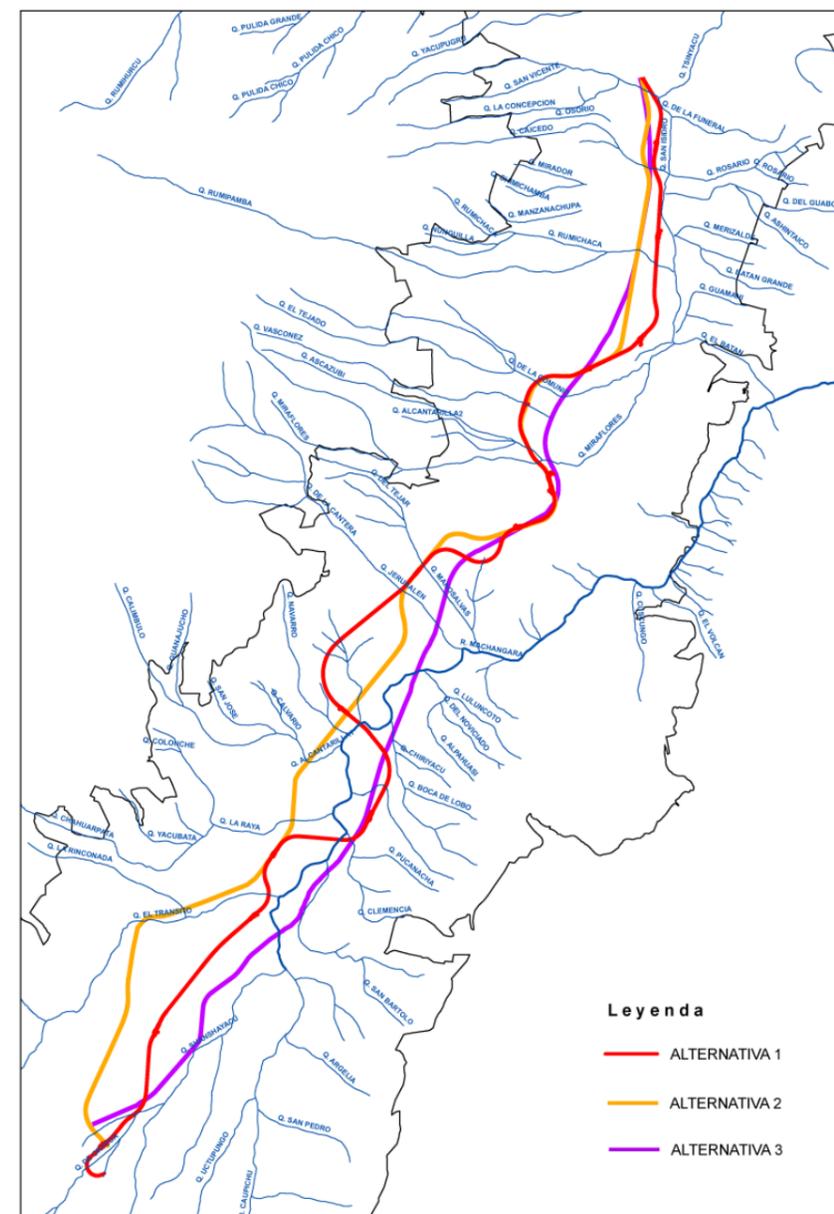
#### ANÁLISIS MULTICRITERIO

Para realizar el análisis multicriterio, se optó por el método AHP (The Analytical Hierarchy Process) de Thomas Saaty. Un ejemplo de todo el proceso de cálculo se presenta en el Anexo 11 del Capítulo Anexos del EIA.

Este método está diseñado para cuantificar juicios u opiniones gerenciales (elementos cualitativos o subjetivos) sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios que intervienen en un proceso de decisión. De forma genérica, las etapas del método AHP son las siguientes:

8. Descomponer el problema de decisión en una jerarquía de elementos interrelaciones, identificando: OBJETIVO O META, CRITERIOS que intervienen en la decisión, y ALTERNATIVAS sobre las que decidir.
9. Desarrollar una MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIOS por pares, estableciendo un rating de importancia relativa de un criterio con otro. Dicho rating se establece usando la siguiente escala cualitativa:
  - 1 = igualmente preferida
  - 2 = moderadamente preferida
  - 3 = fuertemente preferida
  - 4 = muy fuertemente preferida
  - 5 = extremadamente preferida
10. Obtener la matriz de comparación de criterios NORMALIZADA, dividiendo cada celda de una columna por la suma de esa columna
11. Desarrollar el VECTOR DE PESOS para cada CRITERIO, obtenido como el promedio de cada fila de la matriz de criterios normalizada
12. Para cada CRITERIO, desarrollar una MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES de Alternativas, al igual que se hace con los criterios
13. Para cada CRITERIO, desarrollar la matriz de comparación por pares NORMALIZADA
14. Para cada CRITERIO, obtener un VECTOR DE PESOS o PRIORIDAD por Alternativas
15. Desarrollar una matriz de PRIORIDAD de CRITERIOS por ALTERNATIVAS
16. Por último, multiplicando esta matriz por el vector de pesos de cada criterio (paso 4) se obtiene la PONDERACIÓN GLOBAL de cada alternativa

La estructura jerárquica del problema dentro del enfoque de Thomas Saaty queda representada en la figura siguiente:



Fuente: Elaboración propia, 2011

## CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

El análisis de las tres alternativas se desarrolló a través de una metodología cualitativa y cuantitativa de probada validez, que incorporó aspectos técnicos económicos, ambientales, sociales y culturales.



## CRITERIOS CONSIDERADOS

Se trata de elegir una de las tres alternativas preseleccionadas, las cuales fueron evaluadas con base en los siguientes criterios:

### Características de la demanda:

- Ubicación de las centralidades y concentraciones de administración/ servicios.
- Nodos de generación actual y futura de movilidad de las personas y demanda de transporte.

### Geoingeniería:

- Seguridad y factibilidad geomorfológica, geológica / geotécnica/ geotectónica del subsuelo y su condición sísmica e hidrogeológica.
- Limitaciones topográficas y accidentes geográficos de efecto geométrico y constructivo.

### Infraestructura:

- Redes de telecomunicaciones, agua potable y alcantarillado
- Construcciones civiles, obra pública existente y proyectada.
- Vialidad y articulación de la red actual del transporte de la ciudad.

### Espacio Urbano:

- Equipamiento, desarrollo urbanístico y tendencia de crecimiento habitacional.
- Limitaciones de diseño como radios mínimos, clotoides, longitudes mínimas de recta, etc.
- Disponibilidad de espacios físicos para la ubicación y construcción de estaciones, talleres y cocheras de la Primera Línea del Metro de Quito.
- Requerimientos de interconectividad de futuras ampliaciones de la Primera Línea del Metro de Quito.

### Aspectos Ambientales, Sociales y Patrimoniales:

- Identificación y evaluación de los posibles impactos al ambiente, sociales y al patrimonio de la ciudad.
- Identificación y evaluación de los riesgos ambientales y operativos.
- Áreas de posible expropiación.

## MATRIZ DE ALTERNATIVAS

### Criterio: Características de la demanda

DEMANDA	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL
OCCIDENTAL	1	1/3	1/2
CENTRO	3	1	1
ORIENTAL	2	1	1

La alternativa centro es claramente mejor que la occidental, puesto que penetra mejor en Solanda, y además la Occidental no pasa por El Recreo. La oriental (que sigue más o menos El Trole) y la Centro son igualmente preferidas, y la Oriental es mejor que la Occidental por pasar por El Recreo.

### Criterio: Geoingeniería

GEOINGENIERÍA	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL
OCCIDENTAL	1	1	1
CENTRO	1	1	2
ORIENTAL	1	1/2	1

Desde el punto de vista de la geoingeniería, todas las alternativas son igualmente preferibles entre sí, salvo la centro con la oriental, prefiriendo aquella por poder acometer mejor el cruce del río Machángara entre Solanda y El Calzado.

### Criterio: Infraestructura

INFRAESTRUCTURA	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL
OCCIDENTAL	1	1/3	1/2
CENTRO	3	1	2/3
ORIENTAL	2	3/2	1

Respecto a la infraestructura, la Occidental es la peor porque gran parte de su desarrollo interfiere con la infraestructura del corredor sur-occidental, que debería abandonarse en ese tramo. La oriental es algo mejor que la centro por la menor afectación a colectores y quebradas.

### Criterio: Espacio urbano



ESP. URBANO	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL
OCCIDENTAL	1	1/3	1
CENTRO	3	1	2
ORIENTAL	1	1/2	1

La oriental y la occidental son similares, presentando similares trazados y similares dificultades en el encaje de estaciones. La centro es mucho mejor que la occidental por la mejor disposición para ejecutar la estación de La Magdalena y Solanda, y algo mejor que la oriental por la mejor disposición para ejecutar la estación de El Calzado.

### Criterio: Aspectos ambientales, sociales y patrimoniales

Como insumo para la determinación de los criterios ambientales, a continuación se presenta la comparación cualitativa de alternativas respecto a cada uno de los elementos considerados. Para ello, se califica el nivel de impacto, o de riesgo, en una escala de tres niveles: alto, medio o bajo.

ALTERNATIVAS	IMPACTO FÍSICO	IMPACTO BIÓTICO	IMPACTO SOCIOECONÓMICO	IMPACTO CULTURAL / PATRIMONIAL	RIESGOS
OCCIDENTAL	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio
CENTRO	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio
ORIENTAL	Medio	Bajo	Alto	Alto	Medio

No existen diferencias en cuanto a los niveles de impacto ambiental, o de riesgos, al analizar las diferentes alternativas de trazado. Es claro, entonces, que la fundamentación de la decisión final para escoger la ruta no estará basada en criterios ambientales, sino en una consideración más amplia a través del análisis multicriterio. Para esto, a continuación se presenta la valoración comparativa, desde el punto de vista ambiental, entre las alternativas consideradas:

AMBIENTAL	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL
OCCIDENTAL	1	1	1
CENTRO	1	1	2/3
ORIENTAL	1	3/2	1

Desde el punto de vista ambiental, la alternativa oriental y la occidental son similares, así como la centro y la occidental. Entre los pares de alternativas mencionados el nivel de impacto ambiental es prácticamente el mismo.

De igual manera, el nivel de riesgo entre las tres alternativas es similar, en razón de que los factores de riesgo ambiental son muy similares en los tres casos y los riesgos operativos son exactamente los mismos independientemente de la alternativa que sea escogida.

La alternativa oriental se considera algo mejor que la centro por generar menores áreas de expropiación.

A continuación, criterio a criterio, hay que normalizar las matrices de comparación para obtener los vectores de prioridad:

DEMANDA	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL	PESOS
OCCIDENTAL	0,16667	0,14286	0,20000	0,1698
CENTRO	0,50000	0,42857	0,40000	0,4429
ORIENTAL	0,33333	0,42857	0,40000	0,3873
GEOINGENIERÍA	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL	PESOS
OCCIDENTAL	0,33333	0,40000	0,25000	0,3278
CENTRO	0,33333	0,40000	0,50000	0,41111
ORIENTAL	0,33333	0,20000	0,25000	0,26111
INFRAESTRUCTURA	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL	PESOS
OCCIDENTAL	0,16667	0,11765	0,23077	0,1717
CENTRO	0,50000	0,35294	0,3077	0,38688
ORIENTAL	0,33333	0,52941	0,4615	0,4414
ESP. URBANO	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL	PESOS
OCCIDENTAL	0,20000	0,1818	0,25000	0,2106
CENTRO	0,60000	0,5454	0,50000	0,5485
ORIENTAL	0,20000	0,2727	0,25000	0,2409
AMBIENTAL	OCCIDENTAL	CENTRO	ORIENTAL	PESOS
OCCIDENTAL	0,33333	0,2857	0,375	0,3313
CENTRO	0,33333	0,2857	0,2500	0,2897
ORIENTAL	0,33333	0,4286	0,375	0,37898



### 1.3.4 CONDICIONANTES

Se consideraron 2 tipos de condicionantes: los condicionantes de diseño y externos de los que se contó con información suficiente al momento de la definición del trazado y, los condicionantes debidos a la movilidad innata de las personas y los centros generadores y atractores de viajes.

En cuanto a los condicionantes debidos a criterios de diseño, se consideraron parámetros geométricos y cinemáticos de diseño, así como también los posibles emplazamientos propuestos para los aparatos de vía asociados a las estaciones.

A continuación se señalan los condicionantes considerados para la definición de las distintas alternativas de trazado.

- Condicionantes debidos a los criterios de diseño
- Condicionantes externos
- Condicionantes de geoingeniería
- Condicionantes de infraestructuras existentes
- Condicionantes del espacio urbano
- Condicionantes socio-ambientales y patrimoniales

### 1.3.5 MATRIZ DE CRITERIOS Y RESULTADOS

A continuación se expone los valores subjetivos que ha emitido el centro decisor para la conformación de la matriz de preferencias sobre los criterios adoptados.

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIOS	CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA	GEOINGENIERÍA	INFRAESTRUCTURA	ESPACIO URBANO	ASPECTOS AMBIENTALES, SOCIALES Y PATRIMONIALES
CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA	1	5	2	3	4
GEOINGENIERÍA	1/5	1	1/4	1/3	1/2
INFRAESTRUCTURA	1/2	4	1	2	5
ESPACIO URBANO	1/3	3	1/2	1	2
ASPECTOS AMBIENTALES, SOCIALES Y PATRIMONIALES	1/4	2	1/5	1/2	1

SOCIALES Y PATRIMONIALES					

El criterio de infraestructura es, jerárquicamente, el segundo más importante, La intermodalidad está íntimamente relacionada con la capacidad de captar demanda. En tercer lugar se ha considerado el criterio de espacio urbano, en cuanto a la disponibilidad física de espacio para ejecutar las obras (que las estaciones previstas se puedan ubicar geométricamente en espacios disponibles), que los ejes recomendados puedan desarrollarse geométricamente cumpliendo parámetros de trazado ferroviario, etc.

En cuarto lugar, se ha considerado el criterio ambiental, social y patrimonial. En general, sobre todo en fase de funcionamiento, muchos de los impactos serán positivos puesto que permitirán reducir las emisiones de gases, ruido, tiempos de viaje, etc. Aunque también hay impactos negativos durante la construcción, fundamentalmente debidos al posible impacto sobre el tráfico y a los excedentes de tierras debido a la excavación.

Los criterios de geoingeniería se han considerado los últimos. A pesar de que a priori tienen gran importancia en una obra subterránea, sobre todo para la ejecución, se ha determinado que puede supeditarse al resto de criterios, puesto que de forma preliminar no va a condicionar la viabilidad del proyecto, algo que sí puede ocurrir con el resto de factores.

Una vez evaluados por pares los criterios, hay que obtener la matriz normalizada:

MATRIZ NORMALIZADA DE COMPARACIÓN DE CRITERIOS	CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA	GEOINGENIERÍA	INFRAESTRUCTURA	ESPACIO URBANO	ASPECTOS AMBIENTALES, SOCIALES Y PATRIMONIALES
CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA	0,438	0,333	0,506	0,439	0,320
GEOINGENIERÍA	0,088	0,067	0,063	0,049	0,040
INFRAESTRUCTURA	0,219	0,267	0,253	0,293	0,400
ESPACIO URBANO	0,146	0,200	0,127	0,146	0,160
ASPECTOS AMBIENTALES, SOCIALES Y PATRIMONIALES	0,109	0,133	0,051	0,073	0,080

Se calculan a continuación los pesos que cada criterio va a adquirir para la ponderación de las alternativas, consistentes con las preferencias subjetivas mostradas por el centro decisor en la matriz anterior:



VECTOR DE PESOS	$W_i$
CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA	0,4072
GEOINGENIERÍA	0,0614
INFRAESTRUCTURA	0,2864
ESPACIO URBANO	0,1558
ASPECTOS AMBIENTALES, SOCIALES Y PATRIMONIALES	0,0892

### PONDERACIONES

El paso siguiente consiste en obtener un sistema de ponderaciones para cada una de las alternativas según cada criterio, que resulte consistente con las preferencias subjetivas mostradas por el centro decisor y recogida en la matriz de comparación “por parejas” de los cuadros anteriores, obteniéndose lo siguiente:

ALTERNATIVAS	CRITERIOS				
	CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA	GEOINGENIERÍA	INFRAESTRUCTURA	ESPACIO URBANO	ASPECTOS AMBIENTALES, SOCIALES Y PATRIMONIALES
OCCIDENTAL	0,1698	0,3278	0,1717	0,2106	0,3313
CENTRO	0,4429	0,41111	0,38688	0,5485	0,2897
ORIENTAL	0,3873	0,26111	0,4414	0,2409	0,37898
PONDERACIONES DE CADA CRITERIO	0,4072	0,0614	0,2864	0,1558	0,0892

Una vez obtenidos los estimadores de los ponderadores para los niveles jerárquicos 2 y 3, el paso siguiente (y último) consiste en obtener unos ponderadores globales para ambos niveles de jerarquía. Esta tarea se aborda por medio de una agregación multiplicativa entre niveles jerárquicos, recogiendo el resultado final de los ponderadores globales en el siguiente cuadro:

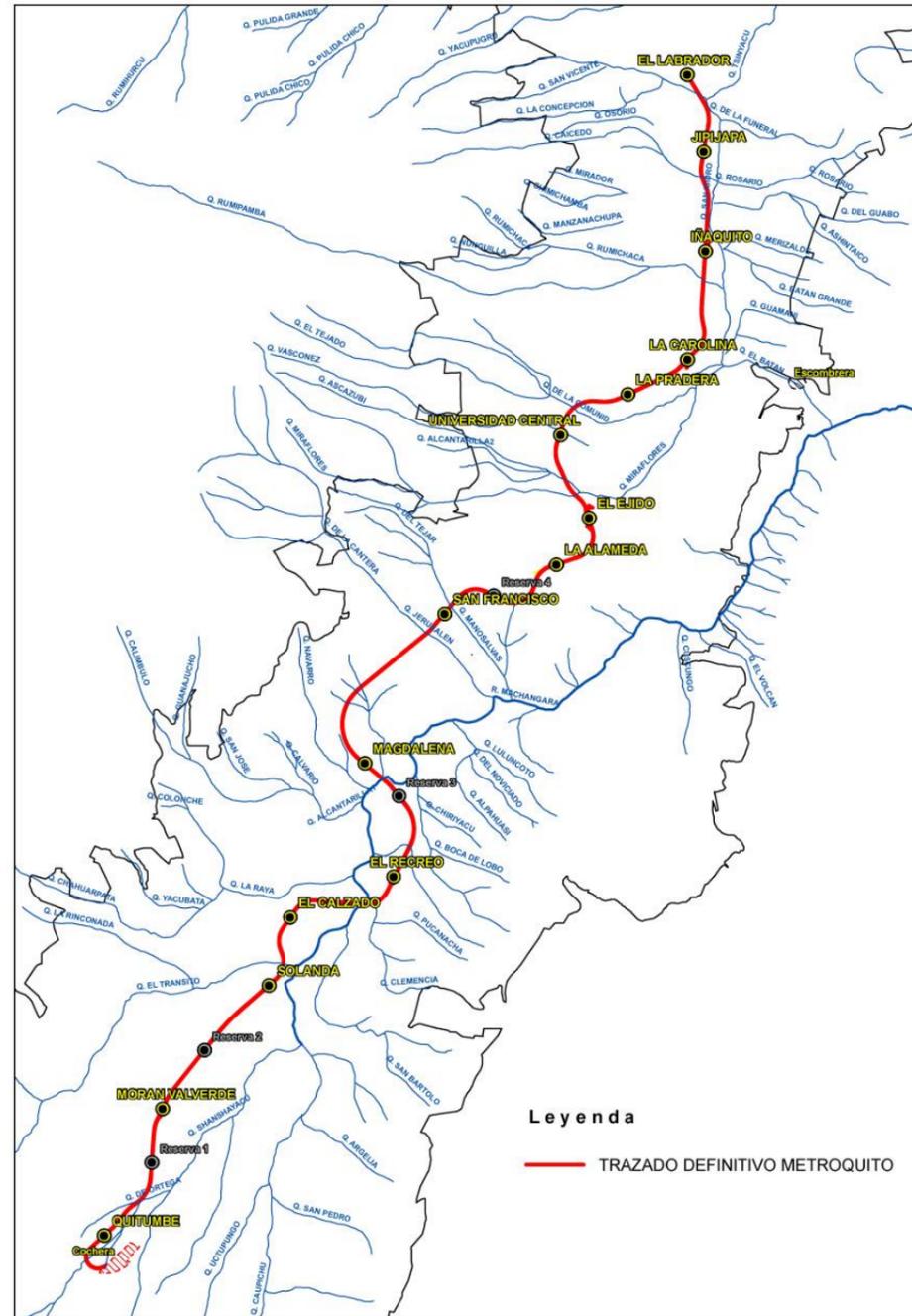
ALTERNATIVAS	AGREGACIÓN MULTIPLICATIVA	PONDERADORES GLOBALES
OCCIDENTAL	$0,1698 \cdot 0,4072 + 0,3278 \cdot 0,0614 + 0,1717 \cdot 0,2864 + 0,2106 \cdot 0,1558 + 0,3313 \cdot 0,0892 =$	0,2008

ALTERNATIVAS	AGREGACIÓN MULTIPLICATIVA	PONDERADORES GLOBALES
CENTRO	$0,4429 \cdot 0,4072 + 0,41111 \cdot 0,0614 + 0,38688 \cdot 0,2864 + 0,5485 \cdot 0,1558 + 0,2897 \cdot 0,0892 =$	0,4277
ORIENTAL	$0,3873 \cdot 0,4072 + 0,26111 \cdot 0,0614 + 0,4414 \cdot 0,2864 + 0,2409 \cdot 0,1558 + 0,37898 \cdot 0,0892 =$	0,3715

En conclusión, la instrumentalización de las preferencias del centro decisor por medio del método AHP (Thomas Saaty) conduce a considerar la alternativa CENTRO como la mejor solución.

### 1.3.6 ALTERNATIVA SELECCIONADA

Luego de estudiadas y analizadas cada una de las alternativas en función de las características físicas, bióticas y socio culturales del proyecto, de los métodos constructivos y utilizando el método AHP, se eligió la Alternativa 1 (Centro) por ser la más viable tanto actualmente como a futuro, considerando la demanda de servicio de transporte masivo y la reestructuración del sistema de transporte actual en la ciudad de Quito, así como también por la posibilidad de la construcción de futuras líneas del Metro que complementen y mejoren aún más el transporte masivo. La alternativa seleccionada se presenta en la siguiente figura:



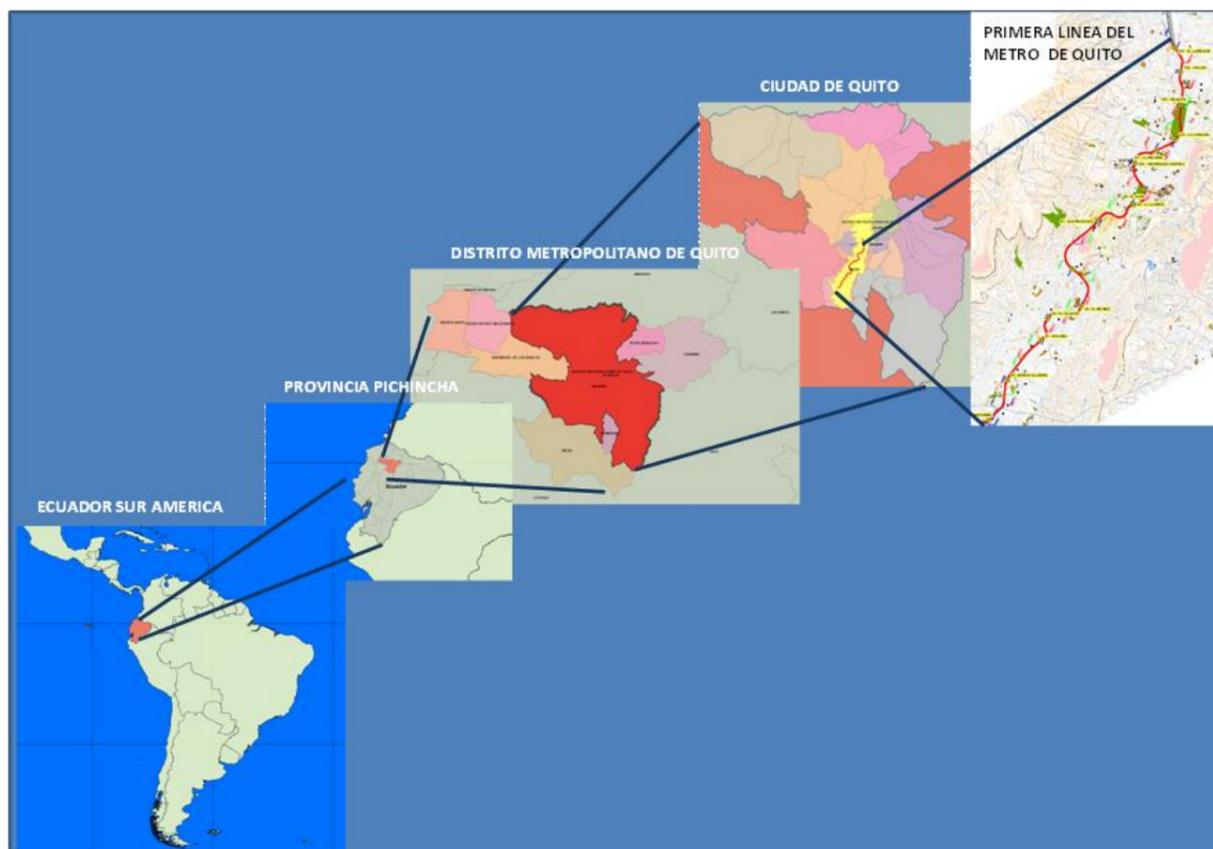
Fuente: Elaboración propia

## 1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO Y PLAZO DE EJECUCIÓN

### 1.4.1 UBICACIÓN

El Proyecto está íntegramente ubicado en Quito, capital de la República del Ecuador, ciudad andina, localizada en las laderas orientales del volcán Pichincha (Andes septentrionales) latitud 78° 39'W, longitud 0° 15'S, que está a 2.800 m de altura sobre el nivel del mar con una población de 2'500.000 habitantes, ciudad declarada por la UNESCO en el año 1978, el primer patrimonio cultural de la humanidad. Los siguientes mapas indican la ubicación espacial del Proyecto:





#### 1.4.2 PLAZO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Las obras proyectadas tienen un plazo previsto de ejecución de 36 meses a partir de la vigencia del Contrato.

#### 1.5 ÁREAS DE INFLUENCIA

Realizados los respectivos análisis, y que se refieren fundamentalmente a la localización, longitudes de recorrido, estaciones, el entorno, la topografía, el uso del suelo, la distribución de la población, la movilidad urbana y las centralidades, se está en condiciones de concluir y así establecer las áreas de influencia directa e indirecta que producirá la implantación de la Primera Línea del Metro de Quito.

Para el análisis se establecieron distintas distancias a partir del eje central del trazado de la Primera Línea del Metro de Quito y alrededor de las infraestructuras del proyecto. Se entiende que el nivel de afectación a las personas y al ambiente decrece en la medida en que se aleja del eje del proyecto.

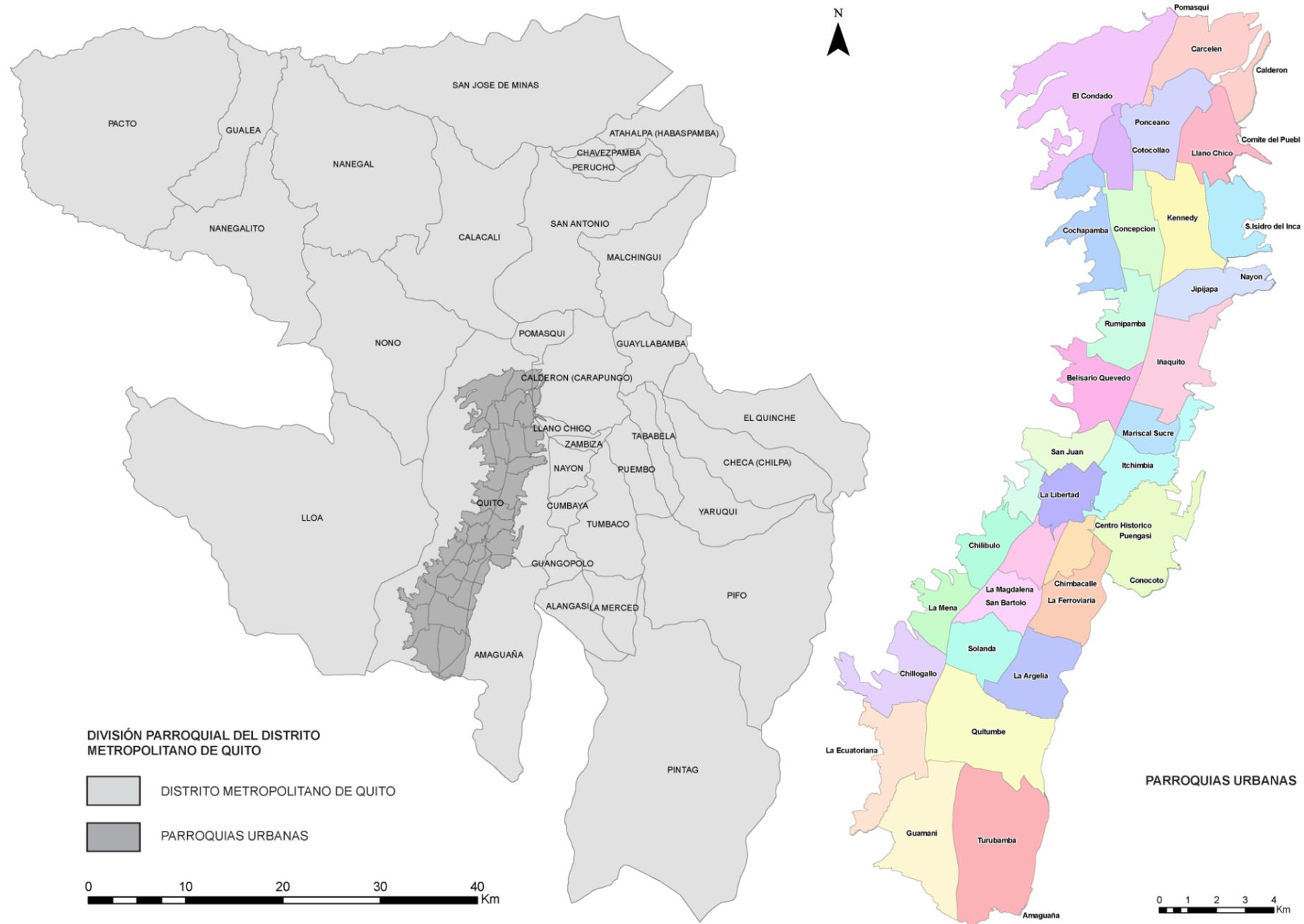
El Área de Influencia Directa (AID) se define así como el medio circundante inmediato donde las actividades de construcción del proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito inciden directamente y será aquella en la cual se implantará toda la infraestructura necesaria o servirá de manera temporal para su implantación.

Para el componente físico se considera la posible afectación a los suelos donde habrá movimiento de tierras; para el componente biótico la posible afectación de la vegetación y la fauna; para el componente social la posible afectación de viviendas, terrenos, vías de acceso, áreas comunitarias en caso de intervenir áreas verdes; para el componente arqueológico la posible afectación de patrimonio cultural que pueda existir por el movimiento de tierras.

Como resultado de lo antes dicho se definió como Área de Influencia Directa AID, la franja en donde se espera que el Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito tenga mayor influencia, sobre todo al momento de la actividad constructiva. El espacio varía dependiendo de la infraestructura del proyecto, siendo en promedio las siguientes áreas:

- 300.000 m<sup>2</sup> en el área de la cochera en la estación Quitumbe;
- 50 m desde el eje del trazado de la Primera Línea del Metro de Quito en las estaciones;
- 96.000 m<sup>2</sup> en el pozo de ataque El Labrador; y 26.000 m<sup>2</sup> en el pozo de ataque Solanda;
- 10 m. alrededor de los pozos de ventilación;
- 50 m. alrededor de las escombreras establecidas y las posibles vías de acceso no existentes.

Desde el punto de vista socioeconómico, el área de influencia directa está representada por la infraestructura destinada para viviendas, actividad comercial y servicios públicos junto a las vías inmediatamente aledañas a los sitios de obras en superficie, en las 14 parroquias urbanas por donde atravesará la primera línea del Metro de Quito, y que se muestran en el mapa a continuación:



Fuente: Dirección Metropolitana de Planificación Territorial



Por otro lado, se considera como Área de Influencia Directa del componente cultural y patrimonial aquellas áreas donde habrá:

- Afectación directa al subsuelo, sea por excavación, construcción u otro tipo de uso, debido a la posible presencia de restos culturales de importancia en dichas zonas, principalmente en el sector del centro histórico de la ciudad por tratarse de un sitio de mucho valor cultural; y,
- Afectación hacia edificaciones y espacio de gran importancia arqueológica, histórica y cultural.

Se considera como Área de Influencia Indirecta (AII) aquellas zonas alrededor del área de influencia directa en donde se podrían evidenciar impactos de tipo indirecto por las actividades del proyecto. Estas zonas pueden definirse como zonas de amortiguamiento con un radio de acción determinado, y su tamaño puede depender de la magnitud del impacto y el componente afectado. En este sentido, la determinación del área de influencia indirecta es variable, según se considere el componente físico, biótico o socio-económico y cultural; e incluso dentro de cada uno de estos componentes el área de influencia indirecta puede variar según el elemento ambiental analizado, particularmente para la fase constructiva.

En lo referente al componente físico, el área de influencia indirecta tiene que ver con el paisaje de las inmediaciones del área del proyecto, con sus componentes suelo, aire y agua.

El Área de Influencia Indirecta (AII), corresponde al espacio comprendido desde el límite del Área de Influencia Directa hasta la distancia donde el grado de afectación tiende a permanecer por debajo de los límites permisibles reales o estimables, lo que según los análisis sucedería a:

- 50 m. alrededor del AID de la cochera, pozos de ataque y escombreras;
- 50 m. alrededor del AID de las estaciones;
- 25 m. alrededor del AID de los pozos de ventilación.

También se incluye dentro de esta área a las zonas afectadas por causa de los escombros generados como resultado de los trabajos de construcción del proyecto, así como de las operaciones de carga, transporte y disposición de los mismos, que pueden contaminar el agua proveniente de la lluvia o del uso de agua en su manejo, que luego por escorrentía puede afectar a suelos u otras masas de agua.

Aparte de las pocas plantas y árboles que serán removidos en el área de influencia directa, el único impacto probable adicional podría ser la acumulación de material particulado (polvo) sobre las hojas de las plantas en las cercanías del área de afectación. Por tanto, se considera que el área de influencia indirecta, por efectos de este posible impacto, sería una franja de unos 10 m en los alrededores del área de influencia directa, en los sitios con presencia de vegetación.

El área de influencia indirecta para la fauna se define en función de la posible afectación, sobre todo a las aves, que son los animales más representativos, por efecto del ruido fuera de los límites del área de influencia directa de las obras civiles. Esta probable afectación se estima en una franja de aproximadamente 50 m alrededor de los límites del área de influencia directa, por lo que esta zona se consideraría como el área de influencia indirecta.

Para el componente social, el área de influencia indirecta de la fase constructiva es la zona de afectación a personas dentro del Distrito Metropolitano de Quito, en el radio de acción alrededor de las obras del proyecto, por circulación y ruido de maquinaria, vehículos, personal, demandas de servicios y cambios socioeconómicos.

Por tanto, se consideran como áreas de influencia indirecta a todos los barrios de los alrededores de las estaciones y de las escombreras.

En el Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito no se realizarán más movimientos de tierras que los identificados en el área de influencia directa, por lo que no existiría la posibilidad de una afectación indirecta al recurso arqueológico.

## 2. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

El marco legal aplicable al Estudio de Impacto Ambiental (EslA) para el Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito, se refiere a la legislación y reglamentación nacional, municipal y sectorial, que en materia ambiental rige en el territorio ecuatoriano.

### LEGISLACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS AMBIENTALES

El Primer cuerpo legal es la Constitución Política de la República del Ecuador, que en sus partes pertinentes manifiesta:

**Art. 66.-, (numeral 27)** “Se reconoce y garantizará a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza”, promoviendo el uso de alternativas energéticas no contaminantes.

**Art. 95.-** Las ciudadanas y ciudadanos, en forma individual y colectiva, participarán de manera protagónica en la toma de decisiones, planificación y gestión de los asuntos públicos, y en el control popular de los representantes y de las instituciones, del Estado y de la sociedad, en un proceso permanente de construcción del poder ciudadano y del buen vivir.

En cuanto a convenios y tratados internacionales en materia ambiental, se toman como referencia:

- Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación, 1994



- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1994
- El Protocolo de Kioto, 1997
- Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Viena, Austria, 1985
- Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, 1987
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (Río de Janeiro, 1992)
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, 1979
- Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres, 1979
- Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, 2001
- Convenio de Rotterdam sobre comercio internacional de productos químicos peligrosos, 2006
- Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, 2001

#### Declaraciones:

- Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, 1972
- Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992
- Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible, 2002
- Declaración relativa a los principios y derechos fundamentales en el trabajo, 1998
- Convenios y acuerdos en materia de recursos patrimoniales
- Entre los tratados y convenios internacionales en materia de recursos patrimoniales merecen destacar:
- Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural (1972)
- Convención para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial (2003)
- Convención de La Haya para la protección de bienes culturales en caso de conflicto armado (1954)
- Convención de la Organización de Estados Americanos sobre la defensa del patrimonio arqueológico, histórico y artístico de las naciones americanas (Santiago de Chile, 1976)

Dentro del Marco Legal Ecuatoriano se han tomado en cuenta las siguientes leyes:

- Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial
- Ley de Gestión Ambiental
- Ley de Aguas
- Ley de Caminos
- Ley de Minería
- Ley de Régimen Municipal
- Ley de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito
- Ley Reformatoria del Código Penal
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

#### Normas:

- Normas Técnicas Ambientales para la prevención y control de la contaminación ambiental
- Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua
- Norma de calidad del aire ambiente
- Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos
- Régimen nacional para la gestión de productos químicos peligrosos

En cuanto a la Reglamentación Ambiental, el principal cuerpo de referencia es el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, expedido por DE 3399 mediante RO 725 del 16 de diciembre de 2002.

En lo que respecta a los temas patrimoniales se aplica los siguientes cuerpos legales:

- Ley de Patrimonio Cultural
- Ley de Protección y Conservación del Camino del Inca, Codificado
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización
- Ley Reformatoria del Código Penal
- Ley de Gestión Ambiental



- Reglamento General a la Ley de Patrimonio Cultural

Este último cuerpo legal, es decir el Reglamento General a la Ley de Patrimonio Cultural, fue publicado mediante Decreto Ejecutivo 2733, Registro Oficial 787 de 16 de Julio de 1984. En él se presentan las siguientes disposiciones principales:

*Art. 37. Cuando se ejecuten obras sin autorización respectivas, o no se cumpla con las normas constantes de ella, de modo que las normas constantes en ella, de modo que se afecta a un bien perteneciente a Patrimonio Cultural de la Nación, el Director Nacional del Instituto ordenará la suspensión de la restauración o reconstrucción del bien, según sea el caso, en el plazo que determine y sin perjuicio de las sanciones pertinentes.*

*Art. 39. Si la ejecución de una obra de cualquier índole puede causar daño o afectar a un bien perteneciente al Patrimonio Cultural de la Nación, a su área de influencia o a los Centros Históricos de las ciudades que lo posean, el Director Nacional de Patrimonio Cultural solicitará a los Municipios o entidades públicas o privadas, la suspensión de la obra y, si fuere necesario, su derrocamiento. En caso de que la obra haya destruido elementos de un bien perteneciente al Patrimonio Cultural de la Nación o que formen parte de un entorno ambiental estos deberán ser restituidos.*

### NORMATIVA PARA LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y CONTROL SOCIAL

De acuerdo al Decreto Ejecutivo 1040, la realización de cualquier proyecto, así como la respectiva evaluación de impacto ambiental, debe considerar el seguimiento de un proceso de consulta a los grupos afectados. La participación social es un elemento transversal y trascendental de la gestión ambiental. En consecuencia, se integra principalmente durante las fases de toda actividad o proyecto propuesto, especialmente las relacionadas con la revisión y evaluación de impacto ambiental.

### REQUERIMIENTOS DE PERMISOS

El proyecto Primera Línea del Metro de Quito podrá iniciarse cuando el EsIA y el PMA hayan sido aprobados y emitida la Licencia Ambiental correspondiente por la Autoridad Ambiental Nacional, conforme la Ley de Gestión Ambiental y el Sistema Único de Manejo Ambiental.

#### **Licencia Ambiental**

La obligatoriedad de obtener una licencia ambiental para el Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito está establecida en el Art. 20, que señala que *para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia ambiental respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.*

Conforme lo expresa el Art. 21 del SUMA: *Antes de iniciar el proceso de evaluación de impactos ambientales, esto es, previo a la elaboración de la ficha ambiental o el borrador de los términos de referencia, según el caso, y en función de la descripción de la actividad o proyecto propuesto, el promotor identificará el marco legal e institucional en*

*el que se inscribe su actividad o proyecto propuesto. El análisis institucional tiene como finalidad la identificación de todas las autoridades ambientales de aplicación que deberán participar en el proceso de evaluación de impactos ambientales, así como la autoridad ambiental de aplicación responsable que liderará el proceso. Este análisis formará parte integrante de la ficha ambiental o del borrador de los términos de referencia para el Estudio de Impacto Ambiental a ser presentado para su revisión y aprobación.*

### MARCO INSTITUCIONAL

Varias son las instituciones cuyo accionar influye, directa o indirectamente, en el Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito. Entre las principales se tiene:

- Ministerio del Ambiente
- Ministerio de Salud Pública
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas
- Ministerio de Relaciones Laborales
- Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC)
- Consejo Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre
- Secretaría Metropolitana de Ambiente

## **3. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ENTORNO GEOMORFOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DEL PROYECTO METRO DE QUITO**

### **3.1 CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA**

La Ciudad de Quito se encuentra dentro del Distrito Metropolitano de Quito, limitada al Norte por la provincia de Imbabura, al Sur por los cantones Rumiñahui y Mejía, al Este por la provincia de Napo y al Oeste por la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Se encuentra ubicada en la región Interandina del Ecuador, región que consiste en dos cadenas importantes de montañas: Los Andes y Cordillera Oriental.

### 3.1.1 INFLUENCIAS OROGRÁFICAS

La ciudad de Quito está atravesada por la cordillera de Los Andes que la recorre de Norte a Sur. Se constituyen dos sistemas en gigantescas murallas montañosas con alturas que varían desde los 1200 hasta los 4000 m.

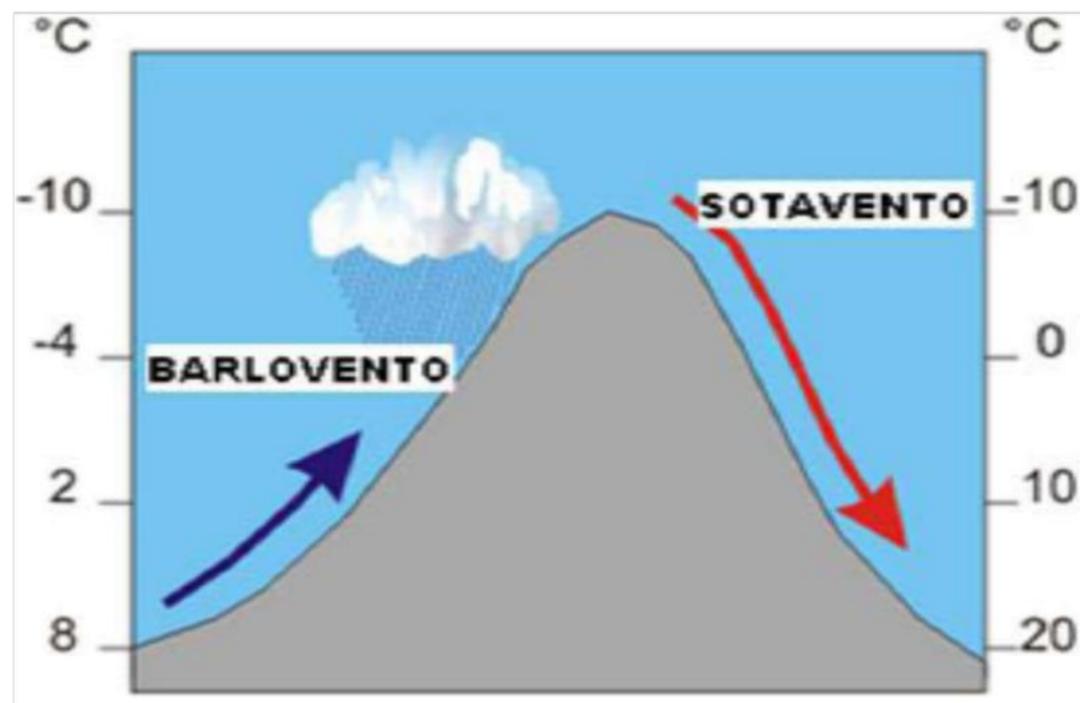
La diversidad de alturas impuesta por la cordillera de Los Andes, origina una gran variedad de climas y cambios considerables a cortas distancias.

### 3.1.2 EFECTO BARRERA Y EFECTO FOEHN

Cuando la topografía obliga a la masa de aire a ascender (barlovento), condensando el vapor de agua y dando lugar a lluvias orográficas se denomina efecto barrera y cuando a sotavento el aire ya seco desciende rápidamente aumentando la presión atmosférica y la temperatura se denomina efecto Foehn.

Esta situación es muy común en los valles que conforman la ciudad de Quito, en donde las precipitaciones son muy inferiores a las que se producen en la ciudad de Quito y aún más en las laderas situadas al Oeste de la ciudad.

Es importante la influencia que ejerce esta variable en el clima, ya que debido a la ubicación de Quito alrededor de la latitud cero, recibe los rayos del sol más horas al año (12 horas al día) y generalmente los rayos son más perpendiculares en la mayor parte del tiempo. La siguiente figura representa los efectos barrera y Foehn:



La temperatura disminuye con la altitud, razón por la cual Quito tiene una temperatura media que oscila entre los 13° C y 14° C.

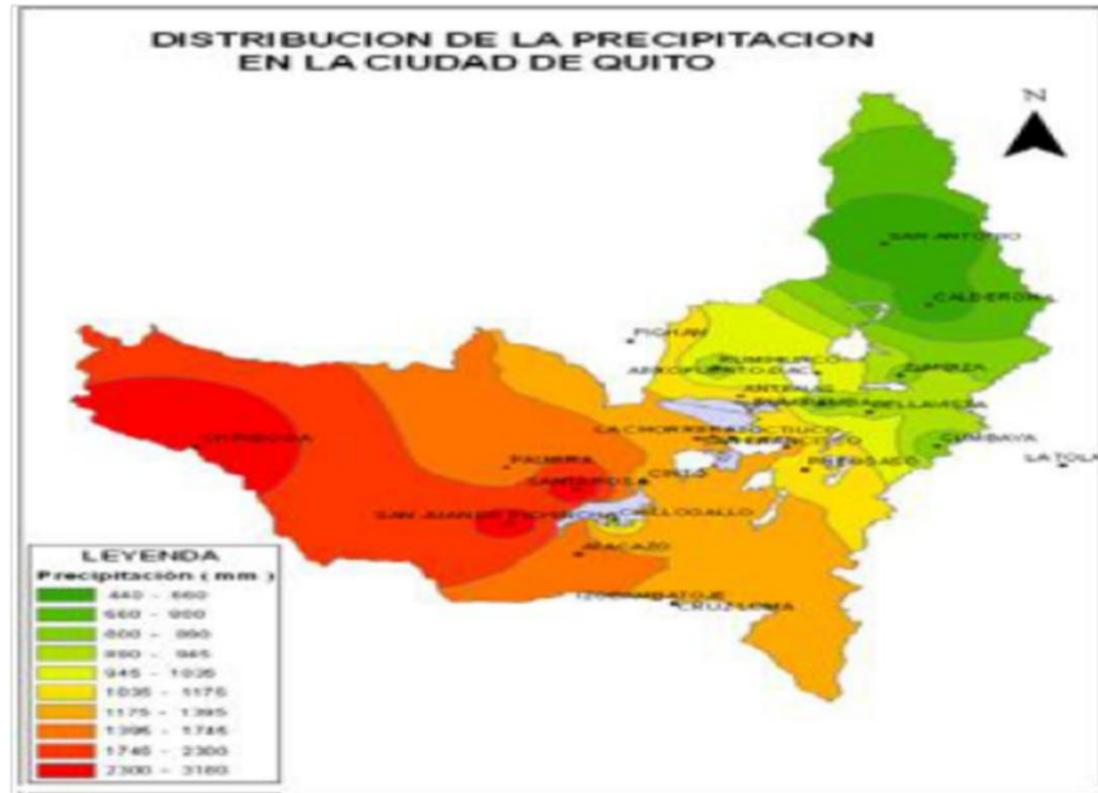
Para Quito, se puede apreciar el incremento de días muy húmedos y extremadamente húmedos, lo que produce que simultáneamente el número de días secos consecutivos se incremente y a la vez esto ocurre con las lluvias extremas. Esto puede apuntar a conclusiones como las que se aprecian en general en otras partes del planeta, en las que se tiende a una disminución del número de días con precipitación, pero que cuando éstas ocurren, lo hacen en mayor cantidad.

La época lluviosa se inicia en el mes de octubre y finaliza el mes de mayo, siendo el mes más lluvioso marzo-abril, cuyos valores promedios oscilan entre 169.2 mm. (Izobamba) y 126.2 mm. (Quito INAMHI).

La época seca se extiende desde el mes de junio hasta septiembre. El mes más seco es el mes de julio en donde se registran valores en promedio que oscilan entre 20.2 mm. (Quito INAMHI) y 27.0 mm (Quito Observatorio)

Las precipitaciones tienen una distribución espacial muy variable debido tanto a su orografía como a los factores que condicionan las mismas.

Los mayores valores, tanto de precipitación mensuales como anuales se producen en la parte sur del distrito y las mismas van decreciendo conforme avanzan hacia el norte, en tanto que en la parte oeste se producen mayores precipitaciones y decrecen hacia el este. Los valores anuales medios, oscilan entre 538.3 mm en Calderón y 3176.5 mm en Chiriboga, tal como se aprecia en el siguiente gráfico:



La temperatura media por lo general se incrementa de Sur a Norte, excepto en Quito Aeropuerto, en donde se aprecia un pequeño descenso, esto debido a que la estación se encuentra ubicada en un lugar libre de grandes obstáculos.

El área representativa o de influencia de la estación Quito Aeropuerto de acuerdo al estudio climatológico, comprende a partir del sector del Labrador hasta Carcelén al norte de la ciudad de Quito.

### 3.2 HIDROGEOLOGÍA

El área de influencia del Metro Quito abarca desde la estación de Quitumbe al Sur hasta la de El Labrador al norte, por lo que se divide en dos ámbitos: uno de marcado carácter rural, afectando a la zona de Quitumbe, en el que la presencia de los cauces naturales es perceptible en el territorio, y otra correspondiente a la mayor parte del trazado, de carácter plenamente urbano, en el que la problemática asociada a las fuertes precipitaciones se relaciona con el trazado y configuración de la red de drenaje superficial de los viales.

Por ello se realizó un estudio hidrológico-hidráulico de las quebradas y/o barrancos de la zona de Quitumbe, que permite comprobar si dichos cauces tienen capacidad para drenar el agua en los periodos de retorno considerados. Posteriormente se analizó la escorrentía que pudiera afectar a cada estación concreta de las proyectadas para Metroquito.

### 3.3 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Las unidades Hidrogeológicas son medios acuíferos continuos dotados de homogeneidad y constituyen unidades naturales de planeamiento y gestión del recurso.

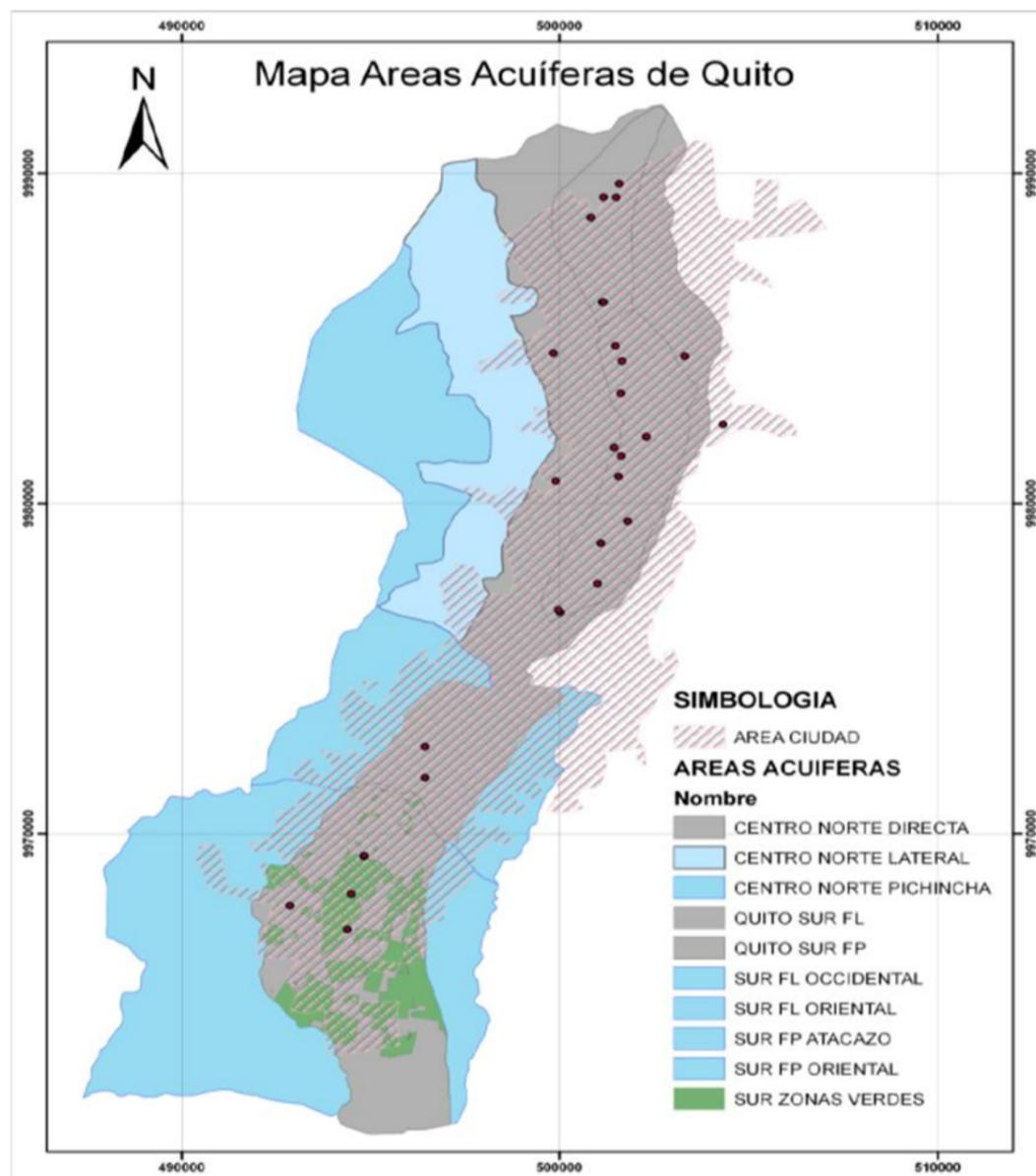
De acuerdo al Mapa Hidrogeológico Nacional de 1983, se han clasificado a las formaciones geológicas en tres grandes grupos:

- Permeables de naturaleza primaria, integradas por rocas detríticas no consolidadas.
- Permeables de naturaleza secundaria, cuya porosidad tiene origen en la existencia de fracturas, diaclasas, grietas u oquedades debidas a enfriamientos o disoluciones.
- Impermeables.

Para analizar la influencia del Metro de Quito sobre el acuífero en el que se implantará, se ha sectorizado siguiendo los criterios establecidos en el Proyecto Mapa Hidrogeológico del Distrito Metropolitano de Quito.

Dichos criterios han sido los siguientes:

- Régimen de funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos existentes: existencia de acuíferos libres y/o confinados y semi-confinados,
- Modo de la recarga: directa, lateral y lateral profunda. Formaciones acuíferas existentes en la vertical de la zona delimitada y que se muestran en el gráfico siguiente:



### 3.3.1 FORMACIÓN MACHÁNGARA

En el sistema acuífero centro norte, con una secuencia de sedimentos arenosos, gravas y cantos con arena en matriz limosa y limo, con espesor medio de 172m. Subyace a este estrato el basamento hidrogeológico compuesto por flujos de lava andesítica con características de conductividad hidráulica baja debido a su textura masiva, se presume estaría dentro del rango de 300 a 500 m.

En el sistema acuífero sur representada por el yacimiento El Pintado, y yacimiento Guamaní. El yacimiento Guamaní se ubica al Sureste de la cuenca artesiana del Acuífero Sur, limita al Norte con el Yacimiento El Pintado, al Oeste con

los macizos hidrogeológicos de Ungí, El Cinto y El Atacazo, al Este el horts que separa a Quito Sur del Valle de los Chillos y al Sur se extiende hasta la divisoria de aguas (sitio La Joya).

De la información obtenida se establece que el yacimiento, hasta la profundidad estudiada (100m), está conformado por dos niveles acuíferos (A y B), separados entre ellos, por estratos de baja permeabilidad (acuitardos), correspondientes depósitos fluvio lacustres y flujos de lodo.

### ACUÍFERO A

Este nivel acuífero es importante para los fines del presente Proyecto, ya que las obras de excavación del Metro de Quito atravesarán la capa de cangahua (acuitardo) y alcanzarán el estrato acuífero que va según los informes hasta los 100 m de profundidad.

### ACUÍFERO B

De acuerdo datos de las investigaciones geofísicas y pozos de explotación perforados en el sector, a partir de los 100 m de profundidad existiría un nivel acuífero, aparentemente con mejores características hidrogeológicas el mismo que alcanzaría los 165 m de profundidad.

Este nivel, no tiene mayor interés en el Proyecto Metro de Quito, toda vez, que las obras no alcanzan esta profundidad.

### 3.3.2 FORMACIÓN CANGAHUA

La litología presente en todos los niveles está representada por secuencias (mezcla de pequeños estratos y lentes de muy variadas dimensiones) de material friable de origen eluvial, aluvial y proluvial, compuestas por: limo arenoso, arena limosa, arena limosa con gravas y bloques, arenas de granos finos a gruesos, gravas, cantos rodados y bloques, predominando en el corte las arenas con gravas y arenas o gravas con matriz limosa.

En el sistema acuífero centro norte existe un segundo nivel acuífero en esta formación que corresponde a los conos de deyección provenientes de las vertientes occidentales, relacionados con las quebradas Rumihurco y Quebrada Grande. Estos se comportan como un acuífero confinado, el origen del material es muy variado y se trata de una secuencia de sedimentos limosos, areno limosos, arenas con gravas y cantos en matriz limosa. El espesor del cono proveniente de la Qda. Rumihurco supera los 200 m.

Considerando las relaciones litológicas y estructurales a nivel de todo el acuífero sur y centro norte, se puede establecer que: Hidráulicamente los niveles (Cangahua y Machángara) están relacionados entre sí, ya que todos los sedimentos presentes tienen conductividades variables. Esta relación se ejecuta tanto en profundidad a través de sus contactos como en horizontalmente entre los distintos límites de estratos y lentes.

## 3.4 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

El área donde se desarrolla el Proyecto se encuentra enmarcada en un entorno geodinámico complejo, ya que al estar rodeado por volcanes y fallas activas los procesos: sedimentación, volcanismo, tectónica y erosión; interactúan entre sí dando como resultado una cuenca volcano-sedimentaria complicada dentro del denominado Valle Interandino.

El Valle Interandino es una depresión tectónica - geomorfológica de dirección N-S a NNE-SSW, de 25 Km. de ancho, 300 Km. de largo, que va entre 2°10'S en la zona de Alausí hasta 0°30'N en la zona de Chota, situada entre las Cordilleras Occidental y Real, y que empezó a formarse desde el Mioceno Tardío-Plioceno, presumiblemente desde el Norte.

### 3.4.1 SEGMENTACIÓN DEL VALLE INTERANDINO

El Valle Interandino está limitado por fallas asociadas a los principales límites estructurales de las Cordilleras Occidental y Real. Estas fallas fueron inicialmente establecidas durante la sucesiva acresión de terrenos oceánicos y continentales desde el Mesozoico; los volcanes ocurren desde la latitud de Alausí hacia el norte y están mayormente concentrados a lo largo de las fallas que limitan las estructuras del Valle Interandino y con cierta actividad dentro de la depresión.

#### CORDILLERA REAL

La Cordillera Real consiste de cinturones alargados de rocas metamórficas del Paleozoico-Cretácico Inferior intruídos por granitoides y con una cubierta de depósitos volcánicos Cenozoicos, está constituida por cinco unidades lito tectónicas: Guamote, Alao, Loja, Salado y Amazónico, que se encuentran separadas por fallas regionales: Falla Ingapirca, Falla Peltetec, Frente Baños, Falla LLanganates, Falla Cosanga Mendes.

#### CORDILLERA OCCIDENTAL

El basamento lo constituyen dos terrenos: Pallatanga y Macuchi, los cuales están cubiertos de depósitos volcánicos y volcanoclásticos del Oligoceno-Holoceno. El terreno Pallatanga de edad Cretácico TempranoTardío se compone de turbiditas y rocas ígneas, mientras que el terreno Macuchi de edad Paleoceno Tardío - Eoceno, comprende una secuencia volcano-sedimentaria de arco de islas de composición basáltica a andesítica.

#### VALLE INTERANDINO

El Valle Interandino se encuentra dividido en tres segmentos, por dos importantes nudos los mismos que marcan cambios en la orientación de la depresión. El segmento Central es donde se encuentra la zona de estudio (Quito-Guayllabamba), y ha sido denominado "valle Interandino Central" y su límite norte es el nudo constituido por los volcanes Mojanda y Cusín, mientras que su límite Sur el nudo constituido por los volcanes Rumiñahui, Pasochoa, Cotopaxi e Illiniza.

El Valle Interandino, en su segmento septentrional, involucra varias cuencas intramontanas, (Chota, Quito-Guayllabamba, Latacunga-Ambato, Alausí-Riobamba), con un relleno sedimentario de edad Mioceno Tardío hasta Holoceno.

La Cuenca de Quito-Guayllabamba es una depresión topográfica de dirección N-S, tiene treinta kilómetros de longitud y aproximadamente cinco kilómetros de ancho, morfológicamente se pueden distinguir dos subcuencas: centro-norte y sur, separadas por el río Machángara y El Panecillo.

La formación de esta cuenca está directamente relacionada con la actividad del sistema de fallas inversas de Quito, cuya expresión morfológica es una serie de lomas alargadas de dirección N-NNE, situadas en el borde este de la ciudad. Esta estructura tectónica ha sido dividida en tres segmentos principales: Lomas Calderón - Catequilla, Lomas Batán - La Bota y Lomas Ilumbisi - Puengasi. Estos segmentos buzcan hacia el oeste, la tasa de levantamiento máxima del sistema ha sido estimada en 0.8 mm/año.

Los depósitos involucrados en esta cuenca corresponden a volcánicos y volcanoclásticos, cuyo relleno sedimentario se divide en dos grandes secuencias separadas por una discordancia mayor. La secuencia inferior consiste de lavas, tobas, láhars sedimentos aluviales, fluviales, deltaicos y lacustres, correspondientes a las Formaciones Pisque y San Miguel. La secuencia superior consiste de depósitos volcánicos primarios, láhars, flujos hiperconcentrados y depósitos fluviales, que corresponden a las Formaciones: Guayllabamba, Chiche, Machángara, Mojanda y Cangahua.

#### VOLCANISMO CUATERNARIO

La actividad volcánica cuaternaria se caracteriza por el desarrollo de estratovolcanes, sus productos incluyen flujos de lava de composición básica a intermedia, flujos piroclásticos y domos de composición dacítica a riolítica.

El Complejo Volcánico Pichincha de edad pre Holoceno, comprende dos estratovolcanes: Rucu Pichincha y Guagua Pichincha parcialmente sobrepuestos y están constituidos por flujos de lava andesítica a dacítica. Los depósitos del Rucu Pichincha son principalmente flujos de lava andesítica, interestratificados con brechas y depósitos piroclásticos de caída, de flujo y lahars.

### 3.4.2 GEOLOGÍA LOCAL

En la cuenca de Quito, se han diferenciado las siguientes Unidades:

#### FORMACIÓN MACHÁNGARA

Se presenta con dos miembros: Mb. Volcánicos Basales y Mb. Quito.



Mb. Volcánicos Basales: se incluye dentro de éste Miembro a depósitos de avalancha, flujos de lodo, flujos piroclásticos y láhares, íntimamente relacionados con los flujos de lava, caracterizados por ser heterogéneos, de textura muy gruesa, que han sido producto de procesos eruptivos del Ruco Pichincha.

En la subcuenca sur de Quito el Mb. Volcánicos Basales, incluye flujos de lava, brechas volcánicas, avalanchas de escombros y flujos de lodo provenientes del Complejo Volcánico Atacazo - Ninahuilca y el Complejo Volcánico Pichincha.

Mb. Quito: incluye depósitos fluviales y flujos de lodo menores un poco más homogéneos que los anteriores y de tamaño de grano menores que los incluidos dentro la los Volcánicos Basales.

En la subcuenca Sur de Quito, el Miembro Quito, presenta depósitos volcánicos primarios que incluyen flujos piroclásticos, caídas de pómez y ceniza a los cuales los ha denominado “Unidad Volcano-sedimentaria Guamaní”, así como también los reportados en la Unidad Fluvio Lacustre el Pintado, en la que se incluyen depósitos sedimentarios de ambiente fluvial y lacustre como areniscas finas y arcillas.

### FORMACIÓN CANGAHUA

Consiste de tobas alteradas, típicamente de colores amarillentos a marrones, generalmente intercalada con caídas de cenizas, pómez, paleosuelos y algunas veces, flujos de lodos y canales aluviales, en los mismos ocurren costras calcáreas y óxido de manganeso, en la parte media del depósito, se encuentran estratos de arena fina de hasta 50 centímetros de potencia, mientras que a la base de la formación, especialmente en los flancos de los complejos volcánicos Atacazo - Ninahuilca y Pichincha, se presentan coluviales de hasta 2 metros de espesor, formados por bloques de andesita, dacita y pómez dentro de matriz limo arenosa color café

Hacia el norte se incluyen los depósitos de conos aluviales que se desprenden de las estribaciones orientales del volcán Pichincha, hacia los principales drenajes que llegan a las subcuencas (quebradas Rumipamba, Rumihurcu, Grande y principalmente en el Río Machángara)

### DEPÓSITOS LA CAROLINA

Se trata de sedimentos caracterizados por paquetes de limos, arcillas, arenas medias a gruesas, intercalados con cenizas y caídas de pómez, que se presentan en los Miembros Aluvial y Lacustre Palustre.

Mb. Aluvial: incluye numerosos lahares, cenizas volcánicas primarias y niveles de suelos presentes en los abanicos que forman los principales drenajes de la cuenca. En cambio, hacia el eje de la cuenca se halla estrechamente relacionado con los depósitos lacustres y palustres, así como también a pequeños canales fluviales, (El Ejido, La Carolina, La Jipijapa).

Mb. Lacustre Palustre: este se considera como los depósitos La Carolina s.s. ya que contiene un paquete de limos y arcillas, intercaladas con caídas de ceniza; en los registros de las perforaciones de La Carolina y El Ejido se pueden observar vestigios de paleosuelos

Formación	Permeabilidad media (m/s)	Permeabilidad máxima (m/s)	Permeabilidad mínima (m/s)	Desv. Estándar
Depósitos La Carolina	$8,97 \cdot 10^{-7}$	$1,55 \cdot 10^{-6}$	$2,44 \cdot 10^{-7}$	$9,23 \cdot 10^{-7}$
Formación Cangahua (Cl, Ca, Co, C <sub>Tb</sub> )	$2,34 \cdot 10^{-6}$	$4,14 \cdot 10^{-5}$	$1,81 \cdot 10^{-8}$	$6,13 \cdot 10^{-6}$
Formación Machángara	$1,84 \cdot 10^{-5}$	$9,14 \cdot 10^{-5}$	$4,29 \cdot 10^{-8}$	$2,46 \cdot 10^{-6}$



		UNIDAD GEOTÉCNICA (SINTESIS)	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA GENERAL	
FORMACIÓN CANGAHUA	RELLENOS	R	RELLENOS ANTRÓPICOS LIMO ARCILLO-ARENOSO CON FRAGMENTOS DE LADRILLOS, BOLSAS, MADERA, PLÁSTICOS, ETC	
	TURBAS MORÁN VALVERDE	Tur	DEPÓSITOS LACUSTRES TURBAS	
	DEPÓSITOS LA CAROLINA	Fl, Ca	DEPÓSITOS LA CAROLINA. PALUSTRE-LACUSTRE Y ALUVIAL CENIZAS, ARCILLAS, LIMOS Y CAÍDAS DE PÓMEZ	
	CANGAHUA LIMO-ARCILLOSA	Cl	CANGAHUA LIMO-ARCILLOSA	LIMOS Y ARCILLAS ARENOSOS
		Ca	CANGAHUA ARENO-LIMOSA	ARENAS LIMOSAS
		Co	CANGAHUA COLUVIAL	ARENAS Y GRAVAS CON ALGO DE LIMOS
		Cm	CANGAHUA NO ALTERADA	TOBAS
	FORMACIÓN MACHANGARA	MIEMBRO QUITO	Tu	UNIDAD FLUVIO-LACUSTRE EL PINTADO TURBAS Y PALEOSUELOS
			CH, B, A, a	CH: ARENAS Y ARCILLAS VERDES Y CENIZAS B, A, a: BRECHAS, ARCILLAS Y ARENISCAS. PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA
		MIEMBRO VOLCÁNICO BASALES	Ce	UNIDAD VOLCANOSSEDIMENTARIA GUAMANI CENIZAS, LIMOS Y ARCILLAS CON GRAVAS Y BLOQUES
Py			CENIZAS Y OLEADAS PIROCLÁSTICAS. FLUJO PIROCLÁSTICO BLOCK AND ASH ARENAS GRUESAS GRISES NO CONSOLIDADAS CON GRAVAS Y BLOQUES DE DACITA	
Fl			UNIDAD DE BASAMENTO. FLUJOS DE LODO (LAHARES) FLUJOS DE LODO CON GRAVAS Y BLOQUES CON CIERTO GRADO DE CEMENTACIÓN	
UNIDAD DE BASAMENTO	Ae	UNIDAD DE BASAMENTO. AVALANCHAS DE ESCOMBROS BLOQUES DE ANDESITA EN MATRIZ LIMO-ARENOSA DE BAJA COMPACTACIÓN		
	Bv	UNIDAD DE BASAMENTO. BRECHAS VOLCÁNICAS SOLDADAS BRECHAS ROJIZAS ASOCIADAS A FLUJOS DE LAVA		
	VB	UNIDAD DE BASAMENTO. ANDESITAS ROCA ANDESÍTICA AFANÍTICA		

### 3.4.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El estudio estructural del Valle de Quito menciona que “La zona de estudio se encuentra enmarcada dentro de un ambiente tectónico activo, en el que presenta un sistema de fallas inversas asociadas a una depositación sin-tectónica observada hacia los términos de las fallas”.

En la zona de estudio, se encuentran dos estructuras importantes

La falla de Quito va desde el sur por el Este de Quito y termina en la segunda estructura que corresponde a una cola de caballo denominada Falla Botadero, que es la segunda estructura. Este conjunto de fallas genera levantamientos a lo largo de una dirección Suroeste-Noreste conocidos como los levantamientos de Ilumbisí-Puengasí; Batán-La Bota y Calderón-Catequilla.

Todas las evidencias indican que el sistema empezó a propagarse desde el Norte en una serie de pulsos a lo largo de segmentos que colectivamente forman el Sistema de fallas activas inversas de Quito y que los levantamientos presentes en la zona son relativamente jóvenes.

Este fallamiento permite que el Acuífero de Quito no esté ligado a la ocurrencia en términos hidrogeológicos con el del Valle de Tumbaco y de Los Chillos.

## 4. TRABAJOS DE SOPORTE REALIZADOS

Como elemento fundamental para caracterizar los diseños de ingeniería del Primera Línea del Metro de Quito, se llevaron a cabo los siguientes estudios técnicos de soporte:

- Levantamiento topográfico y restitución cartográfica de la ruta de la primera. Línea del Metro de Quito.
- Estudio Arqueológico, Paleontológico y Patrimonial en la zona de influencia de la primera. Línea del Metro de Quito.
- Caracterización de la Ruta de la 1a. Línea del Metro, mediante métodos no invasivos (Sísmica Pasiva).
- Monitoreo Sísmico, mediante la instalación de acelerógrafos, Estudio de vibraciones, monitoreo sísmico y neotectónica
- Estudio de Climatología, Hidrología, Drenaje y Bombeo.



- Estudio de Edificaciones, Estructuras y Servicios Afectados: Inventario del estado actual de las Edificaciones, estructuras y servicios que pudieran ser afectados por la construcción de la primera Línea del Metro de Quito.
- Estudio Geológico Geotécnico de base, a través de 20 sondeos.
- Estudio Geológico Geotécnico de Detalle: 50 sondeos.
- Efecto Sísmico

## 4.1 INTERPRETACIÓN CARTOGRÁFICA

### 4.1.1 INTRODUCCIÓN

Para la realización de la Primera Línea del Metro de Quito, uno de los datos de partida más importantes fue la Cartografía y Topografía, pues es la base sobre la que se desarrolló su Diseño.

Dicha documentación técnica comprende, como resultado final, la cartografía a la escala adecuada con el trazado de la Línea de Metro así como los taquimétricos de detalle para el correcto dimensionamiento de los elementos necesarios, como estaciones, pozos, etc.

### 4.1.2 OBJETO

Actualización Catastral, Con Restitución Tridimensional A Escala 1:1000; incluyó apoyo Fotogramétrico Y Georeferenciación De Una Red Secundaria.

### 4.1.3 ÁREAS DE INTERVENCIÓN

- Zona de influencia del proyecto
- Longitud: 28 Km.
- Ancho: 400 m. a cada lado del eje del Metro

### 4.1.4 RESULTADOS

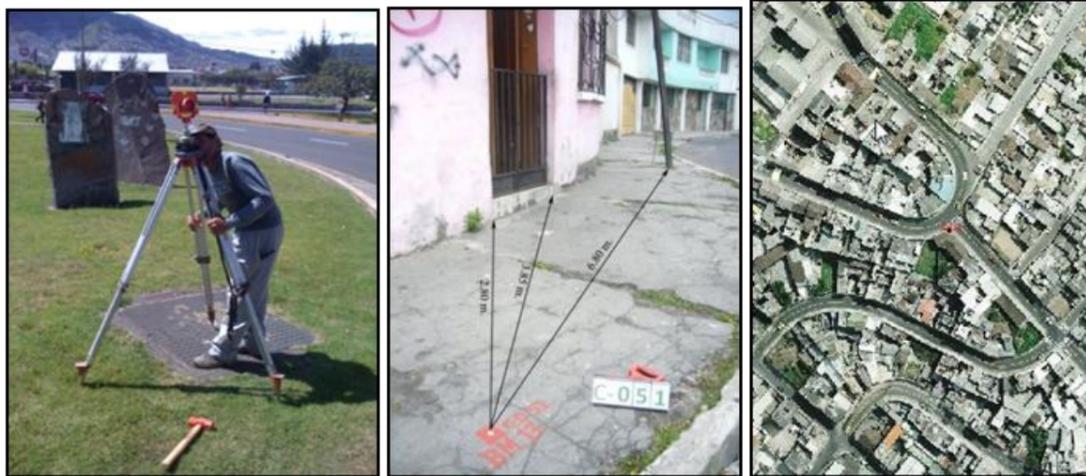
- Ortofotos del trazado de la PLMQ (monografías IGM – fotos aéreas estereocarto)
- Red secundaria monumentada (colocación 115 clavos – cada 200m) y documentada.
- Nivelación geométrica (bm's cada 600m o 3 clavos)

- Apoyo fotogramétrico y Aero triangulación (polígono estación total)
- Restitución fotogramétrica escala 1:1000 ancho faja 400m
- Restitución a escala 1:500 de la zona de trabajo en formato DGN en 2D y 3D.
- Orto fotogrametría digital en RGB a escala 1:750 con un tamaño de pixel de 8 cm., en formato TIFF.
- Archivos en formato CAD por cada tramo y por hojas.
- Archivos por cada escala de trabajo de forma continua.
- Archivos de recursos de CAD.
- Modelo de codificación de datos alfanuméricos empleado.
- Ploteos sobre soportes definidos en formato A3.
- Memoria, informes y datos brutos de los trabajos realizados.
- Reseñas y Gráficos de Hitos utilizados e implantados.

Se dispone de la interpretación de los hallazgos obtenidos en la restitución, con interpretación y análisis de actualización cartográfica, describiendo los cambios encontrados en morfología del terreno, infraestructura civil y espacios urbanos de la Primera Línea del Metro de Quito (PLMQ).

Para complementar el conocimiento del área se dispone de la red geodésica básica y secundaria, nivelada geoméricamente, conteniendo:

- Los Hitos tanto de la Red Básica como de la Red Secundaria, lo cuales debían garantizar su permanencia, materializándose de forma permanente mediante placas o clavos de bronce.
- Monografías de control horizontal y vertical de cada hito.
- Archivos con datos de los GPS y resultados del post proceso.



## 4.2 TOPOGRAFÍA

### 4.2.1 OBJETO

Disponer De Un Registro Espacial De Los Sitios De Obras Superficiales, A Escala 1:500

### 4.2.2 AREA DE INTERVENCION

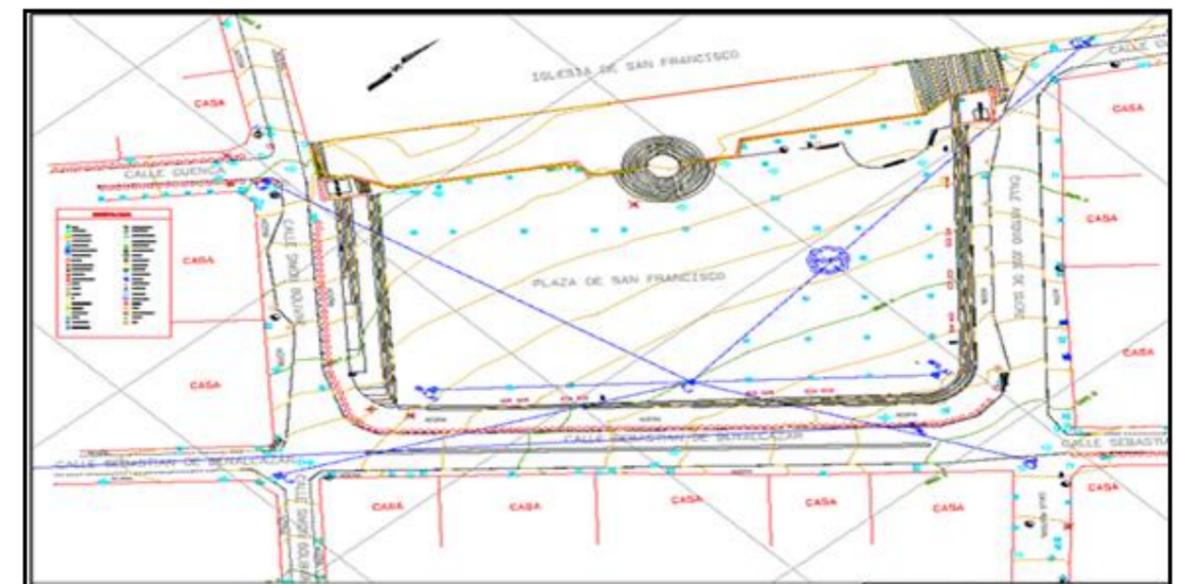
- Estaciones
- Cocheras
- Sitios especiales (Pozos de ventilación y salidas de emergencia).
- Túnel entre Pantallas.

### 4.2.3 RESULTADOS

- Estaciones (15) - levantadas 48 ha.
- Cocheras (14ha), talleres, fondo de saco (10 ha.)
- Pozos de ventilación, emergencia y bombeo (11,66 ha.)
- Túnel entre pantallas -(11,08 Ha).



LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS PARA ESTACIONES		
ESTACIONES	DESCRIP.	REALIZADO EGV
ALAMEDA	m2	28.774,773
CALZADO	m2	24.858,512
CAROLINA	m2	44.157,988
EJIDO	m2	63.929,038
INAQUITO	m2	33.917,652
JIJUAPA	m2	26.550,008
LABRADOR	m2	103.492,582
MAGDALENA	m2	29.201,572
MORAN VALVERDE	m2	17.931,111
LA PRADERA	m2	22.754,364
QUITUMBE	m2	28.910,564
RECREO	m2	68.079,171
SAN FRANCISCO	m2	12.143,442
SOLANDA	m2	49.918,544
UNIV. CENTRAL	m2	28.135,820
<b>TOTALES</b>	<b>m2</b>	<b>582.755,141</b>
	<b>Ha.</b>	<b>58,28</b>



Levantamiento topográfico a detalle de la estructura urbana y de los sitios especiales, que contiene:

- Archivos en DWG o DGN con los dibujos de la zona especial al detalle, con curvas de nivel cada medio metro, escala 1:500 tamaño de hoja A1. Con referencias y georeferenciación
- Interpretación de los datos del Relieve Actual, Infraestructura Urbana y Edificaciones Superficiales.

### 4.3 ARQUEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA

#### 4.3.1 OBJETO:

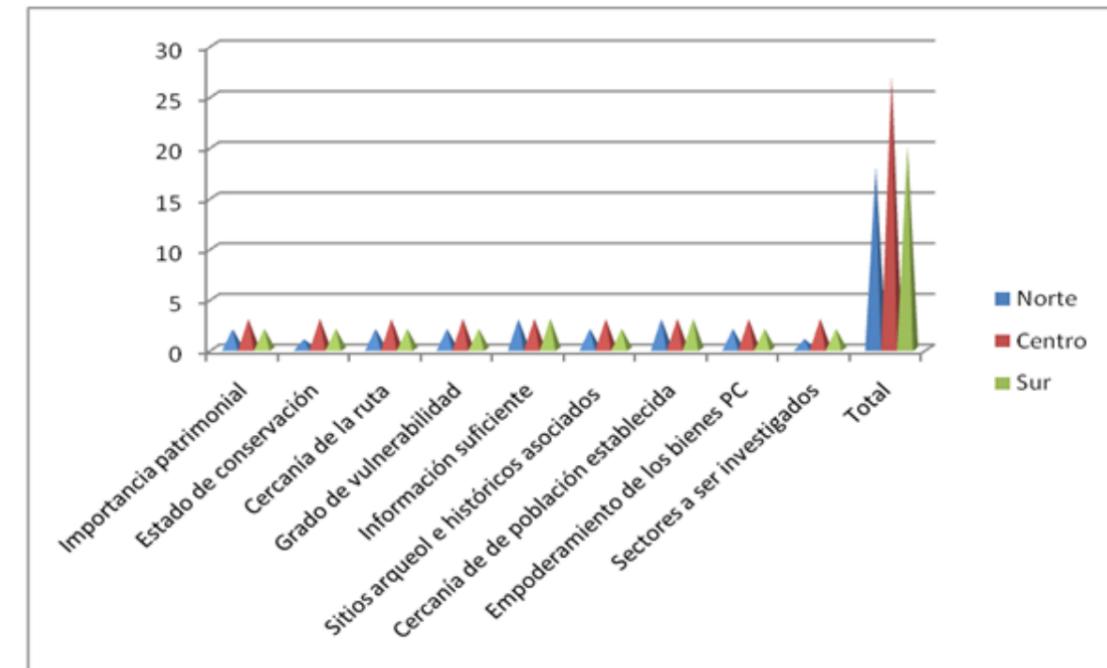
Exploración Arqueológica, Y Paleontológica, para identificar el potencial impacto en el Patrimonio Arqueológico de La ciudad, que podría derivarse de la construcción de La PLMQ.

#### 4.3.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:

- Estaciones del Metro: Quitumbe-Cocheras; Morán Valverde; El Recreo; San Francisco (paralelo a la calle Benalcázar); El Ejido.
- Áreas especiales: Quitumbe; Solanda; Parque El Calzado; Panecillo

#### 4.3.3 RESULTADOS:

- Del análisis y evaluación de sensibilidad histórica y arqueológica se estableció que las zonas correspondiente a la PLMQ tiene una sensibilidad:
  - Zona Norte sensibilidad Media
  - Zona Centro Sensibilidad Alta
  - Zona Sur Sensibilidad Alta
- Efectuar la excavación arqueológica en área en todo el espacio del diseño de la estación de la plaza de San Francisco y unidades de excavación en las áreas de la estación de El Ejido y Cocheras.



## 4.4 ESTUDIO DE PATRIMONIO

### 4.4.1 OBJETIVO

Identificar el estado actual de conservación de las edificaciones patrimoniales, ubicadas a lo largo del trazado.

### 4.4.2 ÁREA DE INTERVENCIÓN

- Zona de influencia de la PLMQ en el Centro Histórico.
- Edificaciones y estructuras del Centro Histórico de Quito.
- Especial énfasis en conventos, iglesias y edificios esenciales.

### 4.4.3 RESULTADOS

La ciudad de Quito, fue declarada por UNESCO el 8 de septiembre de 1978, primer Patrimonio Cultural Mundial, junto a Cracovia. Esta condición ha sido seriamente tomada por el estado ecuatoriano y sobre todo por la municipalidad que desde hace 24 años (1989), mediante el FONSAL – IMP, ha consolidado, reforzado, recuperado, revalorizado y ha puesto en función social el Centro Histórico de Quito.

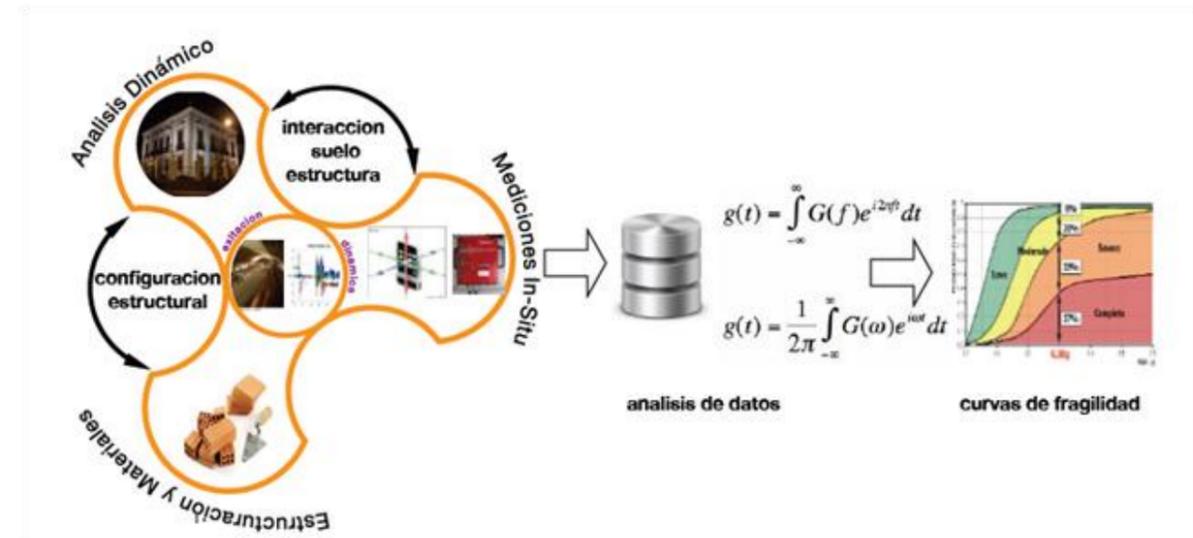
El trazado de la Primera Línea del Metro de Quito, cruza estratégicamente el centro histórico sin afectar, de modo directo, a ninguno de los elementos patrimoniales de mayor y mediana relevancia como conjuntos religiosos, iglesia o edificios históricos públicos, del núcleo central y su área de amortiguamiento. Habrán dos estaciones: San Francisco, del núcleo central y Plaza del Teatro en el área de amortiguamiento, las dos dentro de espacios públicos municipales.

Los estudios técnicos, entre otros, de suelos, sísmica pasiva, hidrogeología, quebradas, vibraciones naturales del suelo, complementados con los estudios especiales como: arqueología-paleontología, servicios básicos afectados, estado de conservación de edificaciones, ingeniería y vibraciones en edificios, permiten asegurar que la construcción de la Primera Línea del Metro, a una profundidad igual o mayor a 19 metros, no afectará la condición de patrimonio mundial que tiene Quito.

Se realizó un amplio estudio de impactos ambientales en todo el trazado y en el centro histórico se distinguen dos etapas: 1.- El proceso constructivo en el que existirían la mayoría de impactos negativos temporales, leves y muy pocos impactos positivos. 2.- La fase de operación que generará una gran mayoría de impactos positivos, de medios a altos y muy pocos impactos negativos, leves. Para todos los impactos se ha generado un plan de mitigación incluyendo los aspectos sociales, económicos y culturales.

### 4.4.4 CONCLUSIONES

Está definida la metodología para mediciones continuas de vibración para determinar con exactitud la interacción suelo-estructura, conjuntamente con un monitoreo de asentamientos, para aplicar a las edificaciones del CHQ, tal como se muestra en las siguientes figuras:



## 4.5 SÍSMICA PASIVA

### 4.5.1 OBJETO:

Correlación continua de la información geológica obtenida de los sondeos.

Caracterización sismo-estratigráfica de los diferentes niveles del terreno, a través de medidas sísmicas de refracción por micro tremores.

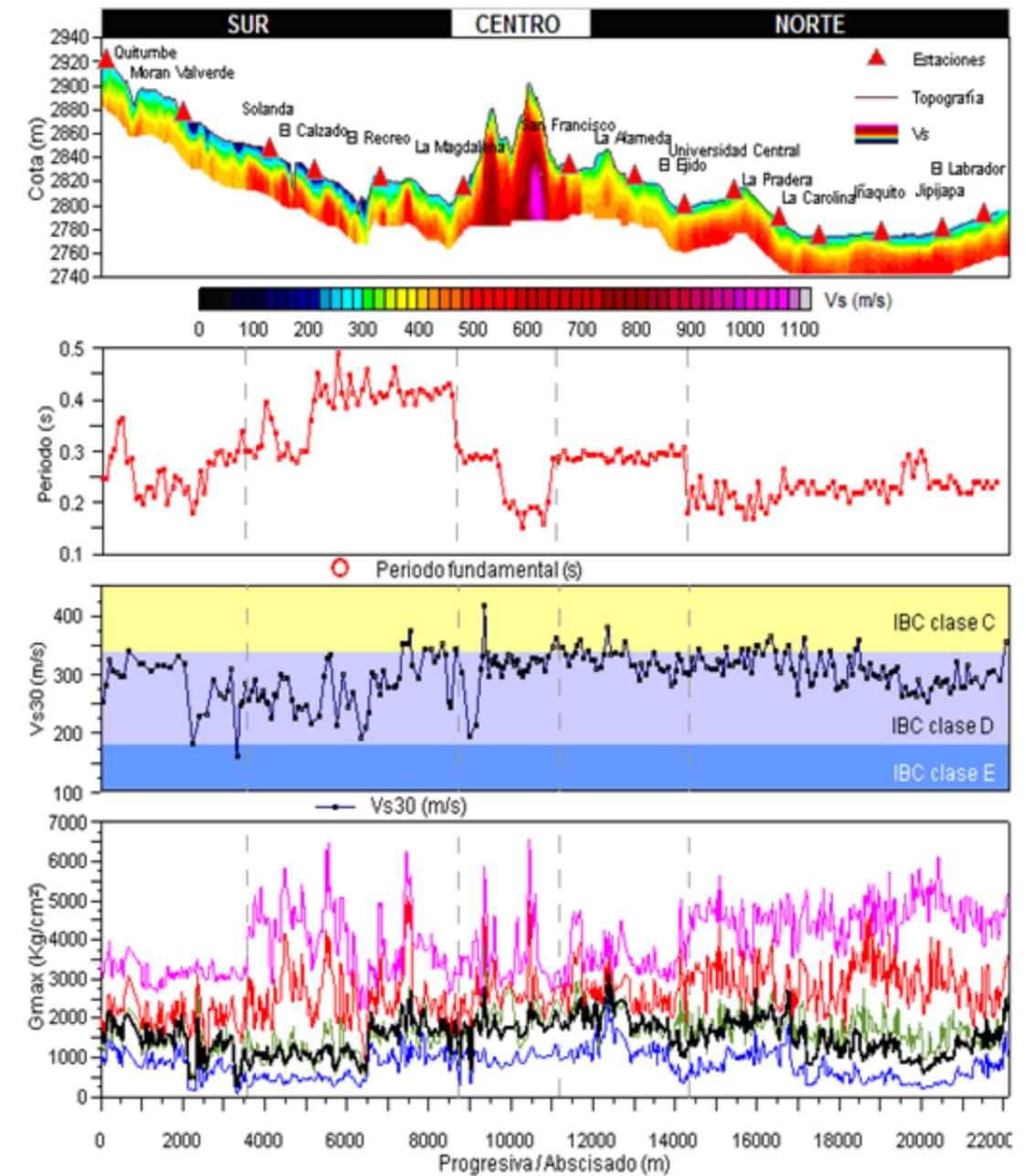
### 4.5.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:

- Trazado de la ruta del Metro
- 23.000 metros de medidas sísmicas de refracción.

### 4.5.3 RESULTADOS:

- Definición secuencia y comportamiento unidades sismo estratigráficas en el valle de Quito. Correlación en función de la rigidez.
- Definición distribución lateral de las secuencia sísmica e identificación posibles discontinuidades litológicas y estructurales.
- Caracterización propiedades dinámicas (estimación estáticas) de las diferentes unidades sismo estratigráficas.
- Definición posible nivel asociable a un substrato geotécnico (suelos duros – densos) con velocidad de ondas de corte de  $V_s > 360 \text{ m/s}$ . Esto podría ser considerado el límite superior de la rasante.
- Clasificación de sitio a lo largo de la ruta. Identificación de zonas “anómalas” con sedimentos blandos.
- Desde el modelado dinámico de datos de DH se evaluó las condiciones sismológicas a nivel rasante de importancia clave en el diseño de la estructura.

Las siguientes figuras muestran el detalle de los registros sísmicos:



## 4.6 ESTUDIO DE VIBRACIONES

### 4.6.1 OBJETO:

Conocer la respuesta dinámica del suelo y medir los niveles base de vibraciones naturales, mediante métodos no invasivos.

## 4.6.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:

### Área de influencia de la ruta del Metro

Evaluación geofísica mediante 220 medidas de vibraciones naturales cada 100 m, a lo largo de la traza

### Sísmica por Micro Tremores & Vibraciones

En el ámbito del estudio de caracterización de la ruta de la primera línea del Metro de Quito, la combinación del uso de métodos no invasivos como la sísmica de refracción por micro tremores y vibraciones naturales conjuntamente a su integración con pruebas sísmica de pozo (downhole) y geotécnicas ha permitido definir conceptos más precisos del entorno geotécnico de la ciudad de Quito.

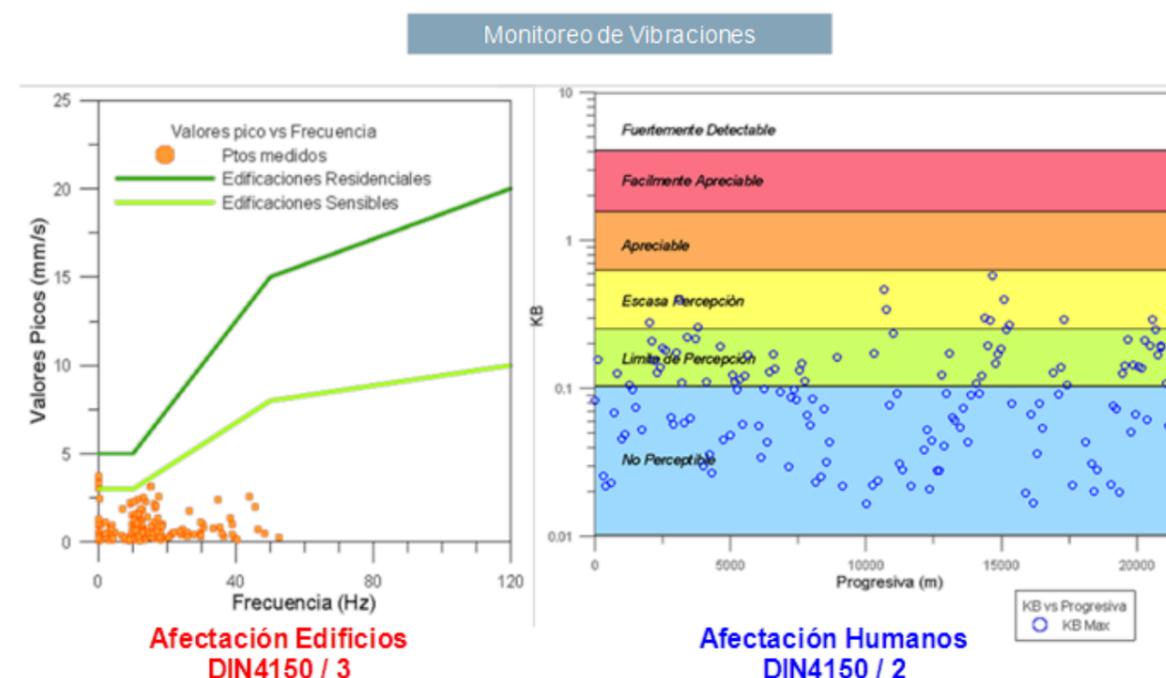
El método de sísmica de refracción por micro tremores – ReMi o de análisis de ondas superficiales, utiliza el ruido natural o ruido generado por la actividad humana para caracterizar la distribución de las propiedades sísmicas en el subsuelo asociadas a propiedades geotécnicas como fuente de la señal, permite el cálculo de la velocidad de propagación de la energía de las ondas superficiales a partir de la cual es posible estimar el perfil de velocidades de ondas de corte (Vs). Desde estos se puede definir tipología y espesor de las secuencias sísmo estratigráficas, su consolidación, determinar profundidad del substrato geotécnico/roca y evaluar también otros parámetros de interés ingenieril y sísmológico, respuesta sísmica local – micro zonación y definir parámetros geotécnicos

Este aspecto permite no solo optimizar el trabajo de diseño de la nueva obra del Metro sino contribuye a derivar informaciones como la profundidad del substrato geotécnico (profundidad donde se encuentran condiciones de rigidez/compactación compatibles para la instalación de fundaciones de las estructuras y las propiedades de las unidades observadas en la ciudad, definir riesgos y definir parámetros relevantes para la micro zonación sísmica.

En relación a los suelos identificados superficialmente a lo largo de la ruta se identificaron condiciones que pueden considerarse de terrenos semi blandos. Entre estos, en la zona al sur del Panecillo, se identifican condiciones específicas de suelos blandos (asociados a sedimentos de origen lacustre) con espesores de hasta 15-20m que podrían ser asociadas a potenciales riesgos geológicos como asentamiento. En el norte suelos blandos, de similar origen lacustre, son asociadas a espesores menores de 10m. El substrato geotécnico (nivel apto para la fundación) se identificó a profundidades relativamente superficiales (10-20m) en asociación a un horizonte compactado de suelos duros densos representados por sedimentos antiguos y las unidades de origen volcánica de la formación Cangahua. En la zona del centro histórico se observan condiciones geotécnicamente más favorables con suelos y substratos rígidos también en superficie.

En términos de micro zonificación sísmica el análisis de los periodos predominantes de vibración con bajos valores indica un espesor de una capa superficial semi blanda poco espesa y la presencia de un substrato a poca profundidad en coherencia con lo definido por la sísmica

La distribución y clasificación de suelos en el área urbana reporta la presencia de suelos semi denso rígidos con condiciones de menor rigidez hacia el sur. Mientras un substrato geotécnico es claramente evidente entre los 20 y 10m de profundidad, la transición a roca (según definición normativa) estaría a 84 m de profundidad en el sur y 55m en el norte. La roca sensu strictu, el basamento volcánico, estaría a 198 m en el sur y 259 m en el norte. Estos datos, como la secuencia sísmo estratigráfica, son de vital importancia para la evaluación sísmica que se toma en cuenta en la construcción de la primera línea del metro de Quito. La siguiente figura muestra un ejemplo de un registro de vibraciones.



## 4.7 MONITOREO SÍSMICO Y NEOTECTÓNICA

### 4.7.1 OBJETO:

Determinar las frecuencias de resonancia de los suelos de la ciudad, con énfasis en área de influencia de la PLMQ.

### 4.7.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:

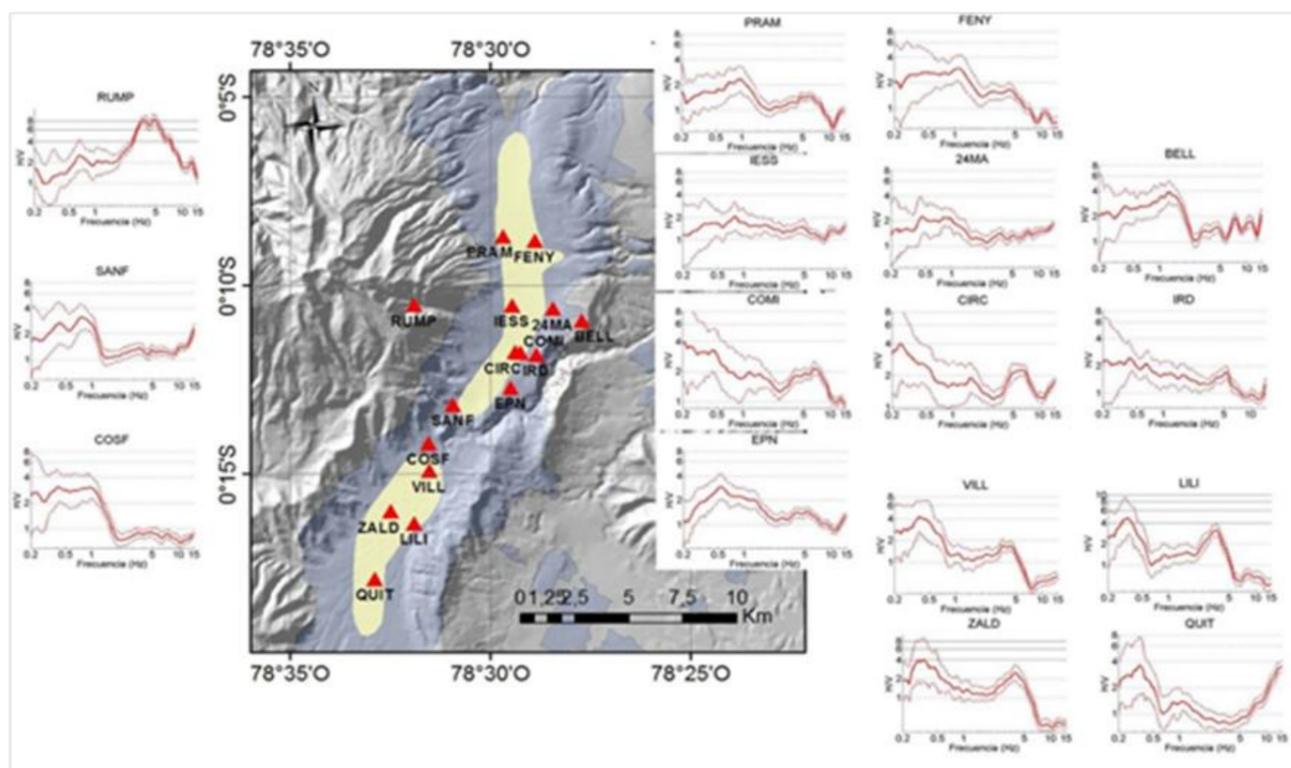
Evaluación sísmica con 16 acelerógrafos a lo largo de traza de la PLMQ

Control litoestratigráfico de sondeos

### 4.7.3 RESULTADOS:

- Se dispone de una red con 17 estaciones que pueden ayudar al monitoreo de sismos y a la determinación de los niveles de amplificación.
- Confiabilidad de la frecuencia de amplificación en varios sitios en Quito con el método de Nakamura.
- Los resultados de la razón H/V para sismos nos da las frecuencias de amplificación que no somos capaces de detectar con Nakamura.
- De los resultados de ruido y preliminares H/V con sismos, se concluye que en Quito la utilización del método de Nakamura

La figura siguiente indica los registros de un monitoreo sísmico:



## 4.8 HIDROGEOLOGÍA

### 4.8.1 OBJETO:

Determinar la condición hídrica superficial y subterránea, y su interrelación con la obra del metro.

### 4.8.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:

Acuíferos de Quito: Sur y Centro Norte

Áreas de influencia de los acuíferos

#### Hidrogeología

Algunos estudios realizados anteriormente en el acuífero de Quito han permitido individualizar dos unidades hidrogeológicas que funcionan en forma separada.

Al sur del Panecillo el flujo del agua subterránea es preferentemente de sentido Sur Norte hacia la zona de descarga del Machángara. Al Norte del Panecillo el flujo tiene una dirección oeste-este hacia el Machángara en la zona del Batán.

Los gradientes son elevados en las zonas de laderas, mientras que en el centro del valle el gradiente es reducido. El gradiente de nuevo se incrementa en las proximidades de las descargas del acuífero al Machángara.

De la calibración y los resultados del modelo se deduce que la formación Cangahua se estrecha en este punto. El agua subterránea de ambas zonas descarga en el río Machángara. El área acuífera SUR FL OCCIDENTAL presenta valores de transmisividad relativamente pequeños comparados con las zonas centrales del valle. Es decir, existe una zona de transmisividad menor pero que no desconecta completamente las zonas norte y sur.

- Unidad Norte-Centro, constituida por la cuenca superior del río Monjas y drenado por la quebrada de El Colegio y por la quebrada de El Batán a la que converge la red de alcantarillado y colectores fluviales subterráneos.
- Unidad Sur, constituida por la parte superior de la cuenca hidrográfica del río Machángara que sale de la cuenca por un valle estrecho y profundo. Hay que recalcar que los abundantes manantiales observados en el valle del Machángara (más de 100 litros/segundo en El Sena y Guápulo) provienen de coladas de andesita muy fracturada que desempeñan el papel de drenes privilegiados, en la Unidad Sur los acuíferos son muy heterogéneos,

En base a la composición isotópica de las aguas, se consideran dos esquemas diferentes para la recarga natural en las unidades Norte-Centro y Sur del Acuífero de Quito:

#### Unidad Norte –Centro:

La recarga del acuífero se realiza a partir de la infiltración directa de las precipitaciones sobre el valle y posiblemente por re-infiltración de una parte del caudal proveniente del escurrimiento de los manantiales localizados en la vertiente del Pichincha.



A la Unidad Norte-Centro se la ha caracterizado como un acuífero único multicapa en el que constan dos niveles con buenas características hidrogeológicas, los mismos que están relacionados entre sí, ya que casi todos los elementos presentes entre ellos son permeables. La profundidad media del nivel piezométrico de las aguas en la actualidad oscila entre 5 y 17 m., llegando a 43 m. en la zona del aeropuerto Mariscal Sucre.

#### **Unidad Sur:**

La composición isotópica del agua de las perforaciones refleja un origen más profundo que la del Norte –Centro, mientras que los manantiales muestran una circulación hipodérmica (superficial).

La infiltración en las partes altas del volcán Atacazo parece, por lo tanto, mucho más efectiva que en la parte Norte-Centro. Esta infiltración contribuye a la recarga del acuífero de la zona Sur del Valle, lo que concuerda con la más alta concentración de sales disueltas y contenidos de hierro observadas en este acuífero y que corresponden a un tiempo de circulación más largo, mayor tiempo de contacto del agua con la roca.

En la Unidad Sur se observa un sistema de sedimentación bastante caótico que ha dado lugar a la conformación de dos acuíferos muy heterogéneos, con características hidrogeológicas diferentes. El Acuífero El Pintado corresponde a un depósito fluvio-lacustre compuesto por niveles de limos, arenas y arcillas, que llega hasta la profundidad de 80 m., y con un espesor de 60 m. Por su configuración, extensión (12,5 km<sup>2</sup>. de área de acumulación con 23 km<sup>2</sup>. de recarga) y características hidrogeológicas, no presenta buenas perspectivas para su aprovechamiento intensivo.

El Acuífero Guamaní reviste mayor importancia por sus características litológicas e hidrogeológicas, tiene un área de acumulación de 39,3 km<sup>2</sup>. y un área de recarga de 51 km<sup>2</sup>. Se establece que este acuífero está compuesto por dos niveles de aproximadamente 70 m. de espesor, separados por un estrato de baja permeabilidad, correspondiente a depósitos fluvio-lacustres y flujos de lodo de aproximadamente 20 m. de espesor. El Acuífero en su conjunto alcanza la profundidad de 165 m.; la cobertura superior corresponde a depósitos de cangagua con un espesor promedio de 15 m.

Bajo estas circunstancias, fue importante determinar cuál sería la influencia que los acuíferos podrían tener en la construcción de las obras del metro y obviamente el riesgo que existiría de sufrir algún grado de alteración o contaminación de las aguas subterráneas durante la construcción y operación del sistema.

Como resultados particulares desarrollados a lo largo de la formulación del modelo conceptual se destacan los siguientes:

- Interpretación de toda la información histórica existente de interés: geológica, geoquímica, hidrogeológica, hidrológica, hidráulica, climatológica, meteorológica, geotécnica y cartográfica entre otras.
- Determinación de las características hidrogeológicas de los acuíferos localizados en las zonas Sur y Centro Norte de la Ciudad de Quito.

- Interpretación de la información actual/reciente requerida principalmente del tipo hidrogeológica y geoquímica.

## 4.9 MODELOS DE FLUJO SUBTERRÁNEO MEDIANTE MÉTODOS NUMÉRICOS E IMPACTO DE OBRAS SOBRE HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA

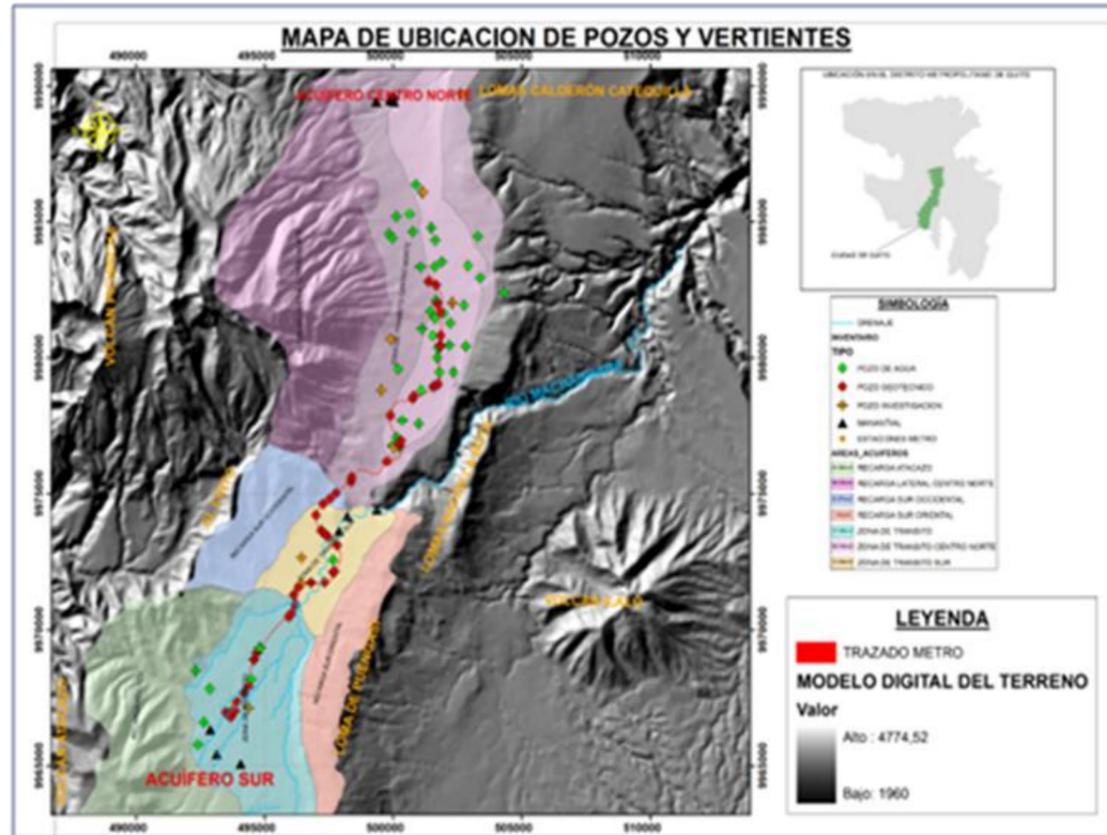
Para complementar el conocimiento hidrogeológico, se cuenta con el siguiente detalle:

- Descripción de condiciones hidrogeológicas
- Parámetros hidrogeológicos
- Análisis hidrodinámico (formulación de hipótesis sobre localización, nivel y movimiento de aguas subterráneas, coeficiente de almacenamiento, caudales)
- Caracterización del acuífero
- Escorrentías subterráneas
- Modelo conceptual
- Hidrogeoquímica

### 4.9.1 RESULTADOS:

- No existe desconexión hidráulica o barrera de baja permeabilidad entre el acuífero del Sur de Quito y el acuífero centro-Norte de Quito.
- La transmisividad es muy variada entre 4 m<sup>2</sup>/día y alrededor de 400 m<sup>2</sup>/día, o sea que hay variaciones de más de dos órdenes de magnitud.
- Al sur del acuífero el flujo de agua subterránea es de dirección sur-norte, mientras que al norte del acuífero es de dirección oeste-este.
- El nivel piezométrico varía entre los 3700 msnm y los 2400 msnm en la zona de descarga.

A continuación se muestra un mapa con la ubicación de pozos y vertientes:



## 4.10 INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES Y ESTRUCTURAS

### 4.10.1 OBJETO:

Identificación del estado actual de conservación de las edificaciones y estructuras, ubicadas a lo largo del trazado de la PLMQ

### 4.10.2 AREA DE INTERVENCIÓN:

- Edificios y viviendas ubicadas adentro de 50m. a cada lado del eje del trazado: 3.000;
  - Fachadas y elementos comunes de los edificios
  - Interior de algunas viviendas

El siguiente es un registro del inventario de edificaciones:



## 4.11 SERVICIOS PÚBLICOS AFECTADOS

### 4.11.1 OBJETO:

Identificar los servicios urbanos que pueden verse afectados por la ejecución de la infraestructura de la PLMQ

### 4.11.2 ÁREAS DE INTERVENCIÓN:

- Estaciones,
- Pozos de ventilación, bombeo, salidas de emergencia
- Pozos de ataque de tuneladoras
- Túnel entre pantallas

Para lograr mejores resultados se establecieron contactos y se mantuvieron reuniones de trabajo con las Administraciones Zonales del Distrito Metropolitano de Quito, Organismos, Entidades, Empresas o Compañías de Servicios susceptibles de ser afectadas por la realización de las obras objeto del presente Proyecto, a efectos de disponer de la información necesaria sobre los bienes, derechos, servicios y servidumbres de que disfrutaban.

Para la elaboración del inventario de las edificaciones y de los servicios existentes en las zonas de influencia del Proyecto, se realizaron inspecciones de campo, previamente fue necesaria la recopilación de toda la información



posible de las Empresas Públicas y Privadas, además de la colaboración de representantes de estas empresas para los recorridos de campo y verificación de la información facilitada por las mismas.

Con esta información recopilada Metro de Madrid ha desarrollado un plan de ejecución de reposición de los servicios de alcantarillado y agua potable, las cuales pueden ser de carácter provisional o definitivo. Estas reposiciones se realizarán previas a los trabajos de construcción del metro en los sectores correspondientes con el fin de que estos servicios no interfieran con los trabajos de construcción del metro.

El Estudio de Edificaciones, Estructuras, tuvo como finalidad realizar el inventario, caracterización y clasificación de edificaciones y estructuras ubicadas en el área de influencia de la Primera Línea del Metro de Quito en una de longitud de 22.037,67 m.

Se inventarió, caracterizó y clasificó las edificaciones y estructuras, identificando los predios a lo largo del área de influencia del metro, determinando los niveles de riesgo y daños de cada una de las unidades estructurales, para definir el índice de susceptibilidad, la determinación de la distancia vertical entre la cimentación de los inmuebles y de la parte superior del túnel, además se inventarió la información como naturaleza y tipo estructura, tipo de cimentación, distancia desde el predio hasta el eje y su ubicación en relación del mismo, se observó el tipo de material con que son construidos los elementos estructurales del inmueble y los elementos comunes, además se obtuvo un registro fotográfico de las fachadas y de los daños visualizados.

Se implementó un Sistema compatible con Android, el mismo que permite realizar consultas, siendo accesible desde cualquier lugar del mundo, conectándose a Internet. El sistema cuenta con un interface amigable que permite el fácil acceso y manejo de los diversos módulos. Está conectado a una BASE DE DATOS, por tanto se puede hacer cualquier tipo de búsqueda o consulta especializada de una manera ágil y precisa.

Con la información recopilada en el inventario, clasificación de edificios y estructuras, se elaboraron Fichas Técnicas de cada una de dichas estructuras, con su archivo fotográfico y se elaboró el Plano de ubicación, con la localización de la traza; además planos de acuerdo al índice de susceptibilidad, nivel de riesgo y nivel de daños, semaforizados con colores rojo, amarillo y verde, para facilitar la comprensión de los mismos. Adicionalmente se tienen mapas de: tipo de estructura, material de la estructura, tipo de cimentación, geometría de la edificación, número de pisos, antigüedad, valor arquitectónico e identificación del uso.

#### 4.11.3 COORDINACIÓN CON ORGANISMOS

Se ha mantenido contacto con las empresas y organismos que pudieran resultar afectados por las obras previstas.

Las compañías con las que se ha mantenido contacto son:

- Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS)
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT)
- Empresa Eléctrica de Quito
- Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMOP)
- Grupo TV Cable

#### 4.11.4 SERVICIOS AFECTADOS

Contamos con la identificación y definición de la reposición en caso de resultar necesario, de todos los servicios que pudieran verse afectados por la ejecución de las obras definidas en el Proyecto.

De la información obtenida se han identificado las siguientes redes de servicio:

- Colectores
- Alcantarillado
- Agua potable
- Electricidad
- Telecomunicaciones
- TV Cable
- Semaforización

Como parte del inventario de las edificaciones y los servicios existentes, se incluyen las fichas y los planos de los servicios inventariados en las zonas de actuación organizados de la siguiente forma:

- Estaciones
- Túnel entre pantallas

- Talleres y cocheras
- Pozos

#### 4.11.5 RESULTADOS:

Se dispone planos y fichas de registro de ubicación de los servicios afectados por la infraestructura del PLMQ. La siguiente fotografía muestra uno de estos casos:



## 4.12 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

### 4.12.1 INTRODUCCIÓN

La documentación obtenida forma parte del Diseño Definitivo de la Obra Civil de la Primera Línea del Metro de la ciudad de Quito. Se trata en este punto específicamente de la Geología y Geotecnia del Corredor y de las Estructuras que lo constituyen.

### 4.12.2 OBJETO:

Conocer la geología y las características geodinámicas del terreno, y obtener los parámetros necesarios para el diseño de los diversos elementos estructurales de la PLMQ aplicación de ensayos pioneros en Ecuador: Presiometría y Down Holes.

### 4.12.3 ÁREAS DE INTERVENCIÓN

- Trazado de la ruta del Metro
- Evaluación geotécnica mediante 70 sondeos, pruebas de campo y ensayos de laboratorio.

### 4.12.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

1. Revisión de información existente
2. Ejecución de sondeos mecánicos :
  - Perforación: Obtención de testigos
  - Realización de ensayos SPT
  - Toma de muestras Shelby
  - Toma de muestras indisturbadas (parafinadas)
  - Ensayos de permeabilidad
  - Instalación de piezómetros
  - Medidas de nivel freático (agua)
  - Ensayos de resistividad (Gamma, Potencial Espontáneo SP, SPR)
  - Ensayos Presiométricos
3. Ensayos de Laboratorio
  - Características mecánica de suelos
  - Ensayos triaxiales
  - Análisis químicos de muestras de agua de los sondeos
4. Ensayos geofísicos
  - Reacondicionamiento del pozo
  - Ensayos Down Hole
5. Interpretación de resultados
  - Análisis de correlación
  - Recomendaciones



El conocimiento geológico geotécnico determina las características y condiciones del terreno a lo largo de la traza, de cara a conseguir los datos necesarios para definir las condiciones de excavación, las características constructivas del túnel a ejecutar, posibles medidas de protección y tratamiento del terreno, el posible aprovechamiento de los materiales extraídos, así como definir las condiciones de cimentación en los emplazamientos de las estaciones y estructuras.

Se cuenta con los trabajos realizados para el Proyecto, otros estudios o proyectos anteriores realizados en el entorno, junto con referencias bibliográficas, y datos de proyectos y trabajos realizados sobre materiales de la misma naturaleza. Se determina un encuadre geológico general. Contiene una tramificación geológica y se describen las condiciones a lo largo del trazado.

También disponemos de una planta con la investigación geotécnica realizada, el perfil geológico-geotécnico del trazado, la correlación de las columnas estratigráficas de los sondeos, registro de sondeos, ensayos de permeabilidad, digrafías, ensayos Down Hole, ensayos presiométricos, mediciones del nivel freático y sísmica pasiva respectivamente, el estudio de canteras y plantas de suministro, los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras de extraídas de los sondeos.

El trabajo ha determinado las características y condiciones geológico-geotécnicas del terreno en la zona e inmediaciones, para definir las condiciones de excavación, sistemas constructivos más adecuados, identificar empujes del terreno y del agua freática, así como definir las condiciones de cimentación en los emplazamientos de las estructuras.

### Geología y geotecnia

La cuenca de Quito situado en el valle interandino; se ha depositado exclusivamente, material de origen volcánico, de edad Pleistoceno medio, predominantemente al norte del trazado aflora en perfil la Formación Machángara, la Formación Cangahua y la más reciente formación Carolina sedimentos volcánicos de origen piro clásticos generados por el complejo volcánico pichincha. Al sur se distinguen sedimentos volcánicos de origen piro clástico generado por el complejo volcánico atacazo. Además superficialmente existen rellenos antrópicos bastante extendidos por la ciudad especialmente en las cuencas de las antiguas quebradas.

El trazado de la Línea de METRO DE QUITO, se ubica a lo largo de la cuenca de Quito que es una depresión topográfica de dirección aproximada N-S, de forma alargada y de tres a cinco kilómetros de ancho. Morfológicamente, se divide en dos sub - cuencas: centro – norte y sur, separadas por el río Machángara y el domo El Panecillo. La cuenca de Quito, se han diferenciado las siguientes Unidades, que fueron definidas por:

**Formación Machángara** Se presenta con dos miembros: Mb. Volcánicos Basales y Mb. Quito.

**Mb. Volcánicos Basales:** depósitos de avalancha, flujos de lodo, flujos piro clásticos y láhares, íntimamente relacionados con los flujos de lava, caracterizados por ser heterogéneos, de textura muy gruesa, que han sido producto de procesos eruptivos del Ruco Pichincha.

En la sub cuenca sur de Quito el Mb. Volcánicos Basales, incluye flujos de lava, brechas volcánicas, avalanchas de escombros y flujos de lodo provenientes del Complejo Volcánico Atacazo – Ninahuilca y el Complejo Volcánico Pichincha.

**Mb. Quito:** depósitos fluviales y flujos de lodo menores un poco más homogéneos que los anteriores y de tamaño de grano menores que los incluidos dentro la los Volcánicos Basales.

En la sub cuenca Sur de Quito, el Miembro Quito, presenta depósitos volcánicos primarios que incluyen flujos piro clásticos, caídas de pómez y ceniza a los cuales se los ha denominó “Unidad Volcano-sedimentaria Guamaní”, así como también los reportados en la Unidad Fluvio Lacustre el Pintado, en la que se incluyen depósitos sedimentarios de ambiente fluvial y lacustre como areniscas finas y arcillas.

### Formación Cangahua

Consiste de tobas alteradas, típicamente de colores amarillentos a marrones, generalmente intercalada con caídas de cenizas, pómez, paleosuelos y algunas veces, flujos de lodos y canales aluviales, en los mismos ocurren costras calcáreas y óxido de manganeso, en la parte media del depósito, se encuentran estratos de arena fina de hasta 50 centímetros de potencia, mientras que a la base de la formación, especialmente en los flancos de los complejos volcánicos Atacazo – Ninahuilca y Pichincha, se presentan coluviales de hasta 2 metros de espesor, formados por bloques de andesita, dacita y pómez dentro de matriz limo arenosa color café

Hacia el norte se incluyen los depósitos de conos aluviales que se desprenden de las estribaciones orientales del volcán Pichincha, hacia los principales drenajes que llegan a las sub cuencas (quebradas Rumipamba, Rumihurcu, Grande y principalmente en el Río Machángara)

### Depósitos La Carolina

Sedimentos caracterizados por paquetes de limos, arcillas, arenas medias a gruesas, intercalados con cenizas y caídas de pómez, que se presentan en los Miembros Aluvial y Lacustre Palustre.

**Mb. Aluvial:** numerosos lahares, cenizas volcánicas primarias y niveles de suelos presentes en los abanicos que forman los principales drenajes de la cuenca. En cambio, hacia el eje de la cuenca se halla estrechamente relacionado con los depósitos lacustres y palustres, así como también a pequeños canales fluviales, (El Ejido, La Carolina, La Jipijapa).

**Mb. Lacustre Palustre:** depósitos La Carolina s.s. ya que contiene un paquete de limos y arcillas, intercaladas con caídas de ceniza; en los registros de las perforaciones de La Carolina y El Ejido se pueden observar vestigios de paleosuelos.

#### 4.12.5 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

- Es totalmente factible construir un Metro Subterráneo en Quito.
- La obra del Metro atravesará suelos entre compactos y blandos. No hay evidencia de roca en el trayecto.
- El sector sur muestra suelos blandos, con nivel freático alto, factible de excavarlo con tuneladora.
- El sector centro muestra suelos consolidados, muy buena condición para excavar por métodos tradicionales.
- El sector norte presenta suelos consolidados y blandos, con niveles freáticos medios, factibles de excavar con tuneladora.
- Las estaciones pueden ser construidas en Cut & Cover.

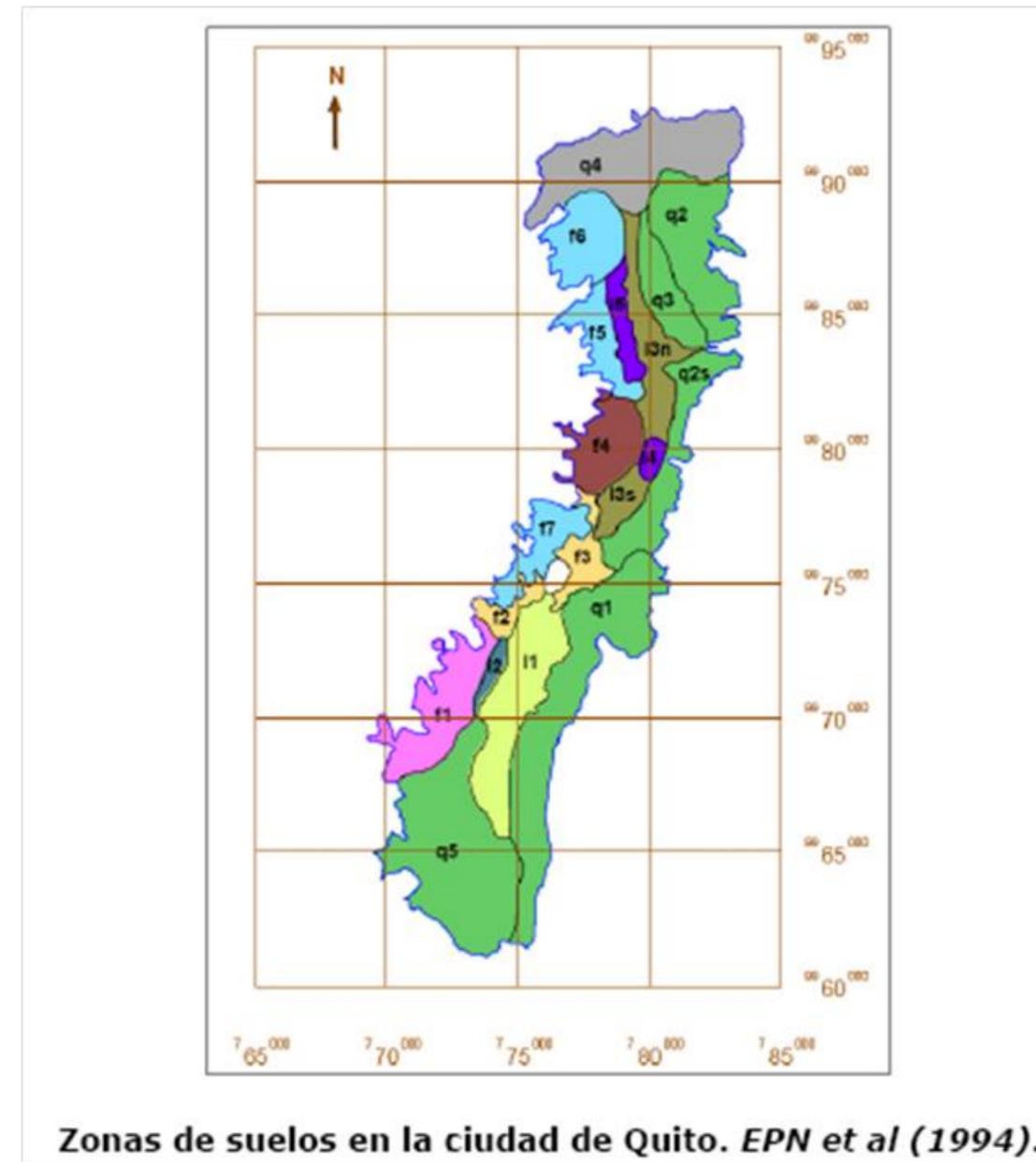
#### 4.13 EFECTOS SÍSMICOS

##### 4.13.1 INTRODUCCIÓN

Se exponen las consideraciones relativas a los efectos sísmicos en el diseño de la Primera Línea del Metro de Quito.

La ciudad de Quito se ubica en un contexto de tectónica activa debido a la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Suramericana. Se trata de una zona de compresión N80E con presencia de fallas activas que confieren a la ciudad un alto potencial sísmico. El riesgo sísmico existente en la ciudad de Quito es de los más elevados en Ecuador. De hecho, la ciudad de Quito se localiza dentro de la zona Z=V del Mapa de Zonas Sísmicas de Ecuador cuya aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño es  $a_{MAX} = 0,40g$ .

Esta elevada aceleración sísmica viene amplificada por la calidad de los suelos existentes, especialmente en el sector Norte de la ciudad. En este sentido, durante las últimas décadas se han realizado en la ciudad de Quito distintas clasificaciones de los suelos en función de su riesgo sísmico. Esto se muestra en la siguiente figura:



Los materiales señalados con la letra *q* corresponden a cenizas volcánicas con formaciones de tobas (cangahua) presentes en el lado Este de la ciudad de Quito. Los materiales señalados con la letra *l* corresponden a depósitos lacustres pertenecientes a la antigua laguna cuaternaria instalada al Sur, Centro y Norte de la ciudad de Quito, donde se asienta la mayor población de la ciudad. Los materiales señalados con la letra *f* corresponden a depósitos aluvio-coluviales, tales como conos de deyección procedentes de los flancos orientales del Pichincha. Finalmente, el sector no nombrado con ninguna letra y de color blanco corresponde al domo del Panecillo, correspondiente a un edificio volcánico constituido por lavas y piroclastos soldados. De modo concreto, el trazado de la PLMQ afectará fundamentalmente a las unidades *l3n*, *f4*, *l3s*, *f3* y *l1*.

En el comportamiento de una estructura enterrada bajo la acción sísmica influyen tres factores: la propia acción sísmica, las condiciones geológicas del terreno y el diseño y construcción de la estructura o túnel.

#### 4.13.2 CONSIDERACIÓN DE ACCIÓN SÍSMICA

Para la obtención de la acción sísmica considerada en el diseño de los distintos elementos, se ha seguido lo indicado en el *Capítulo 2-Peligro Sísmico* y en el *Capítulo 3-Riesgo sísmico evaluación y rehabilitación* de la *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11)* y del *Capítulo 12 del Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos Generales de Diseño: Peligro sísmico, espectros de diseño y requisitos mínimos de cálculos para diseño sísmo resistente (CPE INEN 5)*.

Para realizar el análisis sísmico es preciso partir del *Sismo de Diseño*, que es el terremoto que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años, equivalente a un periodo de retorno de 475 años.

A efectos de importancia de la estructura, las estructuras proyectadas para la Línea 1 de Quito son consideradas como “de ocupación especial”.

La *NEC-11* delimita el territorio de Ecuador en seis zonas sísmicas, caracterizadas por el factor de zona Z según el siguiente mapa:

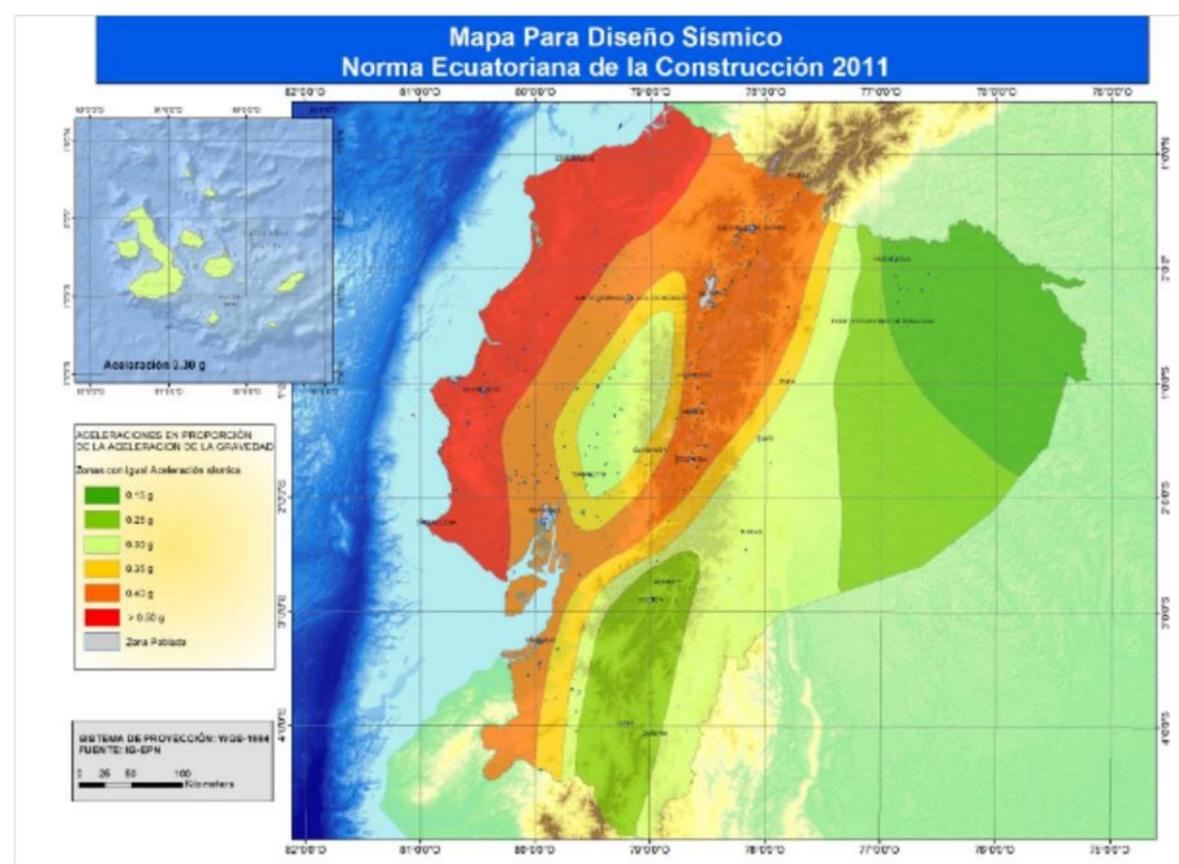


Tabla 2.1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

En el caso que nos ocupa, la ciudad de Quito se encuentra en la zona V, de **amenaza sísmica alta** y el valor de su factor Z es **0,40**.

## 5. PROYECTO DE OBRA CIVIL

### 5.1 TRAZADO DE LA VÍA

El trazado definido para la Primera Línea del Metro de Quito es subterráneo; responde a los criterios geométricos establecidos y a los condicionantes debidos a aspectos tales como:

- La demanda de movilidad
- Intermodalidad del Sistema Integrado de Transporte de Pasajeros
- La situación de las estaciones.
- Las características geotécnicas del terreno.
- Los aspectos funcionales, como facilidades de acceso desde el exterior para los usuarios del Metro, disponiendo los andenes lo más superficial posible.
- La estructura urbana.
- Los servicios públicos existentes, y
- Las actuaciones previstas en el entorno.

La Primera Línea del metro de Quito (P.L.M.Q.) discurre de sur a norte de la ciudad. Comienza junto a la actual Terminal Terrestre de Quitumbe hasta la cabecera sur del actual Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.

El trazado de la P.L.M.Q. contempla los siguientes tramos:

- Ramal de acceso a los talleres y cocheras de Quitumbe, con 590,60 m, comprendido entre el abcisado 9+409,40 y 10+000,00.



- Túnel de línea de 21,698 Km subterráneo que se encuentra entre el abcisado 10+000,00 y el 31+698,90
- Fondo de Saco en la estación El Labrador, entre el abcisado 31+698,90 y el 32+072,56.

Se ha adoptado por código, en la circulación ferroviaria, el abcisado inicial en la estación de Quitumbe de 10+000 y no el cero absoluto.

La longitud del trazado es de **22.663,17 m** desde la salida de Cocheras hasta el final del fondo de saco al final de la estación de El Labrador. En esta longitud se han diseñado hasta el momento **15 estaciones** de Metro y un sitio destinado a Talleres y Cocheras, donde además se ubicará el Puesto de Control Central de la Línea, desde donde se podrá controlar el correcto funcionamiento de la misma. Adicionalmente se han previsto 5 zonas de reserva para la ejecución futura de otras tantas estaciones, en el momento en el que la demanda así lo determine, de las cuales la ubicada en la Plaza del Teatro podrá incluirse en la construcción actualmente prevista.

La longitud operativa entre las dos estaciones extremas es de 21.698,91 metros, a los que hay que sumar los 590,60 metros del ramal de acceso Talleres y Cocheras, y 373,66 metros más del fondo de saco al final de la estación de El Labrador.

De la longitud total, el 70,99% (16.087,59 m) está previsto construirse con tuneladora, el 9,22% (2.089,77 m) se construiría en mina por el método convencional o con tuneladora, el 8,41% (1.905,46 m) se ejecutará por el método entre pantallas, el resto del túnel un 0,99% (223,41 m) serán a cielo abierto; y por último, el 10,40% (2.356,94 m) corresponden a la longitud de las estaciones.

La profundidad media de la Línea es de 22,41 metros, mientras que las estaciones se encuentran a una profundidad media de 17,60 metros. La distancia promedio de las estaciones es de 1.391,20 metros.

El trazado discurre desde la cota máxima de 2.909,66 m en la estación de Quitumbe hasta la más baja, que se encuentra en el parque de La Carolina a la cota 2.752,75 m. estos datos nos dan un desnivel máximo de la Línea de 156,91 m, y la cota media se sitúa en la 2.800,73 m.

Los nombres y ubicación de las estaciones diseñadas son los siguientes:

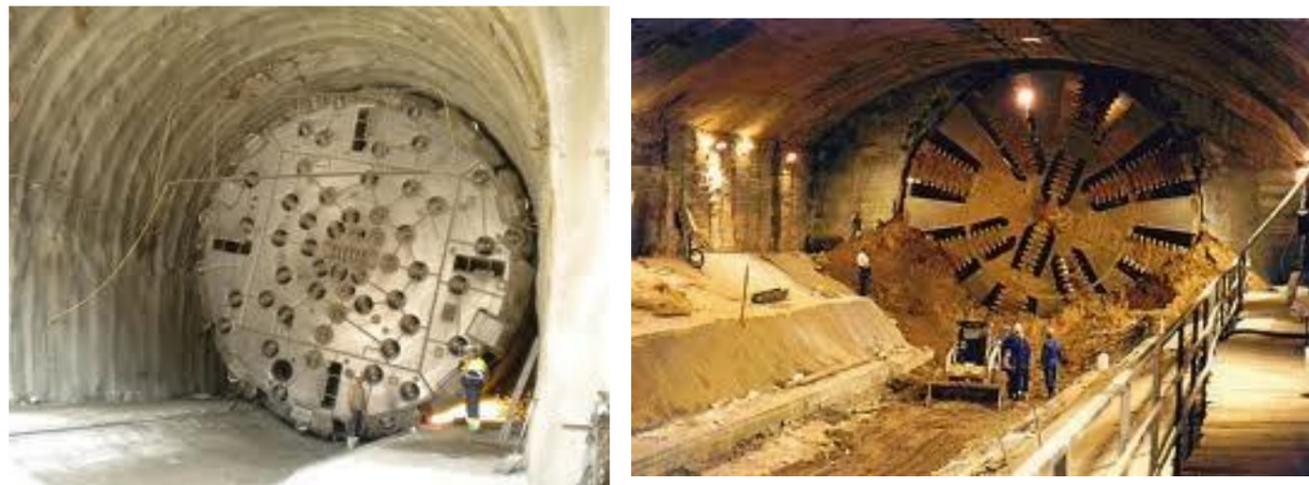
Nº Estación	NOMBRE	ABCISA inicio estación	ABCISA fin estación	ABCISA Centro Andén
E-01	QUITUMBE	10+000,000	10+140,770	10+059,350
E-01b	FUTURA ESTACIÓN (RESERVA 1)			11+303,157
E-02	MORÁN VALVERDE	11+920,352	12+102,270	12+033,247
E-02b	FUTURA ESTACIÓN (RESERVA 2)			13+106,488

Nº Estación	NOMBRE	ABCISA inicio estación	ABCISA fin estación	ABCISA Centro Andén
E-03	SOLANDA	14+094,194	14+257,379	14+185,979
E-04	EL CALZADO	15+158,950	15+315,138	15+242,341
E-05	EL RECREO	16+834,012	16+964,094	16+894,797
E-05b	FUTURA ESTACIÓN (RESERVA 3)			18+107,088
E-06	LA MAGDALENA	18+695,191	18+829,379	18+759,179
E-06b	FUTURA ESTACIÓN (RESERVA 4)			20+047,373
E-07	SAN FRANCISCO	21+397,154	21+518,054	21+456,354
E-07b	PLAZA DEL TEATRO (RESERVA 5)			22+275,586
E-08	LA ALAMEDA	23+310,633	23+469,233	23+398,083
E-09	EL EJIDO	24+202,887	24+409,087	24+303,187
E-10	UNIVERSIDAD CENTRAL	25+456,246	25+589,187	25+525,265
E-11	LA PRADERA	26+631,158	26+771,658	26+706,108
E-12	LA CAROLINA	27+559,261	27+699,011	27+624,061
E-13	IÑAQUITO	29+085,470	29+222,570	29+160,421
E-14	JIPIJAPA	30+452,735	30+591,432	30+527,885
E-15	EL LABRADOR	31+557,853	31+698,903	31+626,902

Al tratarse de una obra subterránea es necesario diseñar otros elementos para el correcto funcionamiento de la Líneas tanto desde el punto de vista de seguridad de los viajeros como de explotación. Así existen **10 salidas de emergencia**, distribuidas estratégicamente entre las estaciones para facilitar la salida de los viajeros en caso de necesidad; hay también **13 pozos de ventilación** que junto con los existentes en las propias estaciones permitirán que las condiciones de habitabilidad de la infraestructura cumpla con los estándares de confort requeridos; se han diseñado **10 pozos de bombeo** para evacuar el posible agua que pueda entrar en el túnel.

Se han previsto además tres pozos de extracción de las tuneladoras.

Las siguientes fotografías muestran el trabajo con tuneladoras y con método manual, además de una manga de extracción:



Fuente Web

## 5.2 PARÁMETROS DE DISEÑO EN PLANTA Y ALZADO

Los parámetros de trazado adoptados en el TÚNEL DE LÍNEA son los siguientes:

TRAZADO EN PLANTA TÚNEL DE LÍNEA	
Ancho de vía (medido entre bordes activos)	1.435 mm
Distancia entre ejes de carril	1.505 mm (carril 54E1)
Tipo de curva de transición	Clotoide
Velocidad máxima de circulación	100 Km/h
Peralte máximo	150 mm

TRAZADO EN PLANTA TÚNEL DE LÍNEA	
Radio mínimo	300 m
Aceleración máxima no compensada	0,65 m/s <sup>2</sup>
Aceleración máxima sin compensar del viajero	1 m/s <sup>2</sup>
Rampa máxima de peralte	Normal: 1,5 mm/m Excepcional: 2,0 mm/m
Insuficiencia de peralte	100 mm
Máxima variación del peralte en el tiempo (mm/s)	Normal: 30 mm/s Excepcional: 50 mm/s
Máxima variación de la aceleración transversal sin compensar (m/s <sup>3</sup> )	0,02 g
Longitud mínima de recta entre curvas circulares (m)	0,4 V
Longitud mínima de alineaciones de curvatura constante (m)	0,4 V
Longitud útil de andén (en recta)	115 m
TRAZADO EN ALZADO TÚNEL DE LÍNEA	
Tipo de acuerdo vertical	Parabólico
Rasante (máxima)	Máxima: 35 milésimas (excepcional cruce del Río Machángara 37 milésimas) Mínima: 0 milésimas (estaciones) 5 milésimas (túnel)
Parámetro mínimo de acuerdo vertical	3.500 (excepcional 2.000 cruce del Río Machángara)
Máxima aceleración admisible en acuerdos verticales	Normal: 0,15 Excepcional: 0,30



Los parámetros de trazado adoptados en el TÚNEL DE ACCESO A COCHERAS son los siguientes:

TRAZADO EN PLANTA TÚNEL DE ACCESO A COCHERAS	
Ancho de vía (medido entre bordes activos)	1.435 mm
Distancia entre ejes de carril	1.505 mm (carril 54E1)
Tipo de curva de transición	No se disponen
Velocidad máxima de circulación	24 Km/h
Peralte máximo	0 mm
Radio mínimo	70 m
Aceleración máxima no compensada	0,65 m/s <sup>2</sup>
TRAZADO EN ALZADO TÚNEL DE ACCESO A COCHERAS	
Tipo de acuerdo vertical	Parabólico
Rasante (milésimas)	Máxima 40 milésimas
Parámetro mínimo de acuerdo vertical	1.000
Máxima aceleración admisible en acuerdos verticales	Normal: 0,15 Excepcional: 0,30

### 5.2.1 ESTACIONES

Como ya hemos mencionado antes, el diseño de la Primera Línea del Metro de Quito cuenta con quince estaciones (15), todas ellas soterradas y con andenes laterales.

Salvo la estación de Quitumbe, inicio de línea, todas las estaciones disponen de al menos un nivel intermedio entre el de calle y la cota de andenes, en el que se organiza el vestíbulo de la estación y se distribuyen las circulaciones a ambos andenes.

A las estaciones se accede desde el exterior, nivel de calle, a través de bocas y cañones de acceso ubicados estratégicamente, adecuándose a las necesidades de la ciudad. Todas tienen al menos una entrada habilitada para PMR, y disponen de ascensor desde calle a vestíbulo y desde este a los andenes.

Las longitudes de las estaciones son las siguientes:

ESTACIÓN	LONG. (m)
E1. Quitumbe	140,77
E2. Morán Valverde	181,92
E3. Solanda	163,19
E4. El Calzado	156,19
E5. El Recreo	130,08
E6. La Magdalena	134,19
E7. San Francisco	120,90
E8. La Alameda	158,60
E9. El Ejido	206,20
E10. Universidad Central	132,94
E11. La Pradera	140,50
E12. La Carolina	139,75
E13. Iñaquito	137,10
E14. Jipijapa	138,70
E15. El Labrador	141,05
Media	148,14
Máximo	206,20
Mínimo	120,90

### 5.2.2 POZOS DE VENTILACIÓN, BOMBEO Y SALIDAS DE EMERGENCIA

Los distintos pozos, necesarios para la explotación de la infraestructura proyectada, se han distribuido a lo largo del trazado con los siguientes criterios:

#### POZOS DE VENTILACIÓN:

Se emplazan en las proximidades del punto medio entre dos estaciones. Mediante una galería de 14 metros de longitud para alojamiento de equipos, se comunica el túnel con un pozo vertical de al menos 32 m<sup>2</sup> de sección libre.



### POZOS DE BOMBEO:

Se localizan en los puntos bajos del trazado o bien en aquella zona donde, de no colocarse, el caudal recogido en el punto bajo sería tanto que obligara a crear aljibes de dimensiones excesivas. La capacidad de éstos se diseña para una hipotética parada en el funcionamiento de las bombas de 4 horas.

### SALIDAS DE EMERGENCIA:

Se disponen en interestaciones cuando la distancia entre piñones (final de andenes) es superior a 1.000 m, recomendándose una distancia entre ellas del orden de los 500 m. No se emplazan a menos de 100 m de los pozos de ventilación y se ha evitado, siempre que ha sido posible, recorridos en evacuación de más de 500 m con humos en el túnel.

Como criterio general, allí donde ha sido posible, se ha integrado en un mismo pozo la función de salida de emergencia y la de bombeo, de modo que a la vez que se economiza, se minimiza la afección en superficie

En total se han proyectado los siguientes pozos de ventilación, pozos de bombeo y salidas de emergencia:

- 13 pozos de ventilación
- 7 Pozos de bombeo
- 7 Salidas de emergencia
- 3 Salidas de emergencia y pozos de bombeo

A continuación presentamos una tabla con la ubicación de estos puntos singulares.

NOMBRE		Abcisa inicio	Abcisa Final
JET Ventilación	1	9+750,000	
<b>QUITUMBE</b>	<b>E-01</b>	<b>10+000,000</b>	<b>10+140,770</b>
JET Ventilación	2	10+610,000	
JET Ventilación	3	11+020,000	
Pozo EXTRACCIÓN	1	11+020,000	
Salida EMERGENCIA	1	11+390,000	

NOMBRE		Abcisa inicio	Abcisa Final
<b>MORÁN VALVERDE</b>	<b>E-02</b>	<b>11+920,350</b>	<b>12+102,270</b>
Pozo BOMBEO	1	11+960,000	
Salida EMERGENCIA	2	12+620,000	
Pozo VENTILACIÓN	1	13+020,000	
Salida EMERGENCIA	3	13+680,000	
<b>SOLANDA</b>	<b>E-03</b>	<b>14+094,190</b>	<b>14+257,380</b>
Pozo BOMBEO	2	14+250,000	
Pozo VENTILACIÓN	2	14+660,000	
<b>EL CALZADO</b>	<b>E-04</b>	<b>15+158,950</b>	<b>15+315,140</b>
Pozo VENTILACIÓN	3	16+030,000	
Salida EMERGENCIA	4	16+220,000	
Pozo BOMBEO	3	16+220,000	
<b>EL RECREO</b>	<b>E-05</b>	<b>16+834,010</b>	<b>16+964,090</b>
Pozo VENTILACIÓN	4	17+470,000	
Salida EMERGENCIA	5	18+080,000	
Pozo BOMBEO	4	18+500,000	
<b>LA MAGDALENA</b>	<b>E-06</b>	<b>18+695,190</b>	<b>18+829,380</b>
Salida EMERGENCIA	6	19+190,000	
Pozo VENTILACIÓN	5	20+000,000	
Pozo EXTRACCIÓN	2	20+000,000	
Salida EMERGENCIA	7	20+860,000	

NOMBRE		Abcisa inicio	Abcisa Final
Intercambiador 24 de Mayo		21+124,250	21+156,430
Acceso Santa Clara		21+254,200	21+292,560
Pozo BOMBEO	5	21+290,000	
<b>SAN FRANCISCO</b>	<b>E-07</b>	<b>21+397,150</b>	<b>21+518,050</b>
Salida EMERGENCIA	8	22+300,000	
Pozo BOMBEO	6	22+300,000	
Pozo EXTRACCIÓN	3	22+300,000	
Pozo VENTILACIÓN	6	22+720,000	
<b>LA ALAMEDA</b>	<b>E-08</b>	<b>23+310,630</b>	<b>23+469,230</b>
Pozo VENTILACIÓN	7	23+840,000	
<b>EL EJIDO</b>	<b>E-09</b>	<b>24+202,890</b>	24+409,090
Pozo BOMBEO	7	24+210,000	
Pozo VENTILACIÓN	8	25+000,000	
<b>UNIVERSIDAD CENTRAL</b>	<b>E-10</b>	<b>25+456,250</b>	<b>25+589,190</b>
<b>LA PRADERA</b>	<b>E-11</b>	<b>26+631,160</b>	<b>26+771,660</b>
Pozo VENTILACIÓN	9	26+920,000	
Pozo VENTILACIÓN	10	27+140,000	
<b>LA CAROLINA</b>	<b>E-12</b>	<b>27+559,260</b>	<b>27+699,010</b>
Pozo BOMBEO	8	27+990,000	
Salida EMERGENCIA	9	28+330,000	
Pozo VENTILACIÓN	11	28+480,000	

NOMBRE		Abcisa inicio	Abcisa Final
<b>IÑAQUITO</b>	<b>E-13</b>	<b>29+085,470</b>	<b>29+222,570</b>
Salida EMERGENCIA	10	29+740,000	
Pozo BOMBEO	9	29+740,000	
Pozo VENTILACIÓN	12	29+840,000	
<b>JIPIJAPA</b>	<b>E-14</b>	<b>30+452,740</b>	<b>30+591,430</b>
Pozo VENTILACIÓN	13	30+950,000	
<b>EL LABRADOR</b>	<b>E-15</b>	<b>31+557,850</b>	<b>31+698,900</b>
Pozo BOMBEO	10	31+800,000	

### 5.2.3 TALLERES Y COCHERAS

La ubicación de los talleres y cocheras de la Primera Línea del Metro de Quito está condicionada por requisitos urbanísticos y técnicos que obligan tanto su situación como su disposición en planta. El área de actuación de los talleres y cocheras comprende una superficie de 119.898 m<sup>2</sup>. El área de ocupación se muestra en la siguiente figura:





El trazado se encuentra muy condicionado por el propio entorno. La parcela a ocupar está delimitada por la Quebrada Ortega, la Quebrada Sanchay y las viviendas existentes tanto al Norte como al Sur, por lo que el espacio disponible es muy rígido. Topográficamente forma una ladera que conserva la cobertura natural y que varía entre los niveles +2913 y +2.933.

La forma de la parcela también es un condicionante importante, ya que aunque es larga, la anchura es muy reducida, por lo que las propias edificaciones de las cocheras han tenido que adaptarse a dicha disposición, sensiblemente en dirección Noreste-Suroeste, ocupando toda la anchura disponible.

En cuanto al trazado en planta de las vías está condicionado por la orientación de las naves de cocheras.

Tras el cruce del ramal de acceso a cocheras con la Quebrada Ortega se dispone la bretelle a partir de la cual arrancan dos haces de vías que permite la distribución de la circulación:

- El primero de los haces, mediante desvíos sucesivos se abre hasta llegar a las 12 vías de estacionamiento, a la vía de torno y a la vía de pruebas.
- El segundo de los haces, distribuye a las cuatro vías de mantenimiento, a las dos vías de revisión de ciclo largo, al área de mecánica, a las naves de lavado y soplado y al muelle de carga y nave de dresinas.

La playa de vías se forma en una plataforma con pendiente constante y horizontal a cota 2.924 metros.

La cota de dicha plataforma viene condicionada por los siguientes puntos:

- Estación de Quitumbe, primera estación de la línea, la cual se proyecta a la cota 2.909,66 metros.
- Trazado del ramal de acceso a cocheras, el cual conecta la Estación de Quitumbe con la playa de vías. Tanto el desarrollo en planta como en alzado está limitado por el espacio disponible siendo la pendiente máxima de 36,5 milésimas.
- Cruce de la Quebrada Ortega. La rasante del ramal permite el cruce de la Quebrada Ortega sobre la misma. La cota del fondo del cauce es 2.921,845 metros y la cota de carril, tal y como se ha comentado, es la 2.924 metros. Para salvar dicho cauce se prolongará la obra de drenaje existente bajo la Avenida de Huayanay Ñan de tal forma que no se afecte al curso de agua. La cota 2.924 es la mínima que permite el cruce de la Quebrada y así no elevar sobremanera la altura de los terraplenes a realizar en la explanada. La posibilidad de cruzar la Quebrada en túnel se descarta ya que esto supondría el cruce de la misma a la cota 2.915 y que la práctica totalidad de la plataforma se diseñara en desmonte bajo la capa del nivel freático, por lo que asegurar un perfecto drenaje durante la vida útil de las instalaciones se considera inviable técnica y económicamente.
- La Bretelle de acceso a cocheras se dispone en el inicio de la playa de vías, para la cual se reserva una alineación recta de 60 metros de longitud.

El trazado de la playa de vías se ve condicionado por los interejos entre las distintas vías y las distancias mínimas de las vías a los paramentos, pilares o cualquier elemento de la estructura de las naves.

La separación de las distintas vías se consigue, como se ha indicado, a partir de las dos vías principales, mediante la aplicación de sucesivos desvíos.

## 5.3 SUPERESTRUCTURA

La superestructura a disponer en la instalación de talleres y cocheras del Metro de Quito se divide en dos zonas: la playa de vías que comienza en la bretelle de entrada a la playa de vías situada en el P.K. 9+409,40 donde se sitúan todos los aparatos de maniobra y por otro lado los talleres y cocheras. En su diseño se han considerado: la permeabilidad de la instalación, la economía, el mantenimiento, la explanada y el material de la explanación. Forman parte de la superestructura los diferentes aparatos de maniobra a situar en la playa de vías.

### 5.3.1 PLAYA DE VÍAS.

Esta zona se caracteriza por la existencia de gran número de aparatos de maniobra y radios muy pequeños que originan velocidades de circulación muy bajas. Por criterios de mantenimiento se fija la necesidad de diseñar una superestructura de vía en balasto, gracias a la que se permitirá, en caso de ser necesario, la sustitución de un aparato averiado rápidamente sin necesidad de cortar al tráfico por un periodo largo de tiempo la instalación. Dado que todo el túnel de la línea 1 del Metro de Quito se proyecta con vía en placa, la existencia de una única zona con superestructura en balasto hace que ésta se diseñe con unos estándares más restrictivos, fijándose como principal criterio la reducción en todo lo posible del mantenimiento de ésta. De forma que no es necesario un mantenimiento de la vía en balasto con mayor frecuencia que el del resto de la línea.

Se adopta un espesor de capa de forma de 60 centímetros, una capa de subbalasto de 30 centímetros y un espesor mínimo de balasto bajo la cara inferior de la traviesa de 35 centímetros.

El carril será el mismo que en el resto de la línea UIC-54 y la traviesa a colocar será monobloque de ancho UIC.

### 5.3.2 ZONA DE TALLERES Y COCHERAS.

Presenta una superestructura diferente en función del uso al que se destine la vía distinguiéndose estos tipos:

- Carril enrasado con solera. Este tipo de superestructura se caracteriza por tener la cabeza del carril enrasada con la solera exterior que le rodea y rebajada hasta la cota inferior de la cabeza interiormente. El anclaje del carril al hormigón se realizará gracias a la inserción de un cupón de carril de 54 Kg/m, de 42 centímetros de longitud, soldado al carril a modo de traviesa cada metro.



- Carril enrasado con solera y cajeo para paso de rueda, superestructura similar a la anterior pero dotada de un cajeo para el paso de las ruedas, el cajeo se ejecutará mediante la inserción de un perfil metálico L.40.40 a la altura de la cabeza del carril. La solera apoya sobre la losa de cimentación de la nave.
- Vía en foso. Son vías dispuestas en un foso entre los carriles para facilitar el mantenimiento de las unidades de metro. El apoyo entre carril y estructura de hormigón del foso se realizará mediante un perfil metálico HEB-220, entre ambos se colocará una banda de neopreno Trackelast FC-9 de 4,5 mm de espesor. Se colocarán sujeciones cada metro a ambos lados del perfil, estas sujeciones parten de una grapa Stedef unida al perfil mediante tornillos en vez de los tirafondos empleados en las traviesas estándar.
- Vía sobre estructura metálica. Es un tipo de superestructura utilizada también en fosos, donde el carril se apoya de manera continua (salvo las zonas de paso de hombre) sobre un perfil HEB 240, a su vez apoyado en pilares del tipo HEB 260, convenientemente distribuidos a lo largo del foso.
- Vía sobre tacos rígidos. Superestructura adoptada en las vías de estacionamiento, que se caracteriza por la colocación, sobre la losa de hormigón de la cimentación de la nave, de la propia losa de hormigón de la vía en placa, y una serie de tacos rígidos de hormigón embebidos en esta losa.

Estos tacos se situarán enfrentados uno a otro con una separación entre ellas de 1 metro de distancia, embebidos en una losa de hormigón de 30 centímetros de espesor, que se dispone sobre la losa de cimentación de la nave. El hormigón a emplear será FC - 25 MPA.

En el siguiente cuadro se indican los diferentes tipos de superestructura a emplear en cada una de las vías de talleres.

VÍA	USO	SUPERESTRUCTURA
Vía 1	Nave de dresinas/instalaciones fijas	Carril enrasado en solera
Vía 2	Nave de dresinas/instalaciones fijas	Carril enrasado en solera y foso
Vía 3	Vía de lavado	Carril enrasado en solera
Vía 4	Vía de soplado	Vía en foso sobre estructura metálica
Vía 5	Vía de mantenimiento	Vía en foso sobre estructura metálica
Vía 6	Vía de mantenimiento	Vía en foso sobre estructura metálica
Vía 7	Vía de mantenimiento	Vía en foso sobre estructura metálica

VÍA	USO	SUPERESTRUCTURA
Vía 8	Vía de mantenimiento	Vía en foso sobre estructura metálica
Vía 9	Área mecánica	Carril enrasado en solera
Vía 10	Vías RCL	Carril enrasado en solera
Vía 11	Vías RCL	Carril enrasado en solera y foso
Vía 12	Vías de estacionamiento	Vía sobre tacos rígidos de hormigón
Vía 13	Vías de estacionamiento	Vía sobre tacos rígidos de hormigón
Vía 14	Vías de estacionamiento	Vía sobre tacos rígidos de hormigón
Vía 15	Vías de estacionamiento	Vía sobre tacos rígidos de hormigón
Vía 16	Vías de estacionamiento	Vía sobre tacos rígidos de hormigón

### 5.3.3 APARATOS DE MANIOBRA

Se distinguen dos aparatos de vía:

- Bretelle de matrícula DDI-C-UIC54-154-1/8,5-CR-3385 para colocación sobre balasto, ésta se localiza al inicio de la playa de vías.
- Desvíos de matrícula DSI-A-UIC54-100-0,20-CC-D/I para colocación sobre balasto.

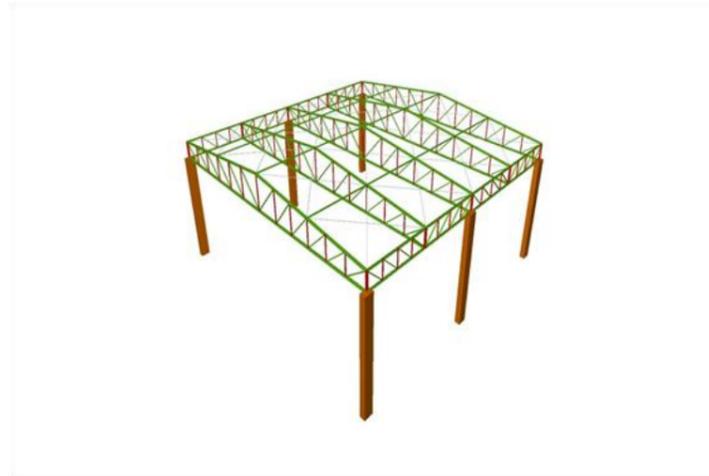
## 5.4 ESTRUCTURAS

Las principales estructuras son la nave que albergará los talleres, las cocheras y las oficinas, la subestación eléctrica, el edificio de control de accesos, los muros de contención de tierras y el marco de la obra de drenaje.

### 5.4.1 NAVE DE TALLERES Y COCHERAS

La nave de talleres, cocheras y oficinas tiene una superficie en planta de 27.100 m<sup>2</sup> de los que 935 m<sup>2</sup> se corresponden con las oficinas. Debido a sus grandes dimensiones, la nave se ha diseñado mediante módulos diáfanos independientes siempre inferiores a 30x30 m.

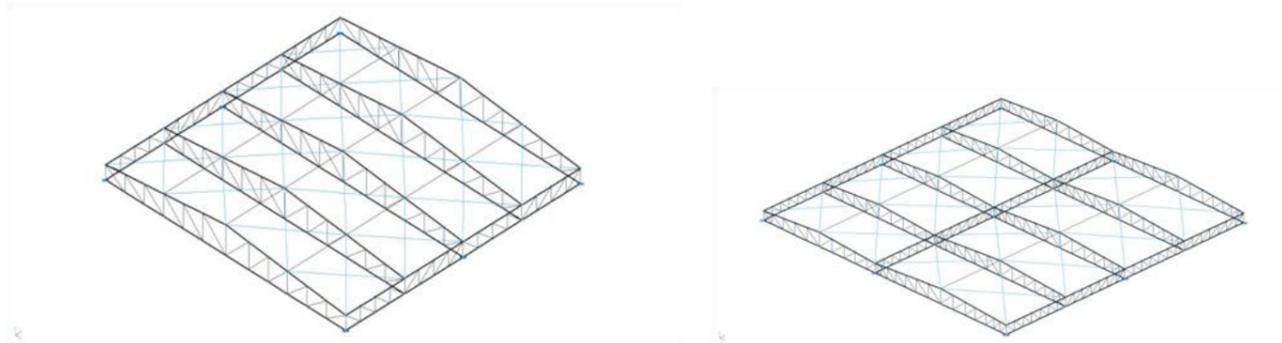
En las zonas de talleres y cocheras, estos módulos están compuestos por una cubierta metálica ligera de cerchas apoyada en columnas de hormigón armado de dimensiones 0,60x1,00 m.



La estructura de la cubierta está formada por un conjunto de 5 cerchas principales dispuestas cada 7,25 m en el sentido transversal a los ejes de las vías del metro, siendo las encargadas de dar forma a las dos aguas de la cubierta de cada módulo. Estas cerchas están unidas en sus extremos mediante cerchas planas. Sobre las cerchas principales descansan las correas que soportan los paneles de cubierta. Se dispone un arriostramiento mediante cruces de San Andrés en los planos de cubierta.

Las cerchas están formadas por perfiles UPN soldados por los extremos de sus alas para formar cajones metálicos, las correas son perfiles abiertos IPE-220 dispuestos cada 2,50 m, y los arriostramientos en forma de cruz de San Andrés están formados por perfiles angulares L40.40.4.

Las luces a salvar por las cerchas metálicas son 29,70 m, 27,60 m, 22,00 m, 16,00 m y 9,45 m, y también hay 2 grupos de módulos con cerchas dobles que salvan luces de 16,00+13,60 m, y 13,00+11,30 m.



Las cerchas de los módulos están apoyadas en las columnas de hormigón mediante placas de anclaje metálicas.

Las columnas están agrupadas en módulos independientes de dimensiones:

- Módulo de 29,70 x 29,00 m con 6 columnas
- Módulo de 29,70 x 24,50 m con 6 columnas
- Módulo de 27,60 x 29,00 m con 6 columnas
- Módulo de 27,60x 24,50 m final con 6 columnas
- Módulo de 22,00 x 29,00 m con 6 columnas y puentes grúa de 10 t y 5 t
- Módulo de 16,00 x 29,00 m con 6 columnas y puentes grúa de 10 t
- Módulo de 16,00 x 14,50 m con 4 columnas y puentes grúa de 2 t
- Módulo de 9,45 x 14,50 m con 4 columnas de dimensiones 0,60 x 0,80 m
- Módulo de (13,60 + 16,00 m) x 29,00 con 9 columnas y puentes grúa de 10 t
- Módulo de (13,60 + 16,00 m) x 24,50 m con 9 columnas y puentes grúa de 10 t
- Módulo de (11,30 + 13,00 m) x 29,00 m con 9 columnas
- Módulo de (11,30 + 13,00 m) x 14,50 m con 6 columnas

Para el apoyo de los puentes grúa se han diseñado ménsulas cortas de hormigón armado.

Los módulos se han diseñado con cimentación profunda mediante encepados de pilotes de 0,85 m de diámetro.

Para la formación de las fachadas de la nave se ha diseñado una subestructura metálica para sostener los paneles de fachada mediante columnas HEB-220 y vigas HEB-320 y HEB-220.

Dentro de la nave, en las vías de soplado, mantenimiento y cocheras se han diseñado varias pasarelas y plataformas metálicas para el acceso del personal de mantenimiento al material móvil.

#### 5.4.2 MÓDULO DE OFICINAS

Dentro de la nave de talleres y cocheras se encuentra el edificio de oficinas. Es un edificio de planta regular en forma de "L" de dos plantas, estructura porticada de hormigón armado con forjados de losas macizas y vigas descolgadas (de canto).



Las dimensiones de los principales elementos estructurales son:

- Las columnas de la planta primera son cuadradas de dimensiones 0,50 x 0,50 m y 0,40 x 0,40 m.
- Las columnas de la planta segunda son cuadradas de dimensiones 0,40 x 0,40 m.
- La losa que forma la solera de la planta primera es de 0,25 m de espesor.
- La losa que forma el forjado de la planta segunda es de 0,30 m de espesor.
- La losa que forma el forjado de la cubierta es de 0,25 m de espesor.
- Las vigas de la planta segunda y la cubierta son de 1,00 m de canto.

El edificio se encuentra dividido en tres módulos independientes duplicando columnas y separando los forjados con juntas de dilatación.

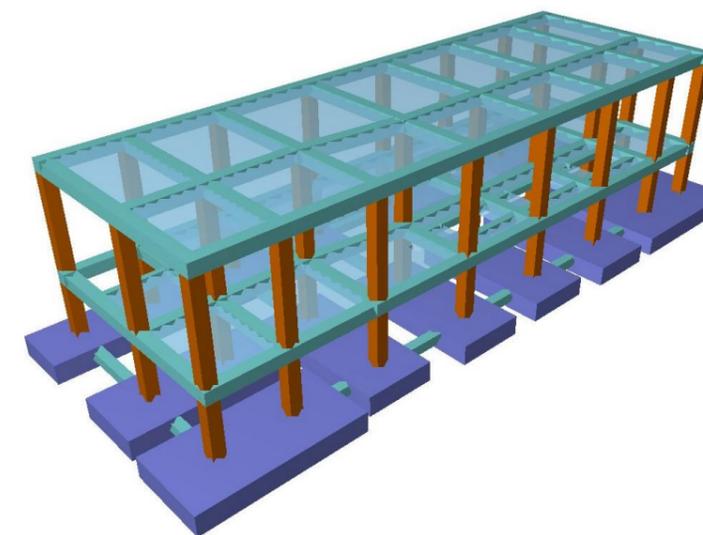
### 5.4.3 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

La subestación eléctrica se sitúa junto a la senda de la quebrada Ortega y exenta de la nave de talleres y cocheras.

Es un edificio rectangular de dos plantas de dimensiones 11,45 x 32,75 m, de estructura porticada de hormigón armado con forjados a las cotas +2,90 m y +8,15 m.

Las dimensiones de los principales elementos estructurales son:

- 24 columnas cuadradas de dimensiones 0,60 x 0,60 m.
- Losa maciza (planta de cableado) que forma la solera de espesor 0,25 m.
- Losa maciza (planta de equipos) que forma el forjado de la segunda planta espesor 0,40 m de espesor.
- Losa maciza que forma el forjado cubierta de espesor 0,25 m.
- Vigas de 0,60 m de canto en la segunda planta y la cubierta.
- Cimentación directa con zapatas aisladas y combinadas de 1,00 m de canto, arriostradas en dos direcciones ortogonales con vigas de atado de sección 0,50x0,50m.



### 5.4.4 EDIFICIO DE CONTROL DE ACCESOS

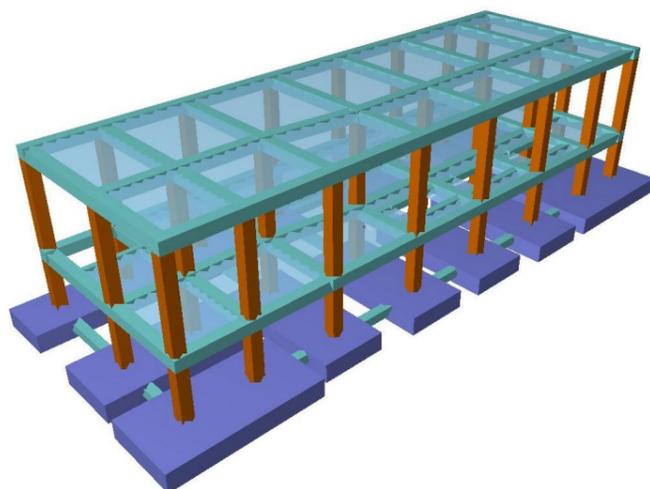
El edificio de control de accesos se encuentra exento de la nave de talleres y cocheras y está situado junto a la entrada al recinto del depósito.

El edificio es rectangular de una planta de dimensiones 5,60 x 11,85 m con el extremo del ventanal de vigilancia en voladizo formando una ligera semicircunferencia.

La estructura es porticada de hormigón armado con el forjado de cubierta a la cota +3,50 m.

Las dimensiones de los principales elementos estructurales son:

- 6 columnas cuadradas de dimensiones 0,40 x 0,40 m.
- Losa maciza que forma la solera de la planta primera de espesor 0,25 m.
- Losa maciza que forma el forjado de la cubierta de espesor 0,30 m.
- Vigas de 0,60 m de canto en los pórticos de la cubierta.
- Cimentación directa con zapatas aisladas de 1,00 m de canto, arriostradas en dos direcciones ortogonales con vigas de atado de sección 0,40 x 0,40 m.



#### 5.4.5 EDIFICIO DE CONTROL DE ACCESOS

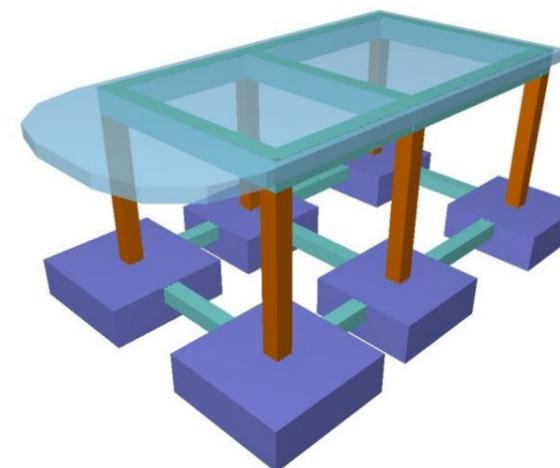
El edificio de control de accesos se encuentra exento de la nave de talleres y cocheras y está situado junto a la entrada al recinto del depósito.

El edificio es rectangular de una planta de dimensiones 5,60 x 11,85 m con el extremo del ventanal de vigilancia en voladizo formando una ligera semicircunferencia.

La estructura es porticada de hormigón armado con el forjado de cubierta a la cota +3,50 m.

Las dimensiones de los principales elementos estructurales son:

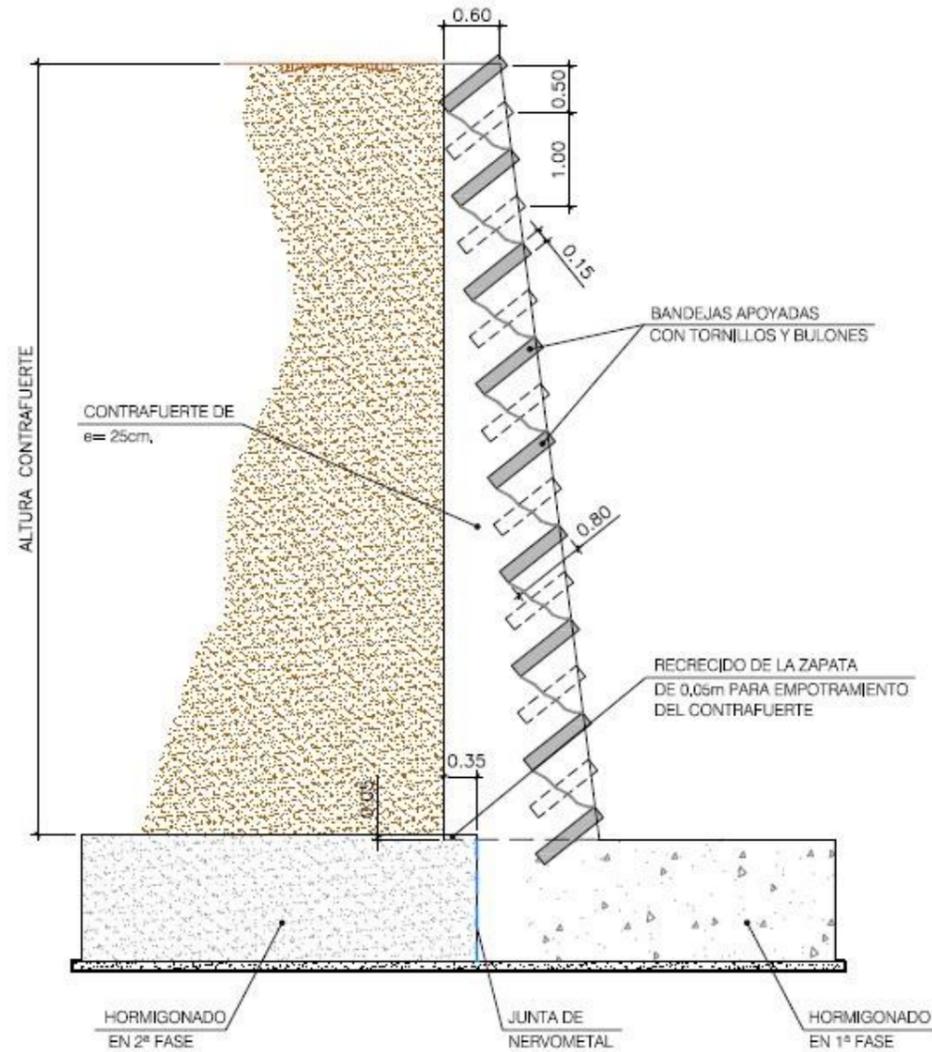
- 6 columnas cuadradas de dimensiones 0,40 x 0,40 m.
- Losa maciza que forma la solera de la planta primera de espesor 0,25 m.
- Losa maciza que forma el forjado de la cubierta de espesor 0,30 m.
- Vigas de 0,60 m de canto en los pórticos de la cubierta.
- Cimentación directa con zapatas aisladas de 1,00 m de canto, arriostradas en dos direcciones ortogonales con vigas de atado de sección 0,40 x 0,40 m.



#### 5.4.6 MUROS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS

En el proyecto se han diseñado dos muros de contención de tierras, tal como se muestra en la figura más adelante.

El denominado muro 1 se sitúa junto a la urbanización Camino del Inca y se ha diseñado para contener el derrame de tierras generado por la extensión del material de relleno necesario para situar la explanación del depósito a la cota +2924 m. Se trata de un muro tipo jardinera de hormigón armado prefabricado de 146,80 m de longitud y 7 m de altura sobre la cota del terreno. El diseño de las piezas es muy sencillo y consta de contrafuertes de 0,25 m de espesor dispuestos cada 2,45 m unidos por bandejas rectangulares de 0,80 x 2,20 m. Los contrafuertes apoyan en una zapata corrida de hormigón armado in situ de 8,00 m de ancho y 1,30 m de canto.



El denominado muro 2 se sitúa junto a senda que discurre paralela a la quebrada Ortega. Se trata de un clásico muro de hormigón armado tipo ménsula de longitud 104,25 m.

Se han diseñado tres secciones de cálculo diferentes adaptadas a la altura de tierras a contener:

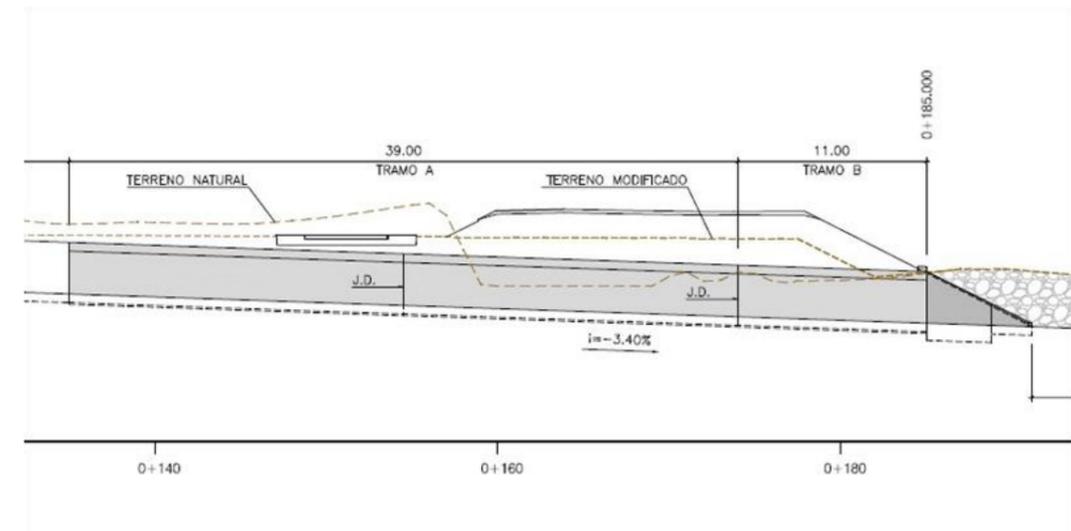
Sección	Altura de tierras max.	Espesor del alzado	Ancho de zapata	Espesor de zapata	Longitud
Tipo 1	1,20 m	0,30 m	2,05 m	0,50 m	18,90 m
Tipo 2	2,00 m	0,30 m	3,30 m	0,60 m	80,35 m
Tipo 3	3,00 m	0,30 m	4,00 m	1,00 m	5,00 m

### 5.4.7 MARCO PARA LA OBRA DE DRENAJE OF1

En el proyecto, con el fin de ampliar la obra de drenaje existente junto al acceso al depósito, se ha diseñado un marco o cajón de 50 m de longitud y dimensiones libres interiores 3,00x2,50 m.

Se han calculado dos secciones tipo en función del espesor de tierras sobre el dintel:

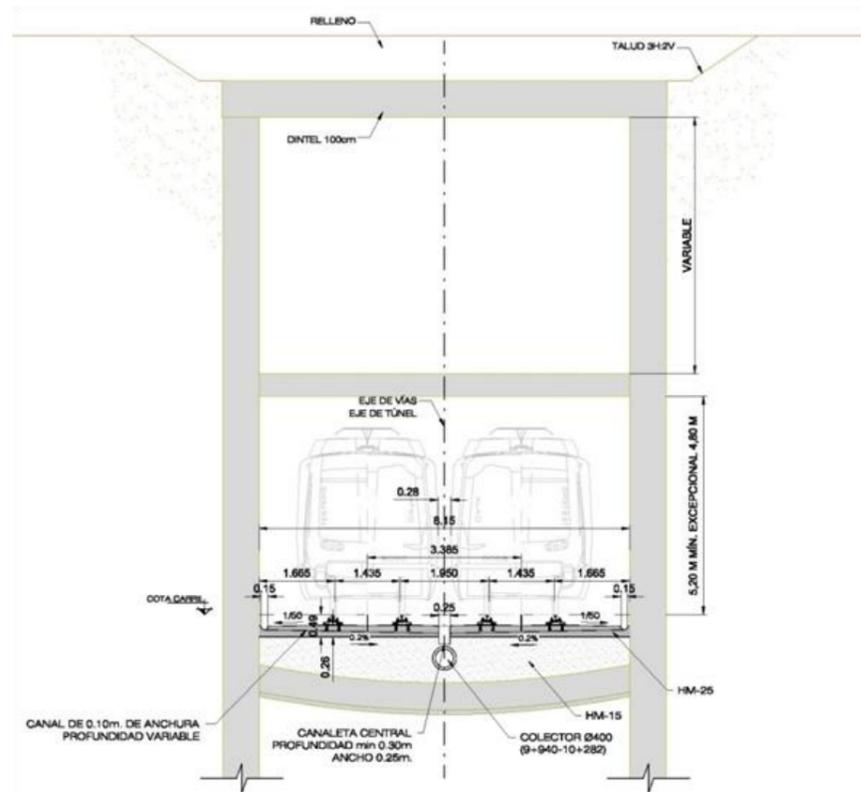
Sección	Espesor de Hastiales	Espesor del dintel	Ancho de zapata	Espesor de zapata	Longitud
Tramo A	0,30 m	0,50 m	5,70 m	0,50 m	39,00 m
Tramo B	0,35 m	0,50 m	7,80 m	0,60 m	11,00 m



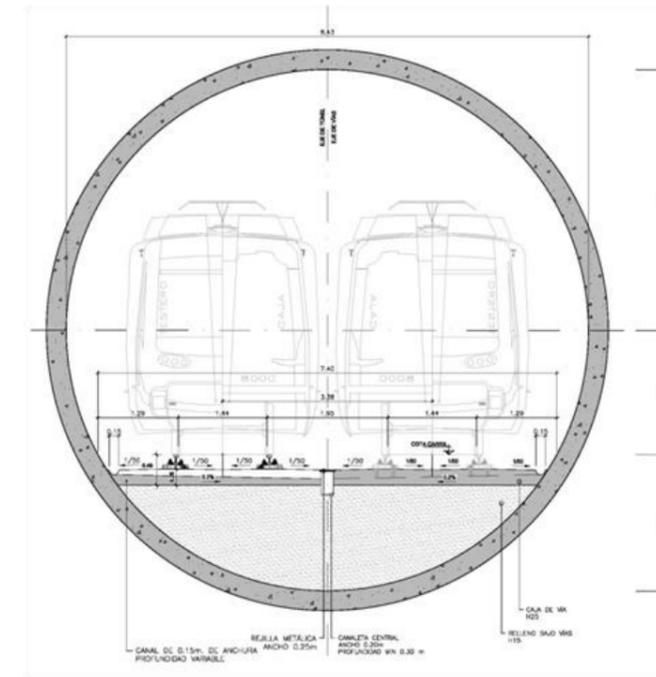
### 5.4.8 TÚNEL DE LÍNEA

Los sistemas constructivos definidos para la ejecución del túnel son:

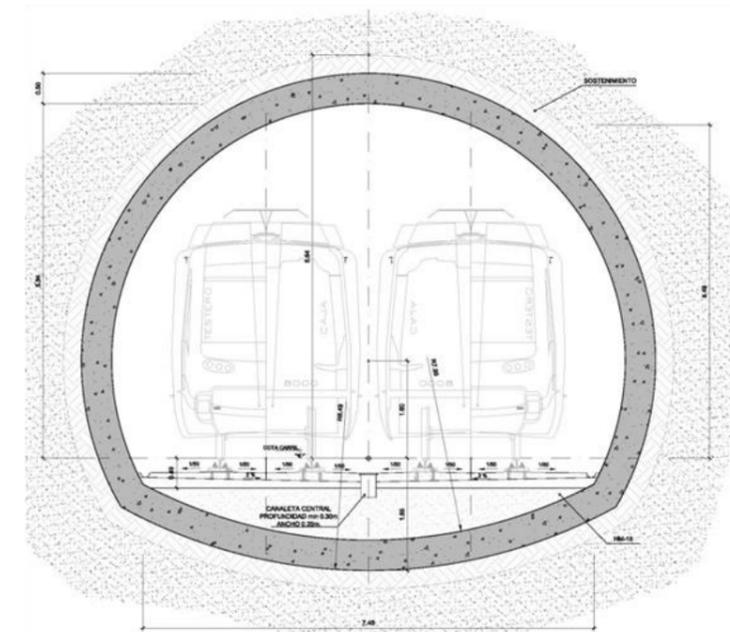
- **Túnel entre pantallas.** Los tramos de túnel ejecutados entre pantallas se han proyectado con un gálibo horizontal de 8,15 m y vertical mínimo de 5,20 m medido desde cota de cabeza de carril (excepcionalmente 4,80 m). Con este sistema se ejecuta parte del túnel de acceso a las cocheras de Quitumbe y el túnel de línea entre la Estación de Quitumbe y el Pozo de extracción situado en el PK 11+020 y el túnel de línea entre la Estación de Morán Valverde y el PK 12+400.

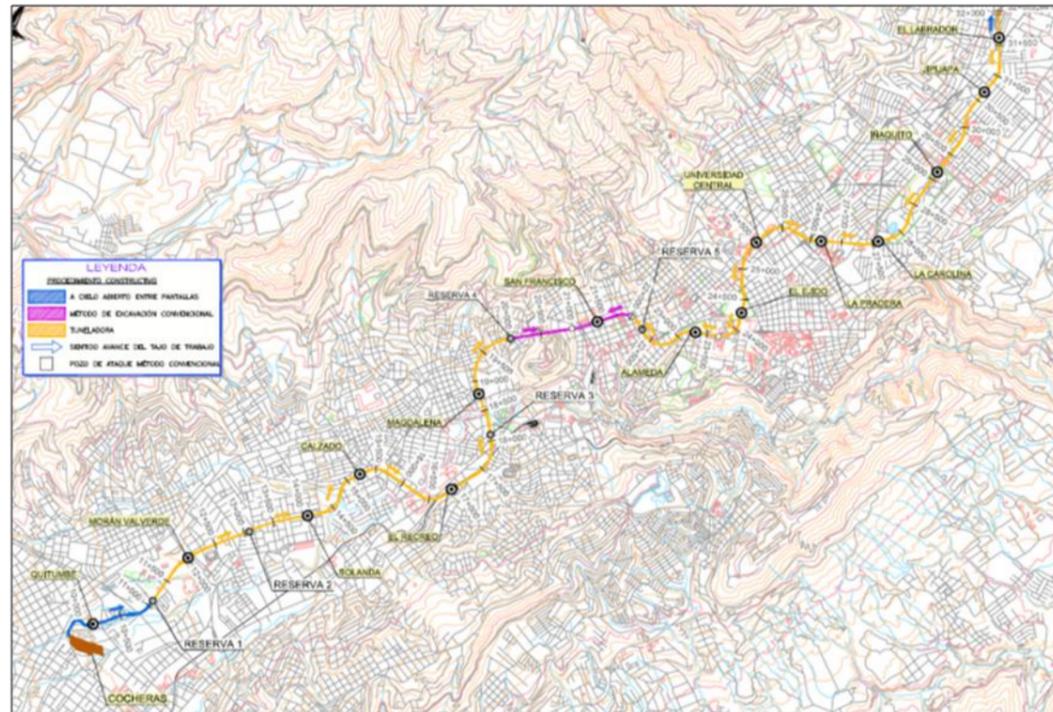


- **Tuneladora tipo EPB.** El túnel con tuneladora se ha planteado con el diámetro  $\varnothing$  exterior: 9,37 m, y sección libre: 8,43 m. Está previsto el uso de tres tramos mediante tuneladora. Dos tramos parten de la Estación de Solanda el primero hacia el pozo de extracción situado en el PK 11+020 y el segundo hacia el pozo de extracción del PK 20+000. El tercer tramo de tuneladora va desde la Estación de El Labrador hasta el pozo de extracción situado en el PK 22+300 (situado en la Plaza del Teatro entre las Estaciones de San Francisco y La Alameda).



- **Túnel excavado por Métodos Secuenciales.** Presenta 5,84 m interiores medidos desde la cota de cabeza de carril a la cara inferior de la bóveda y un ancho de 8,45 m medidos a nivel de caja de vía. Este sistema constructivo se emplea desde el pozo de extracción situado en el PK 20+000 (entre las estaciones de La Magdalena y San Francisco) hasta el pozo de extracción PK 22+300 (situado entre las Estaciones de San Francisco y La Alameda).





## 5.5 INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

### 5.5.1 INTRODUCCIÓN

Instalaciones incluidas en el proyecto de obra civil son:

#### Eléctricas

- Iluminación: de estaciones, túnel y pozos (salidas de emergencia y pozos de bombeo). Se definen tres tipos independientes:
  - Alumbrado normal.
  - Alumbrado de socorro.
  - Alumbrado de emergencia.
- Instalación de fuerza. La instalación de fuerza consiste principalmente en una red de puntos de fuerza (tomadas de corriente, trifásica y monofásica) distribuidos por las estaciones, túnel y pozos (salidas de emergencia y pozos de bombeo).

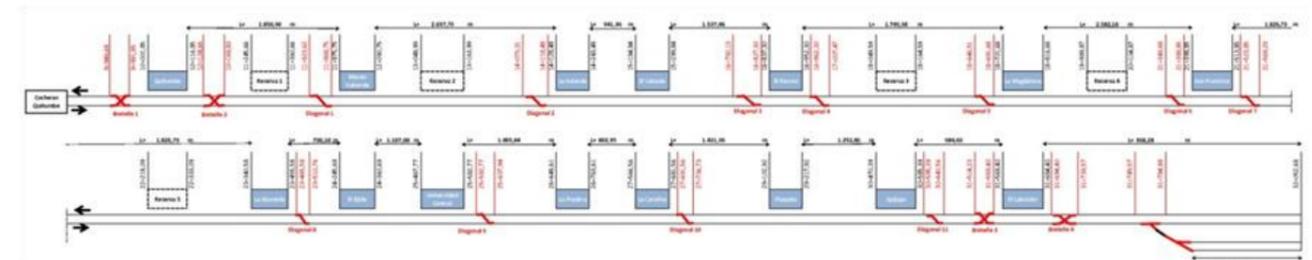
- Instalación de puesta a tierra. La instalación de puesta a tierra se realiza mediante una toma de tierra única (malla general de tierras) en cada estación.

#### Mecánicas

- Fontanería: abasteciendo de agua potable a la estación.
- Saneamiento de las estaciones, tanto de aguas fecales como pluviales.
- Bombes de drenaje en túnel.
- Bombes de fecales en estaciones.
- Ventilación.
- Red de protección contra incendios (arquetas de columna seca)
- Redes de ventilación / extracción.
- Dispositivo de apertura del portón de salida al exterior.

### 5.5.2 APARATOS DE VÍA

En total se proyectan 4 bretelles (dobles diagonales), 11 diagonales y 2 desvíos según el esquema siguiente



## 5.6 PROYECTOS DE INSTALACIONES

En la definición de las instalaciones ferroviarias necesarias para la línea 1 del Metro de Quito se proponen sistemas tecnológicamente de punta, con criterios de minimización de consumo de energía y con filosofías de disponibilidad, confiabilidad y seguridad acordes con un sistema de transporte metropolitano.

A la hora de optar por las distintas soluciones tecnológicas, se ha tenido muy en cuenta la peculiar localización de la ciudad de Quito y el riesgo de actividad sísmica existente; aplicando soluciones de detección y actuación activa o pasiva encaminadas a la protección de los usuarios y las instalaciones.



El trazado propuesto para la Línea 1 del Metro de Quito, se desarrolla en su totalidad en subterráneo, por lo que las afectaciones u ocupaciones permanentes que las instalaciones tienen del entorno son mínimas. En el caso de las instalaciones de ascensores, se hace necesario disponer de un templete en superficie para los equipos que salvan el desnivel entre la cota de calle y el vestíbulo. A fin de minimizar el impacto visual de dichos elementos, los acabados del templete de calle se realizarán con diseños y acabados en vidrio. En el caso de las ventosas de ventilación, se finalizarán con acabados enrasados en el terreno y disponiendo en pozos de los elementos silenciadores oportunos para minimizar ruidos y vibraciones.

## 5.7 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS QUE COMPONEN LOS PROYECTOS DE INSTALACIONES:

### 5.7.1 SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA

#### a) Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo el suministro, montaje y posterior implantación del sistema de señalización ferroviaria, Control Automático de Tren (A.T.C.) y Supervisión Automática de Tren (A.T.S.) para la línea 1 del METRO DE QUITO; todo esto relativo tanto a las instalaciones fijas como para los equipos embarcados.

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

Con objeto de aumentar la flexibilidad de la operación, en condiciones normales o ante averías en la instalación fija y/o en el Material Móvil, se dotará a la línea con aparatos de vía para maniobra de cambio de vía (diagonales) distribuidos a lo largo de la línea ó bien aparatos para maniobrar en todos los sentidos de circulación en terminales (bretelles).

Teniendo en cuenta las características de crecimiento futuro, se ha dispuesto que la línea deberá explotarse con un sistema de Operación Semiautomática de Tren, tipo GOA 2 (según norma EN 62290-1) que incorpore un modo de Operación Automática de Tren (A.T.O.) que realizará las funciones de conducción y parada en estación a partir de la orden de salida establecida por el conductor.

#### b) Características Generales del Proyecto

El sistema objeto del Proyecto está abierto a diversas tecnologías que, cumpliendo los requerimientos funcionales solicitados al mismo, se adapten mejor a las características de la infraestructura de la línea, intervalo de explotación, composición de los trenes, condiciones ambientales, velocidad comercial, regulación de las circulaciones y operatividad de la línea. Constará de los tres subsistemas siguientes:

- Subsistema de señalización de respaldo en línea y talleres. Constituido por los enclavamientos y el equipamiento de vía, será el encargado de garantizar la seguridad, en la realización, control y supervisión de los itinerarios, así como localizar los vehículos tanto en línea como en Depósito. Se han definido un total de cinco enclavamientos principales para el control de las instalaciones (cuatro en la línea y uno para control del Depósito). Cada enclavamiento de línea abarcará una extensión media de 5,5 Km. y 5 estaciones, teniendo en cuenta el previsible aumento futuro del número de estaciones. Los enclavamientos principales situados en línea se complementarán con los enclavamientos auxiliares necesarios, basados en controladores de objetos, para adaptarse a las características del sistema ofertado (el equipamiento de señalización se instalará en cuartos y paramentos de túnel situados en vía 1).
- Subsistema de A.T.C. (Control Automático de Tren). Este subsistema, que se instalará en el conjunto de la línea, estará basado en un equipamiento de:
  - A.T.P. vía-tren con transmisión continua de datos (unidireccional o bidireccional en función de la tecnología seleccionada), que será el encargado de garantizar la seguridad de las circulaciones, impidiendo que se produzcan incidentes por alcances ó exceso de velocidad, mediante el control permanente de la velocidad del tren.
  - A.T.O. vía-tren, que permita la Operación Automática de Tren en modo semiautomático.
  - El equipamiento de A.T.C. también se instalará en Depósito (vía de pruebas y cuatro vías interiores) para facilitar las labores de mantenimiento y pruebas de los trenes, tanto estáticamente como de forma dinámica.
- Subsistema de A.T.S. (Supervisión Automática de Tren). Es el subsistema encargado de monitorizar y gestionar desde el P.C.C. (Puesto de Control Central) la operación general del sistema de Señalización y A.T.C. Estará compuesto de:
  - Módulo de C.T.C. (Control de Tráfico Centralizado) que gestionará el mando, control y supervisión del sistema, así como el seguimiento de los trenes a lo largo de la línea, control de alarmas, reproducción de eventos, etc.
  - Módulo de Regulación, que a través de la señalización de respaldo y en combinación con las marchas en interestaciones transmitidas a través del A.T.O, permita gestionar la operación, regularizando los intervalos de operación y optimizando el consumo energético.

El Proyecto estará desarrollado en base a un sistema probado y en servicio en otras administraciones ferroviarias “en líneas de Metro Pesado”, fiable, que incorpore herramientas de ayuda para su correcto mantenimiento, flexible y



fácilmente adaptable a futuras ampliaciones de “trenes y estaciones”, así como a la incorporación de nuevas funcionalidades.

## 5.7.2 SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

El objeto del presente Proyecto es el suministro, montaje y posterior implantación de los sistemas de Subestaciones Eléctricas de Tracción para la Línea 1 del METRO DE QUITO con destino el trazado completo de la Línea y el depósito de Quitumbe.

### a) Características Generales del Proyecto

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

### b) Alcance

El alcance del Proyecto es la definición, suministro e instalación de todos los elementos que conforman el Sistema de Subestaciones Eléctricas de Tracción para la Línea 1 del Metro de Quito y la integración de éstos en los sistemas de explotación.

La Línea 1 del Metro de Quito tendrá una longitud total de 22 Km., entre las estaciones de Quitumbe y El Labrador. La definición y valoración de las obras que han de realizarse para el conjunto de las instalaciones se basó en los siguientes parámetros:

- Trazado de la línea.
- Sistema de Señalización.
- Características del Material Móvil.
- Condiciones de explotación previstas para los escenarios inicial y final.
- Tensión de Alimentación de tracción de la línea a 1500 Vcc.
- Dimensionamiento S-1, es decir, en el caso de que una subestación de tracción quede fuera de servicio, las subestaciones colaterales deberán estar conectadas eléctricamente de forma que el tramo eléctrico afectado siga prestando servicio en condiciones normales de explotación, manteniendo el intervalo de trenes de la línea.

- Dimensionamiento N-1, es decir, asegurar la continuidad del suministro con los mismos requerimientos, en caso de fallo de una subestación de compañía suministradora, de forma que el tramo eléctrico afectado siga prestando servicio en condiciones normales de explotación, manteniendo el intervalo de trenes de la línea.
- Subestaciones configuradas en paralelo.
- Limitación de la caída de tensión en línea según las normas UNE-EN 50163 para la tensión en catenaria y UNE-EN 50122 para la tensión carril - tierra.
- Resultados del estudio de simulación de los diferentes escenarios, inicial y final, normal y S-1, propuestos para hacer frente a la distribución y ubicación de las Subestaciones Eléctricas. Atendiendo a las citadas condiciones de diseño, se definen los siguientes criterios de dimensionamiento de las instalaciones:
  - Número de subestaciones y su ubicación a lo largo de la línea.
  - Potencia instalada en las subestaciones.
  - Red de cables de Alta Tensión de interconexión entre subestaciones.
  - Suministro de energía de compañía eléctrica suministradora, para atender los consumos previstos.

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

- Escenario inicial de explotación previsto, para 16 trenes MRSSRM:
  - Alimentación de tracción de línea 1: a 1500 Vcc y en paralelo, desde 11 subestaciones ubicadas en:
    1. Depósito de Quitumbe
    2. Estación 2 (Morán Valverde)
    3. Estación 3 (Solanda)
    4. Estación 5 (El Recreo)
    5. Estación 6 (La Magdalena)
    6. Estación 7 (San Francisco)
    7. Estación 8 (La Alameda)



8. Estación 10 (Universidad Central)

9. Estación 12 (La Carolina)

10. Estación 14 (Jipijapa)

11. Estación 15 (El Labrador)

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

▪ Escenario final de explotación previsto, para 27 trenes MRSSRM:

- Alimentación de tracción de línea 1: a 1500 Vcc y en paralelo, desde 2 subestaciones adicionales ubicadas en:

12. Estación 12 (El Calzado)

13. Estación 13 (La Pradera)

El alcance del presente proyecto comprende las actividades relativas al suministro, la instalación y puesta en servicio de las instalaciones de Subestaciones Eléctricas de Tracción a 1500 Vcc, correspondientes al **escenario inicial de explotación** previsto de la línea 1.

En consecuencia, las actuaciones a realizar son:

- Instalación del equipamiento de las 11 Subestaciones Eléctricas necesarias para el escenario inicial de explotación, para alimentar la Línea 1 y el depósito, con un nivel de tensión de tracción de 1.500 Vcc.
- Instalación de la Red de cables de Alta Tensión en 22,8 KV, de interconexión entre Subestaciones Eléctricas.
- Instalación del Sistema de Gestión de Medida de Energía, necesario para implementar la medida de energía de tracción y de servicios auxiliares en la línea 1.
- Instalación del Puesto de Control de Energía situado en el Puesto de Control Central, ubicado en el depósito de Quitumbe, para posibilitar el control y telemando de las instalaciones de energía (subestaciones eléctricas de tracción, seccionadores de catenaria y centros de transformación) Se considerarán incluidas en el presente Proyecto todas las actividades de suministro, montaje, pruebas y puesta a punto de todos los elementos e instalaciones, así como todos los gastos inherentes a inspecciones, autorizaciones y permisos de carácter obligatorio que sean de obligado cumplimiento según

la legalidad vigente en Ecuador, así como todas aquellas actividades de cualquier tipo, necesarios para la implantación del Sistema, y su entrega en condiciones de funcionamiento satisfactorio.

### 5.7.3 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

El presente proyecto tiene como objetivo cuantas actuaciones sean necesarias para la ejecución de las Instalaciones de Distribución de Energía en las estaciones, túneles y depósito.

#### a) Características Generales del Proyecto

Las instalaciones de Distribución de Energía son las encargadas de satisfacer las necesidades de alimentación eléctrica a los distintos servicios de las estaciones, túneles y depósito. El suministro de energía eléctrica ofrecido dispondrá de las adecuadas condiciones de fiabilidad y garantía que son necesarias en un servicio de transporte metropolitano.

#### b) Alcance

El alcance definido comprende el suministro, la instalación y puesta en servicio de las instalaciones de Distribución de Energía que alimentarán el trazado de la línea con longitud de 22 Km., las quince (15) estaciones y el depósito:

Depósito de Quitumbe

Quitumbe

Morán Valverde

Solanda

El Calzado

El Recreo

La Magdalena

San Francisco

La Alameda

El Ejido

Universidad Central

La Pradera

La Carolina

Ñaquito

Jipijapa

El Labrador

Con el propósito de enlazar los sistemas de iluminación y tomas de corriente a las características particulares de arquitectura de los recintos, las instalaciones de alumbrado y tomas de corriente de uso general, tanto de estaciones como de túneles se encuentran contempladas en los correspondientes Proyectos de Diseño Constructivo de Obra Civil y, por tanto, se excluyen del alcance del presente proyecto.

El diseño está basado en una distribución de energía en Alta Tensión de 22,8 kV distribuida en línea, con seis acometidas de la red de distribución primaria de subestaciones de tracción que confiere seguridad en el servicio y facilidad de mantenimiento. El sistema está concebido en n- 1, es decir, su funcionamiento no se ve afectado ante la eventual falta de alimentación de uno de los suministros de la red primaria.

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

#### Alta Tensión

La línea de distribución en A.T. parte desde el Centro de Transformación receptor de la alimentación de la red primaria formando una línea que va recorriendo todos los Centros de Transformación, donde entra y sale de cada uno de ellos.

Los principales elementos son:

- Red de distribución suministro normal A.T. Línea de alimentación en Alta Tensión (A.T.) a 22,8 kV estará formada por un cable tripolar de Aluminio 3 x 3/0 AWG 15/25 kV que recorre todos los centros de transformación de las estaciones, túnel y depósito. El tramo de unión entre las subestaciones de tracción y los centros de transformación se realizará, en general, con cable de análogas características, pero de sección superior de 3 x 250 MCM 15/25 kV.
- Centros de Transformación. Instalaciones que transforman la energía eléctrica de la red de Alta Tensión (A.T.) de 22,8 kV a Baja Tensión (B.T.) transformando a la tensión de utilización (220/127 V) para la alimentación los distintos servicios y/o instalaciones dependientes de dicho centro.



El sistema de distribución de Alta Tensión está telemandado desde el Puesto de Control Central, lo cual permite la supervisión permanente del sistema y, en caso de falta, la reorganización de las fronteras y su balance de cargas de forma inmediata.

#### Baja Tensión

La alimentación en Baja Tensión (I+N/127V y III/220 V) obtenida de los transformadores se distribuye a las instalaciones fijas de las estaciones, túneles y depósito a través del Cuadro General de Baja Tensión (CGBT).

Los principales elementos que componen las instalaciones de Baja Tensión son:

- Cuadros Generales de Baja Tensión. Se contempla la instalación de Cuadros Generales de Baja Tensión (C.G.B.T) con tensión asignada de B.T. (I+N/127 y III/220 V). Esta instalación incorpora los circuitos de alimentación de los distintos servicios propios de la instalación de la que dependen.
- Circuitos de fuerza. Para la alimentación de los diferentes subcuadros eléctricos que alimentarán a máquinas (escaleras, ascensores, ventiladores, etc.) y cuartos técnicos (comunicaciones, enclavamiento, etc.).

#### 5.7.4 ELECTRIFICACIÓN

El objeto del presente Proyecto es el suministro, montaje y posterior implantación del Sistema de Electrificación para la Línea 1 del Metro de Quito con destino el trazado completo de la Línea y el depósito de Quitumbe.

##### a) Características Generales del Proyecto

Dentro del Sistema de electrificación se incluyen los siguientes subsistemas / elementos:

- La propia línea aérea de contacto: es el conjunto de elementos con los cuales interactúa el pantógrafo para captar la corriente de tracción requerida. Incluye los conductores de contacto, los conductores aéreos de aumento de sección, las conexiones eléctricas entre ellos y las estructuras necesarias para su soporte mecánico.

Sistema de alimentación:

- Cable de alimentación: Configuran la línea de transporte tanto de positivo como de negativo y su función es que la energía de tracción que se rectifica en las subestaciones esté disponible en la línea aérea y retorne del carril al rectificador.
- Seccionadores de puenteo: son equipos que permiten modificar la longitud de los sectores eléctricos de la catenaria permitiendo así configurar la alimentación de las subestaciones de la manera más adecuada en cada momento.



Se define para el depósito de Quitumbe un Sistema de Electrificación con hilo tranviario en la playa de vías y en el interior de las naves. Para la vía de pruebas se proyecta una instalación de catenaria convencional compensada.

#### b) Alcance

El alcance del Proyecto es la definición, suministro e instalación de todos los elementos que conforman el Sistema de Electrificación para la Línea 1 del Metro de Quito y la integración de éstos en los sistemas de explotación.

Se define una solución para la línea 1 basada en catenaria rígida PAC MM-04. Esta circunstancia no invalida que pueda ser instalada otra solución de catenaria rígida tal que no suponga una reducción de la calidad de captación con el pantógrafo y cuya sección conductora sea igual o superior que la del perfil citado

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

El alcance del presente proyecto incluye las siguientes actuaciones:

#### Línea 1 del Metro de Quito

- Suministro, instalación y puesta en servicio de línea aérea de contacto para 1500 Vcc tipo catenaria rígida perfil PAC MM-04 para 22 kilómetros de vía doble y 15 estaciones, incluyendo estructuras de soportación en las distintas secciones de túnel, estaciones y viaducto, aisladores de suspensión, perfil de aluminio, hilo de contacto y alimentaciones de puenteo entre tramos.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de 22 seccionadores de apertura en carga para la sectorización de la Línea 1 del Metro de Quito.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de cables de feeder positivo y negativo para transportar la energía desde 11 subestaciones a la línea aérea.

#### Depósito de Quitumbe

- Suministro, instalación y puesta en servicio de línea aérea de contacto para 1500 Vcc tipo hilo tranviario en el enlace del depósito con la línea, en la playa de vías y en las vías interiores que necesitan ser electrificadas.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de línea aérea de contacto para 1500 Vcc tipo catenaria convencional compensada en la vía de pruebas.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de 4 seccionadores de apertura en carga para alimentar cada paquete eléctrico.

- Suministro, instalación y puesta en servicio de 7 seccionadores con puesta a negativo y control de los mismos y de las pasarelas de mantenimiento de pantógrafo asociadas.
- Suministro, instalación y puesta en servicio de los cables de feeder positivos y negativos.

Se considerarán incluidas en el Proyecto todas las actividades de suministro, montaje, pruebas y puesta a punto de todos los elementos e instalaciones, así como todos los gastos inherentes a inspecciones, autorizaciones y permisos de carácter obligatorio que sean de obligado cumplimiento según la legalidad vigente en Ecuador, así como todas aquellas actividades de cualquier tipo, necesarios para la implantación del Sistema a contratar, y su entrega en condiciones de funcionamiento satisfactorio.

### 5.7.5 CONTROL Y VENTA DE TÍTULOS DE TRANSPORTE

#### a) Introducción

El diseño arquitectónico de las estaciones responde a un formato en el que uno o dos accesos confluyen en un vestíbulo que realiza la función de distribución de los distintos flujos de viajeros que tienen cabida en la estación. En dicho vestíbulo, se localizan los distintos equipamientos característicos de una explotación de metro, entre los que destacan los destinados al control de acceso y los equipos de venta de títulos de transporte, tanto atendida (más comúnmente conocidas como “taquillas”) como los equipos de venta automática (o “METTAs”). Una vez superado el vestíbulo, se localizan las escaleras mecánicas y los ascensores necesarios para salvar el desnivel entre vestíbulo y andenes, que siempre localizan de forma lateral.

En el caso de las estaciones de San Francisco, La Alameda y El Ejido disponen de segundos vestíbulos de acceso, habilitando caminos alternativos a los cangrejos de distribución a andenes.

#### b) Características Generales del Proyecto

El objeto del presente Proyecto es el suministro, montaje y posterior implantación de los sistemas de control y venta de los títulos de transporte para la Línea 1 del METRO DE QUITO con destino los vestíbulos de nueva construcción pertenecientes a las estaciones de dicha línea.

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

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



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

Si bien el sistema de bloqueo de pasos definido a lo largo del presente Proyecto es del tipo torniquete, no serán descartadas otras soluciones técnicas propuestas por los posibles ofertantes que estén basadas en puertas de paso batientes o tipo abanico, que en posición recogidas en el mueble permita un paso diáfano y libre de obstáculos a los usuarios. En este caso, los elementos destinados al paso de usuarios de movilidad reducida estarán integrados dentro de la propia batería mediante equipos de características similares y de ancho especial normalizado.

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

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

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

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

De igual forma, el presente Proyecto define el suministro de terminales de consulta de saldo, elementos que localizados en los vestíbulos de las estaciones, estarán a disposición de los usuarios para la realización de tareas de lectura de los títulos, mostrando en pantalla el saldo y validez de los títulos que se almacenan en la tarjeta.

Dentro de los procesos destinados a la implementación de la Línea 1 en la Red de METRO DE QUITO, se han realizado estudios de previsiones de afluencia presente y futura de pasajeros en el corredor que une los barrios de Quitumbe y El Labrador, trazado por el que se desarrollará la nueva línea. El estudio realizado en el documento “**Modelo de movilidad y demanda en DMQ (Demanda Metro de Quito)**” proporciona la carga diaria estimada por tramos y el movimiento esperado en estaciones en dos posibles situaciones de reordenamiento del sistema de transporte de la ciudad.

El cálculo de necesidad de equipos de paso y de venta, se han realizado en base al cálculo definido en el documento en cuestión como “FASE B”, al ser esta previsión la que mayor demanda de viajeros estima que utilizarán la Línea 1 del METRO DE QUITO.

En el cálculo se han conjugado tanto la previsión de movimientos esperados por estaciones, como la previsión de carga de viajeros por tramo, y más concretamente, la estimación del flujo de viajeros que suben y bajan por estación al día.

#### a) Alcance

El alcance del Proyecto es la definición, suministro e instalación de los equipos de control de peaje de viajeros y máquinas de taquilla que son necesarios para la implantación de los sistemas de control y venta de títulos de transporte para la línea 1 del METRO DE QUITO.

El presente proyecto define una solución basada en soportes tipo TOKEN para el título ocasional de un viaje y tarjeta plástica de larga duración dotados ambos de interfaz sin contacto acorde con la norma ISO 14443 tipo A y B.

El equipamiento alcance del presente proyecto básico engloba en siguiente suministro:

- **95 equipos de paso tipo torniquetes** para el control bidireccional de peaje dotados de procesadores de títulos sin contacto ISO 14443 tipo A y B en sentido de entrada y salida del flujo de viajeros y **18 muebles de control extremos (MCE)** para finalización de batería.
- **18 puertas adaptadas para el paso de usuarios PMR**, con control bidireccional de usuarios de estas características dotados de procesadores de títulos sin contacto ISO 14443 tipo A y B en sentido de entrada y salida del flujo de viajeros.
- **18 Terminales de Consulta** para la realización de tareas de consulta de saldo disponible y fecha de validez en los títulos de transporte que portan.
- **25 Puestos de venta de títulos** que se instalarán en taquillas o Puestos de Control Local (en adelante PCL) y que habilitarán procesos de expendición y recarga de títulos en soporte TOKEN y tarjetas de larga duración sin contacto ISO 14443 tipo A y B.
- **8 Máquinas Expendedoras de Títulos de Transporte Automáticas (METTA)** que se instalarán en los vestíbulos de aquellas estaciones con mayor demanda de viajeros y que habilitarán procesos de expendición y recarga de títulos en soporte TOKEN y tarjetas de larga duración sin contacto ISO 14443 tipo A y B de forma automática admitiendo los modos de pago tipos moneda, papel moneda y pago electrónico.
- **3 Puestos de personalización de Tarjetas de abono** para la realización en puntos estratégicos de la Red de tareas de personalización de tarjetas sin contacto ISO 14443 tipo A y B.
- **18 Ordenadores de Telegestión de los sistemas de Peaje y Venta (T.P.V.)** para la integración y gestión a nivel de estación de los equipos destinados al control y venta de títulos de transporte.



- **3 Servidores Remotos de Estaciones** para la captura de datos recibidos desde todas las estaciones y su integración en sistema para gestión y telecontrol de los equipos de peaje y venta de títulos a nivel del Puesto de Control Centralizado, incluyendo el desarrollo del software y del hardware además de su implantación en ambos niveles.

En general los equipos deberán reunir unas características de robustez mecánica y eléctrica, bajo nivel de ruido, de arquitectura modular y su operativa será fácil y sencilla, con facilidad para el mantenimiento y de ampliación y modificación del software. Deberán mantener los datos ante cualquier falta o variación esporádica de la tensión de la red de alimentación, debiendo asegurar que siempre finalizará la operación en curso. Las comunicaciones desde los equipos al ordenador de Telecontrol Peaje y Venta (T.P.V.) de estación deberá realizarse por medio de red local ETHERNET, con el fin de minimizar la probabilidad de error en las comunicaciones digitales por ruidos externos.

### 5.7.6 ESCALERAS MECÁNICAS Y ASCENSORES

El Proyecto tiene como objetivo el suministro, montaje y posterior implantación de los ASCENSORES Y ESCALERAS MECÁNICAS en las estaciones de Línea 1 de Metro de Quito y un ascensor en el edificio de oficinas del Depósito.

#### a) Características Generales del Proyecto

Las instalaciones a proyectar son las siguientes:

- Instalación de ascensores de 1.000 Kg. – 13 personas ó 630 Kg. – 8 personas (clase I), en función de la estimación del uso de la estación, que comunican los accesos, a nivel de calle con los vestíbulos y/o andenes de las estaciones que forman parte del alcance del con el siguiente criterio de implantación:
  - **Ascensores de 1.000 Kg. en las estaciones de Quitumbe, Recreo, Magdalena, San Francisco, El Ejido y El Labrador.**
  - **Ascensores de 630 Kg. en las estaciones de Morán Valverde, Solanda, El Calzado, La Alameda, Universidad Central, La Pradera, La Carolina, Iñaquito y Jipijapa y en edificio de oficinas en Depósito.**
- Obras auxiliares a realizar en fosos y huecos de ascensor.

Instalación de las escaleras mecánicas que comunican los accesos, a nivel de calle con los vestíbulos y/o andenes de las estaciones que forman parte del alcance del proyecto y que se definen en el punto “Datos básicos generales”. **El criterio de diseño será el de una escalera mecánica por desnivel a salvar (sentido ascendente)** si bien en las estaciones de Universidad Central y Jipijapa desde los niveles intermedios a andenes, un desnivel por anden será totalmente peatonal. En relación al anterior criterio **se exceptúan las estaciones:**

- **Quitumbe**, se dotarán de escaleras mecánicas de bajada de vestíbulo a andenes.

- **El Recreo**, se dotarán de escaleras mecánicas de bajada de vestíbulo a andenes.
- **La Magdalena**, se dotarán de escaleras mecánicas de bajada de niveles intermedios a vestíbulos y de éstos a andenes.
- **San Francisco**, a todos los desniveles se les dotará de una segunda escalera mecánica de bajada excepto desde la entreplanta a andenes.
- **El Labrador**, se dotarán de escaleras mecánicas de bajada de los dos niveles intermedios a vestíbulo y de éste a andenes.
- Obras auxiliares a realizar en cuartos de ubicación de equipos de control y fosos de alojamiento de escaleras mecánicas.
- Instalación de canalizaciones para la detección y extinción de incendios a lo largo del interior de las escaleras mecánicas.
- Acometidas eléctricas.

#### b) Alcance

Se consideran comprendidas en el presente Proyecto como obras a ejecutar el suministro, montaje y posterior instalación de los ascensores y escaleras mecánicas en los huecos o fosos correspondientes, y equipamientos en los cuartos de máquinas, cuando los hubiera, así como las pruebas, rodamientos, autorizaciones y terminación de los distintos ascensores y escaleras mecánicas, con sus instalaciones eléctricas, mecánicas y de decoración.

Se consideran incluidas también en el presente Proyecto el resto de obras necesarias para la terminación y decoración de los ascensores y escaleras mecánicas, cuartos asociados y de los remates y uniones entre éstos y los paramentos de los vestíbulos, galerías, cañones o andenes, afectados por las obras, así como todas las obras necesarias accesorias para la ejecución de las anteriores como huecos de paso de cables o poleas, fijaciones de guías y ganchos, rozas, reposición de paramentos y solado en las condiciones que se encuentren anteriormente, etc.

Se incluye asimismo el suministro y montaje de los conductores de energía eléctrica desde el cuadro de mando de la maquinaria (cuarto técnico) a los grupos tractores (fosos).

Por último son también objeto del Proyecto todas las obras necesarias para ejecutar las pruebas y rodaje antes de la puesta en servicio, el mantenimiento correctivo y conservación en buen estado de la instalación incluyendo la mano de obra y las pruebas necesarias durante el periodo de implantación y las autorizaciones necesarias para su uso y funcionamiento.

El presente proyecto, no contempla el suministro y montaje del módulo de protecciones eléctricas de líneas de ascensores y escaleras mecánicas, de los conductores de energía eléctrica, desde el cuadro de baja tensión del



cuarto de transformación de la estación hasta el cuadro de maniobra y control (cuarto técnico), la conmutación automática de la acometida de emergencia, sita en los accesos de la estación, hasta el cuadro de baja tensión del cuarto de transformación.

No se incluye en el presente proyecto los equipamientos necesarios para la transmisión de señales a los Puestos de Control Local de Estaciones (P.C.L) y al Puesto de Control Centralizado (P.C.C), que es objeto de otros proyectos específicos, no obstante, si se incluye el suministro y montaje de las canalizaciones, tanto de detección como de extinción de incendios, que recorren los fosos de alojamientos de las escaleras mecánicas para su conexión al sistema de Protección contra Incendios de la estación, que será objeto de un proyecto específico.

### 5.7.7 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El objeto del presente proyecto el suministro, montaje y posterior instalación de los Sistemas de Protección Contra Incendios en la línea 1 de Metro de Quito.

#### a) Características Generales del Proyecto

Los objetivos que cubren las instalaciones de Protección Contra Incendios (PCI), son las siguientes:

- Detectar los incendios en una fase incipiente al objeto de poder hacer frente al incendio cuando éste no ha alcanzado gran magnitud, y resulta fácil controlarlo. Asimismo disponer de los elementos básicos para poder transmitir alarmas y para avisar de las mismas.
- Extinguir los incendios en función de la magnitud y tipología del incendio.
- Crear las instalaciones básicas de apoyo para la intervención de bomberos.
- Señalizar las salidas y rutas de evacuación, así como los medios de extinción. Metas de seguridad contra incendios Para ello se contará con las instalaciones que se citan a continuación:
- Estaciones:
  - Sistemas de detección automática de incendios en áreas específicas y de especial riesgo.
  - Instalación de una red manual de pulsadores y sirenas de alarma.
  - Instalaciones de medios manuales de extinción (extintores).
  - Instalaciones especiales de extinción automática por agua nebulizada y detección por aspiración en los huecos bajo escaleras mecánicas.
  - Instalaciones de columna seca, para uso exclusivo de bomberos (en piñones de estación).

- Instalaciones de señalización de vías de evacuación mediante carteles y líneas-guía, así como de medios de extinción y alarma.

#### ▪ Túneles :

- Instalaciones de columna seca, para uso exclusivo de bomberos (en pozos de ventilación y salidas de emergencia).
- Instalaciones de señalización de vías de evacuación, mediante carteles.

#### ▪ Depósito de Quitumbe, oficinas y puesto de control centralizado :

- Sistemas de detección automática de incendios en áreas específicas y de especial riesgo.
- Instalación de una red manual de pulsadores y sirenas de alarma.
- Instalación de medios manuales de extinción (extintores y carros extintores).
- Instalación de grupos de bombeo y cuadros de control en cuarto de bombas, y todos sus cableados y accesorios correspondientes. Se incluye la construcción de los depósitos de almacenamiento de agua para servir como reserva de abastecimiento específica para los sistemas de extinción.
- Instalación de hidrantes exteriores, hidrantes interiores y bocas de incendio equipadas (BIEs).
- Instalación de red de rociadores automáticos en zonas específicas.
- Instalación de sistema de extinción basado en agua nebulizada en cuarto de comunicaciones/CPD mediante grupo autónomo.
- Instalación de señalización de vías de evacuación y medios de extinción, mediante carteles.

#### b) Alcance

El presente Proyecto define las obras relacionadas con la instalación y puesta en servicio de los Sistemas de Protección Contra Incendios que se implantarán en la línea considerada.

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



Las actuaciones más significativas a realizar son las siguientes:

#### En estación

- Sistemas de Detección
  - Instalación de Central de Estación PCI analógica (CRA) y equipos asociados (detectores, pulsadores, etc...).
  - Instalación de bucle de comunicaciones y módulos de control / activación.
  - Instalación de sistema de detección por aspiración en escaleras mecánicas.
  - Configuración e integración de todos los elementos en Central de Estación PCI (CRA).
- Sistemas de Extinción
  - Instalación de grupo autónomo de presurización y bombeo de agua nebulizada, válvulas selectoras, tuberías y elementos accesorios para escaleras mecánicas.
  - Instalación de columna seca, conectando mediante conducción - tubería las tomas de alimentación de calle con bocas de salida en piñones de andén.
  - Instalación de extintores en zonas de permanencia de viajeros y cuartos de estación.
- Señalización fotoluminiscente
  - Balizamiento y señalización del borde de los andenes.
  - Balizamiento y señalización de cañones, mediante placas longitudinales y carteles de evacuación.
  - Balizamiento de escaleras fijas.
  - Balizamiento de salidas de emergencia de estación.
  - Balizamiento de obstáculos y medios de extinción.

#### En túnel

- Señalización fotoluminiscente
  - Señalización de vías de evacuación y salidas de emergencia de interestación mediante carteles.
- Columna seca
  - Instalación de columna seca, conectando mediante conducción - tubería las tomas de alimentación de calle con bocas de salida situadas en las proximidades de túnel, en armarios de acero inoxidable para su utilización por bomberos.

#### En Depósito de Quitumbe, oficinas y Puesto de Control Centralizado (PCC)

- Sistemas de Detección
  - Instalación de Central analógica de detección (CRA) y equipos asociados (detectores, pulsadores, sirenas, etc...) .
  - Instalación de bucle de comunicaciones y módulos de control / activación.
  - Configuración e integración de todos los elementos en Central analógica de detección (CRA).
  - Puesto de supervisión y control de PCI.
- Sistemas de extinción
  - Instalación de grupos de bombeo y cuadros de control en cuarto de bombas, y todos sus cableados y accesorios correspondientes.
  - Instalación de aljibes de reserva de agua (dos semidepósitos).
  - Instalación de hidrantes exteriores.
  - Instalación de hidrantes interiores.
  - Instalación de Bocas de Incendio Equipadas (BIEs).
  - Instalación de red de rociadores automáticos en zonas específicas.
  - Instalación de sistema de extinción basado en agua nebulizada en cuarto de comunicaciones/CPD mediante grupo autónomo.



- Instalación de extintores de actuación manual y carros de extintores.
- Señalización fotoluminiscente
  - Señalización de rutas de evacuación, mediante carteles de naturaleza fotoluminiscente.
  - Señalización de medios de detección y extinción.

### 5.7.8 VENTILACIÓN

#### a) Introducción

El presente Proyecto tiene como objetivo el suministro, montaje y posterior implantación de los sistemas de VENTILACIÓN para la Línea 1 del METRO DE QUITO. Dentro del alcance del presente proyecto se engloban las siguientes instalaciones:

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

#### b) Características Generales del Proyecto

Los objetivos que bajo el concepto genérico de "ventilación", en estaciones y túneles de METRO DE QUITO, que se han de cumplir en condiciones normales de explotación, son básicamente los siguientes:

- Renovación del ambiente interior del sistema, extrayendo el aire viciado (monóxido de carbono, olores, etc.) e introduciendo aire fresco del exterior, siempre que el aire que se capte (generalmente a nivel de calzada) cumpla unos requisitos mínimos de pureza.
- Limitación de la carga térmica en el sistema, producida por los trenes, personas y demás cargas caloríficas (alumbrado, centros de transformación, motores, equipos de climatización aire-aire, etc.).
- Limitación de las corrientes de aire y variaciones de presión provocadas por el efecto pistón que efectúa el tren a su paso.
- Existen, asimismo, otros objetivos del "sistema de ventilación" que, en ciertas condiciones, podrían ser aplicables a situaciones de emergencia, tales como son la accesibilidad al túnel y estaciones a través de los pozos de extracción y los de compensación-inmisión y la extracción de humo (derivado de un incendio) o de atmósferas peligrosas (emanaciones de gases combustibles o vapores tóxicos), si bien las instalaciones se han dimensionado para condiciones de explotación normal, no estando especialmente

preparadas para situaciones de emergencia. No obstante, los ventiladores de túnel estarán dimensionados para alcanzar velocidades en túnel del orden de los 1,3 m/s, velocidad que se considera suficiente para arrastrar los humos provocados por un incendio en fase incipiente.

- Para poder implantar un sistema de ventilación, contando con que existe una infraestructura básica que será contemplada en los Proyectos de Obra Civil, es necesario realizar las siguientes actuaciones:

#### Obra civil auxiliar

- Impermeabilización y drenaje de galerías.
- Formación de bancadas.
- Estructuras de soporte.
- Construcción de fábricas de ladrillo y forjados.
- Equipos de manutención. Cerramientos de protección.

#### Instalaciones mecánicas.

- Suministro y montaje de ventiladores y difusores.
- Suministro y montaje de inclinadores (compuertas motorizadas antiretorno).
- Tratamientos acústicos en salas de remanso.
- Suministro y montaje de silenciadores disipativos.
- Construcción de alabes directores.

#### Instalaciones eléctricas y de control.

- Suministro y montaje de cuadro de mando y protección.
- Instalación de tomas de tierra.
- Canalización y cableado.
- Instalación de alumbrado.
- Suministro y montaje de sondas.



### c) Alcance

El alcance del presente Proyecto es la definición, suministro e instalación, pruebas y puesta en servicio de los equipos que son necesarios para la implantación en la línea 1 del METRO DE QUITO de las siguientes instalaciones:

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

Estas instalaciones deberán integrarse en la infraestructura ferroviaria contemplada en el Proyecto de Obra Civil, y de la misma naturaleza, la gestión y explotación de dichos sistemas por parte del Metro de Quito. La oferta deberá contemplar todos los puntos del Pliego de Condiciones, además de la información suplementaria que se aporte. En ella se contemplarán las soluciones propuestas.

El sistema de ventilación actúa sobre dos zonas claramente diferenciadas: las estaciones y los túneles.

Para poder desarrollar las instalaciones de ventilación es necesario disponer de la infraestructura necesaria. Esta infraestructura consiste en la construcción de pozos que permitan que el aire entre y salga del sistema de acuerdo a los criterios de diseño y la creación de salas o galerías anexas para el alojamiento de los equipos mecánicos, eléctricos y de control. Los distintos pozos con los que se ha de contar para el adecuado funcionamiento del sistema son los siguientes:

#### Infraestructura en estaciones

- **Pozos de inmisión (I):** se localizan sobre las estaciones, dependiendo del sistema constructivo de la estación podrán ser independientes de los de compensación o bien asociados a éstos. En todo caso conectarán al exterior con una sala donde se ubicarán los equipos mecánicos.
- **Pozos de compensación (C):** generalmente existen dos por estación, localizándose preferentemente en los piñones de entrada y salida de la misma.
- **Infraestructura en túneles interestación cerrados (sin comunicación con el exterior).** Denominaremos túneles cerrados aquellos que sirven para enlazar dos estaciones sin una comunicación directa con el exterior. Dentro de esta tipología tenemos la siguiente implantación:
  - **Pozos de extracción en túneles simples de vía doble (E):** situados generalmente en las proximidades del punto medio de los distintos tramos de túnel interestación. Dispondrán de una galería donde se ubicarán los equipos mecánicos.

- **Infraestructura en túneles semiabiertos y abiertos (comunicados con el exterior).** Denominaremos túneles semiabiertos y abiertos aquellos que sirven para enlazar dos estaciones con abertura al exterior por un portal o por los dos respectivamente. Estos túneles cuando deban de ir ventilados, la ventilación se realizará a través de ventiladores de chorro (JETs) y a nivel de infraestructura solo será necesario realizar un ensanchamiento en el túnel, que servirá para alojar estos ventiladores así como el correspondiente cuadro de mando y protección. Tan solo en el caso de los túneles abiertos no será necesario crear pozos de compensación.

## 5.7.9 TELECOMUNICACIONES

### a) Introducción

El objeto del presente Proyecto es el suministro, montaje y posterior implantación de los sistemas de telecomunicaciones para la Línea 1 del METRO DE QUITO, tanto en el ámbito de las estaciones y túneles como el equipamiento necesario en el Depósito y en el Puesto de Control Central (PCC) encargadas de proveer de un soporte para la transmisión de voz y datos de los diferentes subsistemas; basado en fibra óptica además de contemplar diferentes subsistemas (datos, radiotelefonía, telefonía, teleindicadores) para cubrir varias de las necesidades operativas.

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

### b) Características Generales del Proyecto

El diseño de la Red de Comunicaciones se ha hecho teniendo en cuenta las características de los servicios a prestar y los flujos de datos previstos.

Desde el punto de vista de naturaleza de los datos a transmitir, en el caso de METRO DE QUITO existirán servicios basados en comunicaciones IP. Dentro de esta categoría, se incluyen la mayoría de los servicios previstos:

- Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)
- Telefonía
- Interfonía
- Megafonía
- Control de Estaciones
- Telemando de Subestaciones de Energía



- Señalización y ATS (Automatic Train System)
- Radiotelefonía TETRA

Tal y como se ha comentado, el principal criterio de diseño para las Redes de Comunicaciones en METRO DE QUITO, ha de ser la disponibilidad de los servicios, teniendo muy en cuenta su nivel de criticidad para la explotación ferroviaria. Para poder prestar el servicio básico a los usuarios, es decir, mantener los trenes en funcionamiento hay 2 servicios imprescindibles, que son:

- Señalización y ATS
- Radiotelefonía TETRA

La no disponibilidad de ambos servicios en un momento dado, obliga a parar los trenes por motivos de seguridad hasta establecer el bloqueo telefónico. La solución propuesta prevé la utilización de una red de transporte multiservicio unificada como plataforma de comunicaciones: la Red de Comunicaciones IP, basada en tecnología Gigabit Ethernet sobre fibra óptica, donde se conectarán todos los sistemas basados en servicios IP.

La Red de Comunicaciones IP presenta una arquitectura compuesta esencialmente por tres niveles jerárquicos que utilizan un infraestructura de fibra óptica:

- Red Troncal o CORE.
- Red de Distribución.
- Red de acceso.

Se tenderán los siguientes tipos de cables de fibra óptica:

- Cable de línea. Incluye dos (2) cables 64 fibras ópticas monomodo, tendidos uno por cada hastial del túnel de toda la línea, con entrada y salida en los cuartos de comunicaciones de cada una de las estaciones y depósito. En el proyecto se prevé un número de conectores suficiente. La conectorización del cable deberá permitir unir los diferentes elementos de la red troncal según se indica en el plano que se incluye en el documento de planos. El número de fibras soldadas y/o conectorizadas queda reflejado en las mediciones.
- Cable de estación. Incluye un cable de 8 fibras ópticas multimodo desde los repartidores ópticos de los cuartos de comunicaciones hasta una serie de dependencias remotas de estación (vestíbulos, etc.). En las estaciones que dispongan de subestación se incluye un cable de fibra óptica mixto de (8 FO multimodo + 8 FO monomodo) y en las que dispongan de enclavamiento un cable de fibra óptica mixto

(16 FO multimodo + 16 FO monomodo), desde los repartidores ópticos de los cuartos de comunicaciones hasta las subestaciones y/o enclavamientos correspondientes.

Todos los servicios y funcionalidades en los que se requieran comunicaciones en el ámbito de la estación se centralizan, por lo que existe la necesidad de una red de telecomunicaciones potente y jerarquizada que facilite el acceso y la centralización de todos los servicios presentes y futuros que haya en una estación. El Cuarto de Comunicaciones se configura como el centro neurálgico de donde parte y a donde llegan todos los cables de comunicaciones asociados a la línea y a la estación.

En este proyecto se incluye todo el cableado de estación, centralizado en el Cuarto de Comunicaciones, que deberá seguir la filosofía de los sistemas de cableado estructurado, de forma que los diferentes elementos que lo componen cumplan las normativas correspondientes, tanto a nivel de materiales como de conexión. De este modo podremos asegurar enlaces físicos con unas características que permitan la comunicación fiable entre los diferentes equipos o sistemas, así como soportar el crecimiento (en velocidad y ancho de banda) que exige la rápida evolución de los sistemas de telecomunicaciones.

La Solución de Telefonía propuesta en el proyecto permite implementar un sistema de telefonía basado en tecnologías de Voz Sobre IP (VoIP) con todas las características de una red de PABX clásicas de gama alta. El sistema se basa en el empleo de un servidor central, o Centralita IP, que proporciona las facilidades de conmutación de llamadas y servicios avanzados (servicios Centrex), es decir, todas las capacidades de una PABX habitual, pero con las ventajas de las soluciones de VoIP.

El Sistema de Radiotelefonía Trunking Digital a implantar de acuerdo al proyecto cumplirá en su totalidad con el estándar TETRA permitiendo la transmisión de voz y datos en las distintas modalidades previstas por dicho estándar (mensajes de estado, datos cortos, y datos en modo paquetes).

El Sistema de Radiotelefonía TETRA hará uso de las infraestructuras radiantes a instalar en la línea (túneles y estaciones) y que se incluyen en el presente proyecto.

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

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

En el PCC se ubicarán:

- Servidor Central del Sistema
- Front End de Comunicaciones (FEC) con las Estaciones



- Puestos de Control y Supervisión desde los que se controlará este servicio.

En cada estación se ubicarán

- Paneles Teleindicadores
- Equipo Local de Control.

Para poder garantizar la disponibilidad de los sistemas, es fundamental poder contar en tiempo real con información veraz de la situación de los diferentes equipos y subsistemas y contar con herramientas de gestión de configuración que permitan en remoto realizar cualquier modificación.

El proyecto incluye una Plataforma de Sistemas Gestión de Red que se basa en la integración de diferentes elementos, para conseguir el más alto nivel de control sobre los sistemas y servicios instalados, en concreto esta formada por:

- Gestor de Alarmas y Eventos SNMP de propósito general
- Gestores de Configuraciones específicos para cada elementos
- Sistemas de Monitorización de estado y de tráfico
- Sistema de Gestión de Calidad de Servicio
- Sistema de Gestión de Incidencias

Además se incluye Sistema de Cronometría que permite la determinación, conservación y distribución de las referencias horarias en todas las localizaciones de la red de Metro de Quito.

Existirá un reloj patrón instalado en el PCC que será el equipo encargado de difundir la señal horaria a todos los equipos de la Red de Comunicaciones, de Radiotelefonía Tetra, Sistema de Información al Viajero y resto de Sistemas y servidores que así lo requieran, a través de los equipos de sincronización horaria. Este reloj patrón se sincronizará a través de una conexión GPS.

El sistema GPS (Global Positioning System) provee información horaria y de posicionamiento con cobertura mundial. La información horaria UTC (hora universal coordinada) transmitida permanentemente por los satélites, es convertida en hora local mediante un sencillo ajuste realizado por el propio reloj patrón.

La distribución de la señal horaria al resto de los equipos diseminados a los largo de las estaciones y recintos se realizará a través de la Red de Comunicaciones IP empleando para ello el protocolo Network Time Protocol (NTP).

Se instalará un equipo de sincronización horaria conectado a los equipos de Red de la capa de Distribución; de esta forma se establecerá una estructura jerárquica donde los equipos de sincronización horaria toman la hora exacta del reloj patrón del PCC y la difunden al resto de equipos cuyas comunicaciones dependen jerárquicamente de ellos.

### c) Alcance

Dentro del alcance del presente proyecto se incluyen los siguientes sistemas:

- Red de Comunicaciones.
- Red Ethernet de Estación.
- Sistema de Telefonía.
- Sistema de Radiotelefonía TETRA.
- Sistema de Información al Viajero.
- Equipamiento del Cuarto de Comunicaciones (CC).
- Sistema de alimentación eléctrica.
- Equipamiento auxiliar.

En general, los equipos deberán reunir unas características de robustez mecánica y eléctrica, bajo nivel de ruido, de arquitectura modular y su operativa será fácil y sencilla, con facilidad para el mantenimiento y de ampliación y modificación del software.

## 5.7.10 CONTROL DE ESTACIONES

### a) Introducción

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

El Sistema de Control de Estación (SCE) deberá estar basado en un paquete SCADA comercial con las características técnicas mínimas. El SCE será el sistema que deberá dar soporte a la Operación sobre las instalaciones de estación y al Mantenimiento de las mismas.

Este sistema, engloba el sistema de supervisión y control del conjunto de instalaciones electromecánicas de la estación (escaleras mecánicas, ascensores, cancelas, ventilación, instalaciones de bombeo, salidas de emergencia,



zonas de presurización de las salidas de emergencia de túnel), a la vez que realiza las funciones de presentación y correlación de actuación con otros sistemas, fundamentalmente (CCTV, Megafonía e Interfonía).

#### b) Características Generales del Proyecto

Para conseguir los objetivos funcionales declarados anteriormente, el SCE deberá ser quien se integre con los Subsistemas de Estación, estableciendo con cada uno de ellos, una comunicación vía protocolo de transporte de datos lo más normalizado posible, que permita dicho Subsistema.

El sistema de CCTV se integrará con el Sistema de Control de Estaciones (SCE), permitiendo un funcionamiento coordinado con el resto de los Sistemas.

En concreto, a través del SCE, a nivel de estación, se podrán fijar, de forma automática, las cámaras ante determinadas situaciones (llamada a un Interfono, arranque de una escalera, alarma en un ascensor, etc.). De igual modo, es decir, por medio del SCE, y desde el Puesto de Control Central (PCC) se podrán fijar, bajo demanda, las cámaras en los retroproyectors ante la atención de esas mismas incidencias.

El sistema de interfonía deberá comunicar con el Sistema de Control de Estaciones (SCE) con el fin de notificar la aparición de una llamada en un interfono y permitir el control automático de la cámara TVCC asociada, sobre el monitor correspondiente.

Esta interconexión permitirá además generar información histórica de eventos relacionados con el uso local de este sistema: llamadas realizadas, llamadas atendidas, etc.

Para conseguir los objetivos funcionales declarados anteriormente, el SCE deberá ser quien se integre con los Subsistemas de Estación, estableciendo con cada uno de ellos, una comunicación vía protocolo de transporte de datos, lo más normalizado posible que permita dicho Subsistema.

#### c) Alcance

Se considera un sistema distribuido y que utiliza diferentes autómatas programables para el control y supervisión de las instalaciones asociadas e implantadas en la estación. Existen familias de autómatas diferentes según las instalaciones que controlan y supervisan, todas con protocolo de comunicación TCP/IP.

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

- Sistema de CCTV.
- Sistema de Megafonía.
- Sistema de Interfonía.

- Escaleras mecánicas.
- Ascensores.
- Ventilación (Estación y Túnel)
- Cancelas.
- Equipos de bombeo.
- Energía:
  - Alumbrado de túnel.
  - Alumbrado de estación.
- Salidas de Emergencia.
- Zonas de presurización de las salidas de emergencia de túnel.

Esta arquitectura de control permite conocer el estado de funcionamiento de las mencionadas instalaciones en cada estación, reflejando las alarmas e incidencias o los cambios en el funcionamiento normal preasignado, así como permite dar las órdenes oportunas para modificar el estado de funcionamiento.

Las tareas de supervisión y control se podrán realizar desde cualquiera de los emplazamientos: Puesto de Control Local (PCL) o Puesto de Control Central (PCC), siempre que las instalaciones no estén en modo local.

Los componentes principales de este sistema son:

- Una unidad central, basado en un PC industrial de arquitectura hardware de 64 bits abierta, estandarizada, modular y escalable, y que unificará en un único monitor y teclado el control y monitorización de los sistemas de:
  - Sistema de control de instalaciones electromecánicas (Escaleras, ascensores, cancelas, salidas de emergencia, etc.)
  - Sistemas de comunicaciones de estación (CCTV, Megafonía e Interfonía)
- Los autómatas programables o unidades remotas (UR)
- La red de comunicaciones



### 5.7.11 PUESTO DE CONTROL CENTRAL

#### a) Introducción

Para poner en explotación la Línea 1 de Metro de Quito, se necesita no sólo que todos los sistemas estén instalados y operando, sino que además lo hagan de forma efectiva, coordinada y supervisada.

Esta supervisión y control se realiza de forma centralizada en el Puesto de Control Central, en el que todos los sistemas pueden ser gestionados y controlados de forma centralizada y donde puedan gestionarse de forma rápida y eficaz cualquier tipo de incidencia que pueda darse durante la prestación del servicio.

#### b) Características Generales del Proyecto

El objeto del presente proyecto es el suministro, montaje y posterior instalación del Puesto de Control Central (en adelante PCC) para la completa operatividad de todos los sistemas e instalaciones que se utilizan para la explotación de la Línea 1 de Metro de Quito.

#### c) Alcance

El proyecto tiene por alcance la realización de las obras y suministros necesarios para la completa operatividad y explotación desde el PCC en las funciones de control supervisión y gestión centralizada de todos los sistemas de la Línea 1 de Metro de Quito, por lo que son objeto del proyecto los siguientes conceptos:

- Instalaciones auxiliares del área del PCC.
  - Adecuación y climatización de la sala de equipos.
  - Adecuación y climatización de la sala de control.

Al estar el PCC ubicado en las dependencias del Depósito de Quitumbe cualquier otro sistema auxiliar será instalado dentro de los correspondientes proyectos de instalación compartiendo infraestructura con la del Depósito (por ej el alumbrado, los sistemas de protección de incendios, el control de accesos, la gestión integrada de seguridad del recinto etc.).

- Instalaciones específicas del PCC.
  - Puestos de operador (Trenes, Energía, Control de instalaciones y Supervisor).
  - Puesto de Mantenimiento.
  - Puestos auxiliares.
  - Videowall.

- Pantallas de visualización del sistema CCTV.
- Sistema auxiliares de operación del PCC.
- Distribución de redes IP (Red de explotación, ofimática y telefónica).
- Integración de las aplicaciones para los Sistemas de Control. Dentro del proyecto se incluirá la integración de las diversas aplicaciones dentro de las plataformas de control del Puesto de Control Central, el suministro de las aplicaciones específicas de cada uno de los sistemas de control y/o centralización, sus servidores y licencias asociadas están incluidos en los correspondientes Proyectos específicos de cada Sistema.



## 6. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La metodología utilizada en el presente Estudio de Impacto Ambiental y Socio Cultural para la identificación y valoración de los impactos se basa en los métodos matriciales de identificación y valoración de impactos (Método de Leopold) pero adaptada al estudio presente y teniendo en cuenta la legislación ecuatoriana para la identificación y valoración de impactos, la metodología ya utilizada en el EsIA Preliminar y la amplia experiencia del equipo consultor en este campo.

La calificación general de impactos se presenta en la Matriz de Impactos Ambientales, que corresponde al Anexo 1 del presente Resumen Ejecutivo.

Los factores del medio que pueden verse afectados por el proyecto evaluado son los siguientes:

FACTORES	
ABIÓTICOS	AIRE (cambio climático, calidad del aire, ruido)
	AGUA (superficial y subterránea)
	SUELO
	GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO
BIÓTICOS	FLORA
	FAUNA
	ECOSISTEMAS
SOCIOCULTURALES	SOCIALES (Bienestar, salud y seguridad, educación, empleo, transporte y movilidad, turismo)
	CULTURALES (Paisaje y Patrimonio cultural (etnológico, arquitectónico, arqueológico, bienes inmateriales)

Las acciones del proyecto que pueden ocasionar impactos positivos o negativos sobre los factores citados con anterioridad son las siguientes:

FASES DEL PROYECTO	ACCIONES
CONSTRUCCIÓN	PREPARACIÓN (Excavación, remoción vegetación, transporte, etc.) (cambio climático, calidad del aire, ruido)
	CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES
	CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONES
	CONSTRUCCIÓN DE COCHERAS
	ACTIVIDADES AUXILIARES (Desechos, cortes de tráfico, vallado, abastecimiento, etc.)
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	OPERACIÓN (Funcionamiento de la línea, operación de cocheras y estaciones, contratación de personal)
	MANTENIMIENTO (Contratación de personal, demanda de materiales y servicios, procesos de prueba e inspección, mantenimiento de la obra, conservación)
	ACTIVIDADES AUXILIARES (Desechos, contratación del personal)
CIERRE	REHABILITACIÓN (Desmantelamiento de las estructuras auxiliares, reacondicionamiento de las áreas de depósito, manejo de desechos, retiro de equipos y maquinaria)

Los impactos ambientales son los efectos que las acciones del proyecto tendrán sobre los factores del medio, presentes en la ciudad de Quito. A continuación se describen brevemente los posibles impactos identificados:

### EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

Para realizar el cálculo de emisiones de material particulado y poder evaluar las emisiones de polvo fugitivo producto de las actividades de movimiento de tierras y tránsito de la maquinaria se utilizaron los factores de emisión obtenidos



del documento **“AP-42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors”** de la **EPA (Environmental Protection Agency)** de los Estados Unidos de América.

Los valores de las mediciones de material particulado en Quito son superiores en valores promedio a los permitidos en la legislación sectorial existente, por lo que es de prever que los valores de emisión de material particulado para la fase de construcción empeorará la situación actual, ya que las excavaciones, demoliciones y transporte de material sobrante y escombros procedentes de las demoliciones, harán que los índices de medición sean más elevados.

En la fase de operación y mantenimiento, los valores que se pueden prever serán similares a los actuales al dejar de realizar acciones que generen emisiones de polvo, incluso menores de los actuales, teniendo en cuenta que son los vehículos de motores diesel los principales emisores de partículas, y como ya se ha dicho se va a reducir el número de vehículos que circulan por la ciudad

La construcción con maquinaria pesada es una fuente de emisión de polvo que puede tener un impacto temporal sustancial sobre la calidad del aire local. Los principales movimientos de tierra se realizarán con métodos que permiten la excavación del material de forma subterránea, con tuneladora o con el método tradicional. En una longitud inferior, según los datos facilitados, también se podrá usar el método cut and cover o excavación a cielo abierto. En todo caso, el material de los túneles será sacado hasta superficie mediante vagonetas o medios mecánicos. Una vez fuera se procederá a la carga del material en camiones para trasladarlo a las escombreras, lugares de acopio o de reutilización.

Según esto, las emisiones potenciales de polvo en este caso se darán principalmente en la carga sobre camión y en el transporte del material. Existe la posibilidad de que existan caminos temporales sin asfaltar en la zona de obra, así como en el acceso a las escombreras y lugares de acopio. En estos caminos, el tránsito de maquinaria pesada también originará el levantamiento y emisión de polvo.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado que para la fase de construcción es de valor negativo medio, y para las fases de operación y cierre es negativo bajo. Esa conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras anteriormente indicadas, en la que la afectación al medio, tanto la atmósfera como la propia salud de la población por emisión de material particulado no ha sido un factor decisivo ni de importancia por la facilidad de aplicación de medidas de mitigación.

## EMISIONES DE GASES

Según se refleja en el Estudio de Viabilidad Socio Económica incluido en el Estudio de Factibilidad de la Primera Línea del Metro de Quito, en la ciudad de Quito el tráfico vehicular es el responsable del 65% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el 28% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), el 98% de las emisiones de monóxido de carbono (CO), el 44% de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el 15% de las partículas de material de tamaño inferior a 10 micras. Por lo tanto, cualquier disminución en el tráfico rodado en Quito

será sustancial, ya que contribuirá significativamente a la reducción de la emisión de este tipo de gases a la atmósfera. Por ello, la influencia que se prevé en estos aspectos en lo que se refiere al metro va a ser positiva.

En la fase de construcción y abandono el incremento de tráfico como consecuencia del uso de maquinaria para la obra puede incrementar los valores de emisión de gases contaminantes, si bien este aumento será poco significativo, ya que la maquinaria a intervenir en la obra será poca en relación al número de vehículos total que se desplazan en el DMQ al día.

En la fase de operación y mantenimiento se prevé que las emisiones se reduzcan considerablemente, ya que el metro es un transporte no contaminante al funcionar con energía eléctrica. Por lo tanto, la puesta en funcionamiento del metro no sólo no afectará a la calidad del aire de Quito, sino que contribuirá a su mejora al reducir el tráfico rodado. Ante estas afirmaciones, es de prever que el impacto en la fase de operación y mantenimiento, que es la más importante al ser la de mayor duración de tiempo y mayor calado, será positivo.

En el caso de la fase de construcción el impacto será al contrario que en la fase de funcionamiento. Dicho impacto será negativo como consecuencia de la maquinaria de transporte y carga destinada a la realización de la evacuación del conjunto de tierras sobrantes de la excavación.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado valor bajo y negativo en las fases de construcción y cierre, debido al pequeño incremento del número de vehículos que se producirán en la ejecución de las obras, y alto y positivo en la fase de funcionamiento, por la importante reducción del número de vehículos a favor del metro, lo que conlleva una menor emisión de gases de efecto invernadero. Esa conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras anteriormente indicadas, en la que la afectación al medio por emisión de gases durante el periodo de funcionamiento ha sido positiva por la reducción en la emisión de CO<sub>2</sub>.

## EMISIONES ACÚSTICAS

El ruido es uno de los impactos más molestos que podrán generarse en el desarrollo del presente proyecto. Su incidencia más acusada se dará durante la fase de construcción y en la de abandono y cierre, sobre todo en el desarrollo de las actividades de excavación, demolición y transporte de materiales o escombros y tierras. En estos casos será un impacto de duración determinada, y únicamente existirá durante la ejecución de las acciones. En todo caso, habrá que evaluar su importancia y magnitud para evaluar las molestias que pueda generar y tomar las pertinentes medidas de mitigación.

Ya que gran parte de la excavación de la obra se desarrollará en subterráneo, mediante tuneladora o mediante el método tradicional madrileño, el propio terreno hará de elemento amortiguador ante el ruido. Lo mismo ocurrirá en la fase de explotación, en la que el propio terreno hará de elemento amortiguador del sonido impidiendo que éste salga a superficie provocando molestias a las personas.

A continuación se evalúan los niveles sonoros generados en las distintas fases de la obra.



En la fase de construcción, debido a que la maquinaria de excavación es subterránea, la mayor parte del ruido será absorbido por el terreno. Según experiencias obtenidas en la construcción de metros en ciudades españolas, el sonido generado por tuneladoras, que trabajan de forma subterránea a una profundidad considerable, prácticamente resulta imperceptible al oído humano, no superando los 10 db ni valores que pudieran provocar molestias al ser humano.

Lo que si será capaz de provocar más ruido, y por lo tanto mayores molestias, es la maquinaria pesada y camiones que transportarán el material procedente de la excavación.

Según se ha indicado en apartados anteriores, como consecuencia del volumen de material excavado a transportar fuera de la obra, se espera que se pudieran necesitar un total de 552 viajes al día de ida y otros tantos de vuelta para evacuar el material de excavación. Por lo tanto, con este dato (1.104 vehículos/día), se va a proceder a evaluar el ruido adicional que se generará en esta fase de las obras. Por ello, la intensidad horaria, suponiendo 8 horas de trabajo, sería de 69 vehículos por sentido.

Existen varios métodos matemáticos que permiten estimar el nivel de ruido generado por una carretera, en función de los datos básicos de la misma (pendiente, tipo de pavimento, tráfico, velocidad, porcentaje de vehículos pesados, etc.) y a su posición relativa respecto al punto receptor del ruido.

Para evaluar los niveles de ruido se han considerado las normas nacionales e internacionales existentes para el efecto: Anexo 5A del Acuerdo Ministerial 155 (Norma para la Prevención y Control de Niveles de Ruido en Recintos Portuarios, Puertos y Terminales Portuarias) y la Norma ISO 1999. Según el método recogido en la "Guide du bruit des transports terrestres" del Ministère de l'Équipement, Centre d'études des transports urbains.

Considerando una velocidad media de circulación de unos 40 km/h (velocidad muy conservadora), calles de dos carriles por sentido, una intensidad horaria de 69 vehículos por sentido, se obtendría un nivel sonoro continuo equivalente superior a los 50 dB(A).

Si se considera ahora el ruido total producido por el ruido ambiente que es de unos 80 dB(A) con el producido por el incremento de tráfico de 50 dB(A) resulta un nuevo nivel de ruido total de 80,004 dB(A). Es decir, el incremento de tráfico producido por las obras prácticamente no incrementa los niveles de ruido presente ya en estos momentos en la zona.

Mención especial requiere los sistemas de ventilación necesarios para la perforación de los túneles que pueden ocasionar niveles de ruido puntuales de unos 80 dB(A) por lo que sumados a los actuales niveles de ruido entre 70 y 90 dB darán niveles de ruido totales comprendido entre 80,41 y 90,41 dB muy similares a los actuales niveles de ruido.

Para el caso de la fase de operación y mantenimiento será preciso evaluar en primer lugar el ruido emitido por un metro en su circulación. Para ello se calculará el ruido emitido por un metro como si circulara en superficie y se corregirá con la finalidad de evaluar qué parte del sonido generado en la circulación en subterráneo es capaz de

atravesar el terreno llegando a la superficie. Este ruido será contrastado con el que deja de emitirse como consecuencia de la disminución del tráfico rodado con la finalidad de poder evaluar. Se pasa a continuación a evaluar el ruido que genera un metro en su circulación.

Los niveles sonoros al paso de un metro a 15 m de distancia de la vía estén en torno a 65,06 dB(A), valor coincidente con las mediciones obtenidas en el Trambaix de Barcelona. Este valor, al tratarse de un metro subterráneo será absorbido en su mayor parte por el terreno.

Por lo tanto, el nivel sonoro máximo como consecuencia del paso de un tren será de 65,6 dB(A), y el nivel sonoro continuo equivalente al tráfico diario estimado de unos 150 trenes será de 47,23 dB. Todo esto es suponiendo que la circulación se realiza en superficie, por lo que ese ruido es al interior de los túneles y estaciones. Evidentemente, el terreno hará de elemento amortiguador sustancial en la emisión acústica al exterior. Por experiencias similares en otros proyectos, el ruido exterior es prácticamente imperceptible al oído humano. El incremento en que se espera que se puedan sobrepasar los niveles actuales de ruido en este caso puede ser inferior a los 10 dB(A) en el exterior, por lo que la respuesta estimada de la población ante este incremento será pequeña-nula.

Puntualmente podrán producirse emisiones sonoras como consecuencia de los sistemas de ventilación de los túneles y estaciones. Estas emisiones serán similares a las calculadas para la fase de obra. Así pues puntualmente podrán producirse emisiones de ruido de unos 80 dB al exterior que se sumarán con los niveles de ruido del tráfico que se calculan en alrededor de 80 dB por lo que los niveles de ruido totales en las zonas de ventilación serán de 83 dB que son muy similares a los actuales.

A continuación se pasará a evaluar el ruido que deja de emitirse como consecuencia de la reducción del tráfico rodado a la puesta en funcionamiento del metro.

Simplificando para realizar la evaluación, considerando una velocidad media de circulación de unos 40 Km/h, calles de dos carriles por sentido, y la intensidad horaria correspondiente, se obtendría un nivel sonoro continuo equivalente superior a los 65 dB(A). Así pues los actuales niveles de ruido que están en unos 80 dB disminuirán ligeramente (79 dB) siendo el incremento de niveles ocasionado por el funcionamiento del metro prácticamente imperceptible (79,00000055dB)

Cabe concluir que los niveles de ruido exteriores al metro, debido a la elevada intensidad de tráfico, seguirán siendo elevados durante la operación del metro pero que este no contribuye a su aumento si no a su disminución. No obstante se deberán adoptar otras medidas, ya no relacionadas con el metro, tendentes a disminuir los niveles de ruido en las calles de Quito ya que están por encima de las recomendaciones de la OMS.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor bajo y negativo en las fases de construcción y cierre, debido al pequeño valor del ruido que puede salir al exterior como consecuencia principalmente del transporte de tierras y materiales de construcción, y alto positivo en la fase de funcionamiento debido al que la reducción de vehículos privados que se producirá como consecuencia de la puesta en marcha del



metro, contribuirá a disminuir los niveles sonoros en la zona. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que la afectación al medio por emisiones acústicas durante el periodo de funcionamiento ha sido positiva por la reducción del tráfico rodado, y ligeramente negativo en las fases de construcción y cierre por el ligero incremento sonoro que pudiera transmitirse al exterior como consecuencia de las obras o del transporte de materiales.

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto negativo en la fase de construcción con una valoración de medio. Altamente positiva en la fase de funcionamiento y mantenimiento, y negativo con una valoración de medio en la fase de cierre. El carácter considerado es local, totalmente temporal para las fases de construcción y cierre, y permanente para la fase de funcionamiento. Reversible en las fases de construcción y cierre. Dicho impacto admite medidas preventivas y medidas correctoras de mitigación.

## VIBRACIONES

Durante las fases de construcción y operación del Metro se presentará impactos por vibraciones. En la etapa de diseño del metro se ha tomado en cuenta medidas de disminución y control de las mismas para que no afecten a edificaciones y al medio ambiente en general. Dichas medidas están descritas en el Capítulo 11 Planes de Manejo Ambiental del documento de Estudio de Impacto Ambiental. Las vibraciones dependen, entre otros aspectos, de las características mecánicas de los suelos y de la velocidad y peso de los trenes, la empresa Metro de Quito, mantiene estudios específicos sobre los temas antes mencionados.

En base al estudio de vibraciones naturales del terreno realizado por la empresa TRX Consulting y del estudio pormenorizado de la traza se ha definido la línea base actual de vibraciones que ya tiene el terreno de la ciudad de Quito y se han detectado varios tramos del túnel de línea donde se considera necesario utilizar sistemas de muy alta atenuación de vibraciones naturales (tráfico y otros) y como prevención a las vibraciones y el ruido durante la construcción y funcionamiento de la PLMQ.

En el Estudio de la empresa TRX Consulting para Metro de Quito se establecen varias zonas de posible afección a edificaciones por su sensibilidad a la transmisión de vibraciones. Estos son:

- Unidad Educativa del Sur PK 14+610
- Calle 6 El Calzado (200 m al norte de la Estación el Calzado) PK 15+645
- Calles Manabí y Guayaquil PK 22+026
- Estación de Universidad Central PK 25+490
- Estación La Pradera 26+910

En otras experiencias de proyectos similares a estos en Europa, los efectos sobre las personas han resultado poco significativos.

Partiendo de los Estudios de vibraciones naturales que ha realizado la empresa Metro de Quito, se puede llegar a la conclusión que las vibraciones muestreadas, son aquellas que se presentan actualmente en la ciudad, y que son ocasionadas en muchos de los casos por el peso del tránsito vehicular que soporta la ciudad y en algunos puntos de muestreo por actividades como la construcción u otras actividades.

La empresa Metro de Quito mantiene en los estudios de diseño del Metro y adicionalmente estudios específicos en donde se plantea una serie de actividades para mitigar y controlar las posibles afectaciones que podrían ocasionarse dentro de las diferentes etapas del proyecto. También está previsto un programa de monitoreo de las vibraciones que pueden generarse en la construcción y operación del Metro.

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que si bien es cierto es un impacto en la fase de construcción y operación será mitigado con las medidas ya incorporadas en el diseño definitivo de la primera línea del Metro de Quito.

## CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Los principales aspectos a considerar para la evaluación incluyen: maquinaria requerida para la obra, intensidad de camiones y vehículos, como automotores, circulando en las zonas de obra y estacionados en instalaciones auxiliares, cambios de aceite requerido, uso de grasas y lubricantes para maquinaria, condiciones establecidas en cocheras y talleres (impermeabilización de suelos, lavado de maquinaria, establecimiento de redes de transporte y desecho de sustancias contaminantes), uso de escombreras (lugares de acopio o de reutilización) y materiales a transportar a estos puntos (volumen y naturaleza de materiales transportados y desechados).

Tal y como se menciona previamente, se ha estimado un número de 1.104 vehículos (camiones) de obra al día, realizando unos 552 viajes de ida y otros tantos de vuelta, y una duración de 36 meses en total, siendo 20 meses los estimados para la fase de movimiento de tierras (o 14.400 horas de trabajo si las obras tienen lugar todos los días y la maquinaria trabaja constantemente). El cambio de aceite en camiones, grúas y otros vehículos suele estimarse en horas de trabajo realizadas (o kilometraje realizado), dependiendo de la maquinaria. Es el fabricante el que determina en los manuales de uso y mantenimiento cuándo debe realizarse el cambio estimándose en horas de trabajo (los vehículos suelen llevar horómetros incorporados). No se tiene conocimiento del tipo de camión que la constructora empleará para el transporte del material. Pero si se toma el ejemplo de un camión de gran capacidad de 10 ruedas que deba cambiar de aceite cada 2.000 horas de trabajo, requeriría al menos 7 cambios de aceite durante la duración del proyecto. Si se estima en 10 litros la capacidad del depósito de aceite, sería un total de 72 litros de aceite usado por vehículo. Este volumen de aceite debe ser debidamente cambiado, en zonas habilitadas para ello y depositado en los puntos especializados en su reutilización o desecho, tal y como establece la normativa ecuatoriana, para evitar la contaminación de suelos. Algunas fuentes que podrían generar aceites usados incluyen:



- Los motores del equipo pesado de construcción, de camiones, y vehículos automotores;
- Los motores de generadores eléctricos y compresores; y
- Equipos hidráulicos y sistemas de transmisión de los mismos equipos pesados, camiones y vehículos.

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

Fugas y derrames: en el área del proyecto pueden ocurrir fugas y derrames de hidrocarburos (combustibles de vehículos, maquinaria y equipos). Las fugas y derrames pueden ocasionarse al momento de la carga y descarga del producto, en el transporte y almacenamiento de combustible y en el área de almacenamiento durante el cambio de aceite de maquinaria o el repostaje (podría darse principalmente en la zona de talleres y en los cuartos de aceites y grasas en las dependencias auxiliares de la obra). Un buen sistema de drenaje con trampas de grasa incluidas prevendrá la salida del combustible derramado. De esta manera, también se prevendrá la contaminación por fugas y derrames al suelo y cuerpos de agua, fuera de las áreas de trabajo. En cualquier caso deberán asegurarse las mejores prácticas a la hora de cambiar aceites y grasas y gestionar los desechos.

Desechos: los recipientes o depósitos para residuos sólidos no biodegradables se ubicarán en las áreas de trabajo y centro de operaciones, para de esta manera fomentar la disposición adecuada y no sobre el suelo. Cuando se requiera un cambio de aceite, el aceite usado deberá ser recolectado y temporalmente almacenado en contenedores apropiados dentro del sitio, hasta que pueda ser retirado por el suplidor contratado o programarse su disposición en una instalación aprobada. Si se utilizan tambores o toneles de 55 galones, estos deberán ser transportados y dispuestos de forma apropiada. Todas las actividades menores de mantenimiento deberán realizarse sobre zonas acondicionadas cubiertas con una superficie impermeabilizada que evite la contaminación de los suelos.

En caso de derrame accidental: toda la cuadrilla de trabajadores deberá contar con los elementos básicos para evitar la propagación de un derrame de combustibles. También es importante que el sitio de almacenamiento cuente con los elementos básicos para evitar la infiltración al subsuelo. En caso de que ocurriera un derrame, la cuadrilla deberá detenerlo formando canaletas o barreras de contención alrededor del derrame. Una vez detenido, la cuadrilla deberá proceder a recoger el derrame con algún material absorbente como aserrín o arena, la cual debe estar fácilmente disponible. El residuo obtenido deberá ser tratado como residuo peligroso y la forma de tratamiento y disposición final estará recogida en el Programa de manejo de desechos peligrosos.

La prevención y contención son las alternativas preferidas para controlar los derrames pequeños y comunes que a menudo suceden cuando se cambia el aceite, se reparan las líneas hidráulicas y se añaden los refrigerantes a la maquinaria. Las almohadillas absorbentes deberán colocarse en el suelo, debajo de la maquinaria, antes de efectuar el mantenimiento. En cualquier caso está previsto en el proyecto un equipo de control de derrames.

Como se observa por los valores contemplados en los cuadros, la ocurrencia de contaminación de suelos, en caso de darse sería muy puntual (un derrame o fuga accidental en un punto determinado). Habrá más riesgo en las zonas de talleres donde tiene lugar el mantenimiento de maquinaria, cambios de aceite, repostajes y engrasados, así como en

las escombreras dónde se podrían producir vertidos de otros materiales que no sea tierra y cuyos lixiviados podrían contaminar los suelos. En cualquier caso las medidas preventivas necesarias son fácilmente aplicables.

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto de naturaleza negativa y valoración baja tanto en la fase de construcción como en la de funcionamiento y mantenimiento y en la fase de cierre. El área de influencia es puntual, y la duración transitoria (pudiendo ser temporal para las escombreras donde la contaminación pueda ocurrir de manera continuada). Presentará reversibilidad y el riesgo será bajo. Por todo ello, dicho impacto es bajo, aproximándose al medio en acciones relacionadas con el uso de escombreras y los desechos generados, admitiendo en todo caso medidas preventivas y correctoras de mitigación.

### CONSUMO DE RECURSOS GEOLÓGICOS

No se tiene previsto la apertura de nuevas explotaciones minerales para la construcción, funcionamiento y cierre del proyecto evaluado.

Así pues se van a utilizar recursos geológicos procedentes de explotaciones mineras en funcionamiento y que cuentan con las oportunas evaluaciones y licencias ambientales que demuestran que su impacto ambiental es admisible por lo que no es necesario realizar una valoración específica en este estudio de impacto ambiental.

### MODIFICACIONES EN LA GENERACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Esta evaluación se centra en aquellas acciones del proyecto que pueden producir una modificación sustancial en la generación de la escorrentía superficial. Se trata de aquellas acciones que van a provocar la impermeabilización del suelo y que por lo tanto van a aumentar el coeficiente de escorrentía de la zona afectada. El resto de acciones que pueden tener incidencia sobre la generación de escorrentía superficial se estima que no van a producir efectos significativos ya que no modifican sustancialmente el coeficiente de escorrentía actual ni van a producir por lo tanto incrementos significativos de los caudales y volúmenes circulantes por los ejes de drenaje.

Para las cocheras y talleres, que como se ha visto es la única zona en la cual es previsible que se genere un impacto significativo en la modificación de la generación de la escorrentía superficial, se estima una necesidad de suelo de aproximadamente 5 ha de las cuales 1,5 ha estarán destinadas a la implantación de la playa de vías.

En el caso concreto de la modificación de la generación de la escorrentía superficial, la intensidad se ha considerado baja en todos los casos, ya que la mayor parte de las áreas por las que discurre el metro ya están selladas y el metro es subterráneo. La extensión, por el mismo motivo se ha considerado baja a pesar de tratarse de una obra de 22 km de largo pues la situación futura no variará demasiado con respecto a la actual. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. La reversibilidad se ha considerada baja en todos los casos. El riesgo de que se produzca se considera alto en todas las fases.



Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor bajo y negativo en la fase de construcción y bajo positivo en la fase de cierre. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que las modificaciones en la escorrentía superficial han sido poco significativas, observándose mejores resultados en las fases finales de cierre tras producirse la rehabilitación de las áreas de drenaje previas.

Este impacto es negativo y de tipo medio en la fase de construcción y positivo y de tipo medio en la fase de cierre ya que se recuperan las condiciones actuales para la generación de escorrentía.

### CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL

Los análisis de aguas de escorrentía superficial realizados para este trabajo y los datos recogidos de otras fuentes indican elevados grados de contaminación de las mismas debido fundamentalmente a vertidos directos de aguas del alcantarillado de Quito. También hay que decir que algunas aguas naturales presentes en la zona ya presentan elevados contenidos en hierro y arsénico como consecuencia de la alteración y posterior disolución de algunos de los minerales que forman las rocas volcánicas que forman el sustrato de Quito.

La turbidez del agua en estos momentos también es elevada debido al elevado grado de erosión existente en las laderas y al vertido de aguas residuales.

Este impacto será significativo en las tres fases del proyecto si se producen vertidos incontrolados de sustancias contaminantes. Por las características del proyecto, las sustancias que pueden ocasionar mayores problemas si se produce el vertido incontrolado de las mismas son los hidrocarburos (combustibles, aceites, grasas) ya que a muy bajas concentraciones pueden arruinar la calidad del agua.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor medio y negativo en todas las fases. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que la contaminación de las aguas superficiales suele producirse como norma general como consecuencia de la emisión de material particulado en las obras de excavación, pero como norma general suelen ser poco significativas.

El impacto contaminación del agua superficial puede ocurrir en cualquiera de las tres fases del proyecto. Se trata de un impacto negativo de tipo medio y para su minimización habrá que aplicar la legislación en vigor para el almacenamiento y manipulación de sustancias contaminantes y otras medidas correctoras.

### EFEECTO DREN

Algunos autores hacen mención que en las obras subterráneas puede producirse lo que denominan “efecto dren”. Este fenómeno se produciría en el caso de que al construir el túnel no se comportara de una forma totalmente

estanca o impermeable, es decir, que dejase pasar agua a su interior, esto es conocido como efecto dren. Cuando se produce el efecto dren, el nivel piezométrico en las proximidades del túnel disminuye.

Para la mayor parte del trazado del túnel de línea se ha previsto la utilización de una máquina tuneladora tipo EPB (trabajo con frente cerrado y presión de tierras mantenida en la cámara por medio de un tornillo sinfín de evacuación de los productos excavados). Este tipo de maquinaria ha quedado demostrado tras años de utilización que impiden la entrada de agua por el frente así como por la zona final del escudo. En esta zona disponen de unos denominados “cepillos” que impiden que el agua entre en el interior del escudo, lo que provocaría la imposibilidad de trabajar en buenas condiciones.

El otro punto por donde podría entrar agua es el propio revestimiento definitivo. Este revestimiento está compuesto por un anillo de dovelas prefabricadas que se unen formando el anillo. La característica de prefabricadas hace que la calidad del hormigón, con una resistencia elevada, sea muy buena y por tanto impermeables. El punto más débil se fija en las juntas, sin embargo tampoco es posible que entre agua por las mismas ya que están provistas de unas juntas que impiden la entrada del agua.

En otro sistema utilizado para la construcción de gran parte del túnel es en mina por procedimientos convencionales, el procedimiento de ejecución considerado es el de excavación secuencial (SEM). En este caso el frente es abierto y el terreno se va sosteniendo y revistiendo a medida que se va avanzando. Este método se utiliza en zonas donde el nivel freático está por debajo de la cota de excavación y por tanto no se afecta al mismo, por tanto otra vez queda descartado el efecto dren.

El último método utilizado para la construcción de la Línea es el método denominado entre pantallas, en este caso es necesario rebajar el nivel freático en el interior de las mismas durante la fase de construcción, lo que apenas provoca mínimos descensos en el exterior y en ningún caso efecto dren.

En el proyecto Metro de Quito este efecto no se puede producir debido fundamentalmente al método constructivo empleado el mismo que se encuentra dentro del Estudio de Diseño de la Primera Línea de Metro de Quito, las medidas específicas para la mitigación y control de este impacto se muestran en el Capítulo 11 Plan de Manejo Ambiental del Presente Estudio.

### EFEECTO PANTALLA

De acuerdo con el diseño de la Primera Línea de Metro de Quito se puede asegurar que este efecto no se produce en ningún punto de la misma. En efecto en todo el trazado salvo en los primeros 700 metros el túnel diseñado es una sección circular o cuasi circular que evidentemente no puede interrumpir el flujo normal de agua.

Se ha realizado una modelización de la zona de una de las estaciones diseñadas para comprobar el comportamiento hidrogeológico de la zona. Este estudio se encuentra incorporado en el diseño constructivo final del Metro de Quito.



En la zona inicial, el diseño contempla la ejecución del túnel mediante el método denominado entre pantallas, por tanto cabría la posibilidad de existencia de este fenómeno, pero no tendría ninguna afección ya que la variación estaría en rangos similares a los que se producen por la variación estacional.

Como podemos apreciar, en la figura de la página siguiente, como el sentido del flujo del agua, marcado por las flechas rojas, es sensiblemente paralelo al trazado, por tanto el efecto barrera no se puede producir. Las pantallas tienen una profundidad que varía entre los 14 y los 18 metros y se apoyan en la formación Cangahua, formada en esta zona por arenas y gravas, y por tanto permeables por lo que aunque el flujo fuera transversal a la traza tampoco se produciría el efecto barrera.

Además se ha realizado una modelización de la zona de una de las estaciones diseñadas para comprobar el comportamiento hidrogeológico de la zona, cuyo resultado vuelve a certificar la no existencia de efecto barrera en la Línea.

Luego de analizar la modelación del comportamiento hidrogeológico realizado por la Empresa Metro de Quito se llega a la conclusión de la no existencia del efecto barrera en la Línea.

### CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En el caso concreto de la contaminación del agua subterránea, la intensidad se ha considerado alta en todas las fases debido al efecto que podría producirse como consecuencia de la contaminación. La extensión, se ha considerado alta en todas las fases, por el mismo motivo, al poder verse afectados acuíferos de importancia. La duración de las obras no es demasiado extensa en el tiempo en comparación con el periodo de vida útil del metro, por lo que su valor ha sido minorado. La reversibilidad se ha considerado media en todos los casos. El riesgo de que se produzca se considera medio por el tipo de obra de la que se trata.

Al final, aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado de valor medio y negativo en todas las fases. Esta conclusión, concuerda con las experiencias observadas en las obras de metro de otras grandes ciudades del mundo, en las que la contaminación de las aguas subterráneas es poco significativa y probable.

El impacto contaminación del agua subterránea puede ocurrir en cualquiera de las tres fases del proyecto. Se trata de un impacto negativo de tipo medio y para su minimización habrá que aplicar medidas que contemplen normas para el almacenamiento y manipulación de sustancias contaminantes y otras medidas correctoras.

### AFECTACIÓN A LAS COMUNIDADES BIOLÓGICAS

Para determinar la escala de calificación de la intensidad se ha considerado una intensidad alta si el impacto ocasiona la pérdida de especies endémicas o amenazadas o si el porcentaje de área con afección permanente es mayor al 5% de la superficie total de zonas verdes, una intensidad media si se ocasiona una pérdida de especies comunes que pueden ser recuperadas con mitigación sencilla y poco costosa o si el porcentaje de área con afección

permanente se encuentra entre el 2% y el 5% de la superficie total de zonas verdes y baja para la pérdida de especies que se recuperan naturalmente o con una ligera ayuda por parte del hombre o si el porcentaje de área con afección permanente es menor al 2% de la superficie total de zonas verdes.

El equipo consultor ha resuelto calificar la intensidad del impacto como baja, ya que las especies son comunes y fácilmente recuperables y el área de afectación permanente es menor al 2% respecto a la superficie total de zonas verdes.

Además la extensión se considera puntual ya que solo afecta a la zona en concreto donde la planta se vea afectada. Respecto a la duración se ha calificado como media ya que el impacto se presenta mientras dura la actividad y finaliza al terminar ésta, luego lo que habrá que hacer es aplicar las correspondientes medidas correctoras. En el caso de la afectación permanente se aplicarán medidas compensatorias que me originen la misma superficie de área verde.

El riesgo de que se produzca el impacto es bajo, además con todas las medidas de mitigación a emplear disminuye más aún si éstas son bien ejecutadas. La reversibilidad también se ha considerado como baja ya que el impacto es reversible a corto plazo.

Con todas estas consideración y aplicando la formulación, se obtiene un Valor del Índice Ambiental Ponderado que para la fase de construcción es de valor bajo negativo.

Como conclusión en referencia a este impacto es posible decir que se trata de un impacto negativo valorado como bajo, que actuará principalmente en la fase de construcción, de valoración baja, de carácter puntual, temporal y reversible a corto plazo. Dicho impacto admite medidas preventivas y correctoras de mitigación. Respecto al área de zona verde con afección permanente, se considera que es muy pequeña en comparación con la existente en el área urbana de Quito, no obstante se aplicará una medida compensatoria para recuperar la misma o mayor superficie en otra zona de Quito.

### AFECTACIÓN A LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD URBANA

En esta sección se valorará el impacto positivo que se genera en la fase de operación del sistema de metro, es decir durante su funcionamiento. Se ha tenido en cuenta, como se mencionó en la identificación de los impactos, que la movilidad se verá afectada negativamente en la fase de construcción y cierre, y aunque los perjuicios a la movilidad de la población no se consideran muy importantes se valorará también, como impacto negativo. En concreto, la ubicación de las estaciones y el diseño de la traza ha sido concebido desde el punto de vista de no afectar de forma relevante a la movilidad de la ciudad durante el periodo de construcción.

Los niveles socioeconómicos de las macrozonas que predominan son principalmente el nivel medio (69,2% de los hogares) seguido del nivel bajo (23,6% de los hogares). En cuanto al parque de vehículos y motorización de la urbe,



el estudio de movilidad revela los siguientes datos, siempre inferiores a las estadísticas de la administración competente, CORPAIRE, Corporación para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de Quito, perteneciente a la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito.

La investigación por hogares dice que existen unos 303.116 vehículos utilitarios disponibles para la movilidad personal de los residentes del DMQ. El número de vehículos por habitantes varía según las zonas de la ciudad, siendo mayor en la zona norte, alcanzando el 0,20 vehículos livianos/habitante, y menor en la zona de Quitumbe – sur urbano, con un valor de 0,09 vehículos livianos/habitante, en relación a la población total del DMQ.

El promedio de un día laborable son unos 4.271.565 desplazamientos con origen y destino y motivo específico. El 85% se realiza en medios motorizados, de los cuales el 73% se realizan en transporte público y el 27% en transporte privado. El autobús convencional es el modo claramente mayoritario, constituyendo un 63,5% de los desplazamientos en transporte público.

De acuerdo con las estimaciones efectuadas en otros apartados del presente Estudio de Impacto Ambiental, el número de viajes a realizar por los camiones de transporte de movimiento de tierras para depositar los materiales excavados en las escombreras es de 1104. Esto supone una intensidad de circulación adicional de 552 vehículos pesados al día en cada uno de los sentidos de circulación (ida/vuelta). Veamos la influencia que tendrá este aumento en la intensidad de circulación del tráfico de Quito.

De acuerdo con el *Manual de Capacidad de Carreteras* de la *United States Transportation Research Board*, en los análisis de circulación y planeamiento en arterias urbanas y suburbanas, a falta de datos concretos procedentes de aforos, la intensidad de saturación ideal se puede considerar de 1.900 vehículos ligeros/hora de verde/carril. En el caso que nos ocupa, tomando una relación rojo/ciclo total en la semaforización de los viales afectados de 1/5, la intensidad de saturación horaria neta resultante es de 1.520 vehículos ligeros/hora/carril.

Para pasar los camiones de transporte a vehículos ligeros equivalentes emplearemos el factor de conversión preconizado por el *Road Research Laboratory* de Gran Bretaña, que preconiza un factor de conversión, en el caso de carreteras urbanas y camiones pesados, de 2,5 vehículos ligeros/camión pesado. Por tanto, los vehículos ligeros a los que equivalen los 552 camiones que operan en cada sentido de circulación son 1.380. Si consideramos una jornada de trabajo diaria de 8 horas, el transporte de tierras hasta las escombreras produce un incremento en la intensidad de tráfico en el vial por el que circulan de 173 vehículos ligeros/hora.

En el caso de viales de 2 carriles, este tráfico adicional supone el 5,7% de la intensidad de saturación (3.040 vehículos ligeros/hora). Si los viales tienen tres carriles, un 3,8% (4.560 vehículos ligeros/hora), y si tienen 4 carriles, un 2,8% (6.080 vehículos ligeros/hora). Como se puede ver, este tráfico supone una proporción muy reducida sobre la intensidad de saturación en los tres casos. Adicionalmente, debe considerarse que no todos los vehículos circularán por el mismo vial, ya que se tienen previstas distintas escombreras, y además, pueden programarse varias rutas a una única escombrera.

Por todo lo anterior, se puede considerar que la circulación de los camiones de movimientos de tierras desde la zona de obras hasta las escombreras no tendrá una influencia significativa sobre las condiciones de tráfico en la ciudad de Quito.

En la actualidad, la situación que enfrenta la ciudad de Quito tiene un carácter estructural y es consecuencia de décadas de aplicación de un modelo de crecimiento basado en la expansión horizontal de la mancha urbana hacia los extremos norte y sur y los valles orientales, provocando una baja densidad de ocupación del suelo, con una inequitativa distribución territorial de los servicios que, desde el punto de vista de la movilidad, implica la concentración de destinos y de viajes radiales hacia el Centro Histórico de Quito y el hipercentro.

El estado actual de la movilidad en Quito, como ya se ha comentado, no es buena, se tiene constancia de que la capacidad de los viales de las zonas donde se ejecutarán las obras se encuentra en estos momentos ya superada, por lo que el aumento poco del tráfico pesado no supondrá un problema significativo añadido, ya que los problemas de colapso ya existen. A continuación se muestran datos que revelan la congestión vehicular en el municipio

Para el cálculo de la magnitud, es necesario obtener 3 variables, intensidad, extensión y duración. La intensidad de este impacto se calculará en base a 2 variables:

Ahorro de tiempo con la Primera Línea del Metro de Quito en comparación al resto de transportes motorizados: Según la *matriz de tiempos de trayecto* del Estudio de Viabilidad Técnica, el tiempo previsto para el recorrido de *Quitumbe a La Ofelia* es de 42,3 minutos, si se compara con el tiempo medio que se emplea para recorrer una distancia similar, según el EDM11, en transporte privado, un recorrido similar se ha considerado de Carcelén al centro histórico y de ahí a Quitumbe, el tiempo medio necesario para recorrerlo es 100,8 minutos, lo que supone un 57,24 % de ahorro de tiempo con el metro en comparación al vehículo privado.

Por otro lado, el sistema de transporte público de Quito está constituido por 172 líneas convencionales de transporte público operadas por 2.698 buses urbanos y 46 líneas interparroquiales operadas por 676 buses que brindan el servicio a los sectores localizados en la periferia de la ciudad y valles aledaños. Además dispone de 3 líneas de transporte masivo tipo BRT, el trolebús, la Ecovía y su continuación hacia el sur, el corredor Sur-Oriental y el corredor Centro-Norte. En la siguiente figura se muestra cómo quedará el Sistema Integrado de Transporte Masivo del DMQ.

Un viaje en el trole en Quito, durante las horas pico, puede tomar una hora y media desde el Terminal Norte hasta la estación de Quitumbe, similar al recorrido de Labrador a Quitumbe en metro. Suponiendo una media de tiempo, la duración de este trayecto en trolebús es de 40 minutos, si se extrapola la duración del trayecto en metro del proyecto completo al proyecto de la Primera Línea, es decir de Quitumbe a El Labrador la duración estimada sería de 33,4 minutos, por lo que el ahorro de tiempo respecto al sistema de transporte trolebús sería del 21%.

Teniendo en cuenta que el 27% de los 4.271.565 desplazamientos que se realizan como media en un día laborable, se hacían en transporte privado, y el 73% se realizan en transporte público, vamos a aplicar el peso específico de



cada uno de los valores para el cálculo del ahorro medio de tiempo. El resultado sería del **30,8% de ahorro de tiempo de media**, si se utiliza el metro en comparación con el transporte convencional actual en un día laborable.

Otra variable necesaria para calcular la intensidad de este impacto es el porcentaje de **población que se prevé que se beneficiará del nuevo sistema de transporte**. Según el EMD11 la población de Quito es de unos 2.370.884 habitantes, y la población de las 4 macrozonas que recorrerá el sistema de metro supone un total de 1.426.402 habitantes, esto es un 60,16 %, por lo tanto la Intensidad de este impacto se calcula a través del porcentaje de ahorro de tiempo en relación a la situación actual y porcentaje de población que es potencialmente beneficiaria de ese ahorro.

En el caso concreto de la afección a la movilidad y accesibilidad urbanas, se ha considerado que debido a las tareas de excavación de túneles y obras en superficie que tendrán lugar, provocará cortes y desvío en calles al tráfico y peatones, no obstante no existirá una elevada intensidad de este impacto en las fases de construcción, es decir no se considera muy significativo, principalmente porque a pesar de las obras que se prevén realizar en superficie, éstas solo tendrán lugar sobre vías en 3 de las estaciones (Jipijapa, Ñaquito y La Carolina) y las calles donde tendrán lugar disponen de doble carril, por lo que a pesar de que uno de ellos se corte, los vehículos dispondrán del otro para circular. Es cierto que provocará un tráfico más lento, pero el perjuicio será el mínimo posible. En la fase de funcionamiento se considera uno de los impactos positivos más importantes.

Al ser un impacto positivo el producido en la fase operación y funcionamiento, no precisará de medidas preventivas, correctoras o compensatorias.

Esta obra promoverá la consecución de algunos de los objetivos del “Plan Especial del Centro Histórico de Quito” (perteneciente al “Plan Estratégico Quito hacia el 2025), como consolidar la estructura urbana y revalorizar los espacios simbólicos y de encuentro ciudadano.

### AUMENTO DEL EMPLEO Y LA ACTIVIDAD ECONÓMICA

El número de empleos directos que se prevé crear son un total de 2.200 totales en la fase de construcción (hasta 2015 aproximadamente), empleos que serán de carácter temporal y 1.155 hasta el 2045 en la fase de operación.

El porcentaje de aumento de empleo por tanto, con relación a la población activa actual será de 0,28 % de empleos con una duración de unos 3 meses, y un 0,15 % de trabajos fijos, con relación a la población activa, si se tiene en cuenta el crecimiento medio del empleo en el DMQ.

Según el Instituto Nacional de Estadística del Ecuador y con referencia a las tasas de crecimiento trimestrales de Quito en el último año, se ha calculado una media de un 1,175% de crecimiento de empleo. Para el cálculo de la intensidad de esta variable se tendrá en cuenta la creación de empleo del nuevo proyecto en relación a una tasa de crecimiento del 1,175%. Según esta información se ha calculado un aumento del porcentaje de crecimiento de empleo durante los 3 primeros años del 23,8%, aunque sean empleos temporales, en relación al último año en la

ciudad de Quito, y para el funcionamiento del metro, es decir en empleos fijos el porcentaje, de aumento de la tasa de crecimiento es del 12,7%.

Al ser impactos positivos, no precisarán de medidas preventivas, correctoras o compensatorias. Además, en este estudio no se han incluido medidas para potenciar los beneficios de estos impactos, pero en relación al trabajo si se indican unas normas internacionales que se plantean como requisitos obligatorios para el contratista y/o promotor del proyecto, en el marco de las normas de la Organización Internacional del Trabajo, OIT. En este sentido se asegurará el cumplimiento de la **Declaración de la OIT relativa a los principios y derechos fundamentales en el trabajo**, en la que se expresa el compromiso de gobiernos y organizaciones tanto empresariales como de trabajadores de respetar y defender los valores humanos fundamentales, en concreto para nuestro proyecto se hará especial incidencia en el control de la contratación para evitar, por cualquier medio, que se den las siguientes situaciones:

- Trabajo forzoso u obligatorio.
- Trabajo infantil.
- Discriminación en materia de empleo y ocupación.

### MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN DE QUITO

Como ya ha sido analizado, la instalación de un nuevo sistema de transporte como el metro, posibilitará que la población pueda desplazarse con mayor comodidad y fiabilidad. Esta línea de comunicaciones conectará además otros sistemas de transporte público de la ciudad, haciendo la red de transportes más integrada y útil. Una mejor comunicación y transportes en una ciudad hacen que sea más llamativa, tenga una imagen de modernidad y utilidad que provoca que se construyan más viviendas y a la vez que más población pueda acceder a las mismas. Este crecimiento de la ciudad favorecerá la economía local directamente y a corto-medio plazo, por la demanda de mano de obra para la construcción, y a largo plazo como efecto del desarrollo de nuevas actividades industriales y de servicios en el término municipal. Todo esto favorece la mejora de la calidad de vida de la población.

Por otro lado, se tienen los aspectos relacionados con la pobreza, educación, seguridad, sanidad, etc., los cuales resultan difíciles de cuantificar en este estudio ya que se verán afectados indirectamente. Según los resultados del Estudio de Movilidad desarrollado, las conclusiones de la encuesta revelan que los desplazamientos corresponden a estudios (32,5%); trabajo (31,1%); razones personales (24,3%); compras (4,4%) y razones médicas (3,1%). En este sentido se puede concluir que una mejora general de la movilidad en la ciudad afectará de forma positiva a la mejora del acceso a los centros educativos, de la misma forma a otros centro como los sanitarios, culturales, etc. Igualmente un aumento de calidad de vida promoverá a su vez una mejora de la calidad de vida de la población más pobre de la ciudad. Aunque el trazado de la Primera Línea del Metro de Quito no conecta zonas suburbanas, si conecta las líneas de transporte periféricas con este eje vertebral de la ciudad, facilitando el acceso al centro histórico, financiero y comercial de Quito.



En la fase de construcción, el impacto es negativo medio, la población sufrirá molestias de diversa naturaleza, aunque la proporción de la población será pequeña y la duración de impacto también.

En el caso de la fase de funcionamiento, este impacto se ha valorado como positivo alto, según el cálculo del valor del Índice Ambiental. Al ser un impacto positivo, no precisará de medidas preventivas, correctoras o compensatorias.

Siguiendo los debidos estándares, este proyecto asegurará el respeto a los derechos humanos en todos los sectores y ámbitos que se puedan ver alterados, tal y como establece la Carta de los Derechos Fundamentales de la Unión Europea y las buenas prácticas internacionales, integrado en el documento *The EIB Statement of Environmental and Social Principles and Standards, 2009*, incluso se impulsará este respeto en las actividades indirectas que se puedan generar. Un ejemplo de esto se puede ver en las directrices marcadas para la contratación en la construcción y funcionamiento del metro, en el apartado anterior, para lo cual se asegurará el cumplimiento de los requisitos de la Organización Internacional del Trabajo, OIT.

## AFECTACIÓN AL PATRIMONIO CULTURAL

Los estudios realizados, demuestran la existencia de depósitos alterados en todas las zonas estudiadas.

En las estaciones El Ejido y San Francisco se encontraron evidencias arqueológicas aborígenes y coloniales, entremezcladas y fragmentadas, estas evidencias son mínimas en Quitumbe – Cocheras. En el resto de Estaciones y en Áreas Especiales: no se registró material arqueológico alguno

La información generada en dicho estudio se deberá tener en cuenta durante la fase de construcción de las obras, y se deberá realizar un seguimiento arqueológico de las mismas.

Con respecto a las edificaciones patrimoniales, desde 1989, el Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural FONSAL, efectuó la protección, consolidación, reforzamiento y restauración de todas las iglesias y muchas edificaciones patrimoniales del CHQ. Actualmente, el Instituto Metropolitano de Patrimonio, mediante el plan "Pon a Punto tu Casa", efectúa intervenciones en estructuras y cubiertas de las casas particulares inventariadas dentro de los límites y áreas de amortiguamiento del CHQ.

El estudio de edificaciones y servicios afectados en el área de influencia de la PLMQ, realizado por Metro de Madrid, revela que de un universo de 733 edificaciones del Centro Histórico de Quito entre San Diego y La Alameda, apenas once tienen problemas estructurales, de éstas ocho son viviendas abandonadas y dos son edificios patrimoniales.

Las edificaciones patrimoniales sensibles son:

- El conjunto religioso de la Concepción, estimándose un 10% de la crujía sur con daños estructurales moderados. Cabe indicar que el Instituto Metropolitano de Patrimonio ha venido interviniendo en los procesos de reforzamiento y restauración del conjunto.

- EIEEx Colegio San Luis Gonzaga ubicado en la calle Benalcázar entre Sucre y Espejo, junto a la iglesia de La Compañía de Jesús, edificio que se eligió como prototipo para el estudio de ingeniería y patrimonio que paralelamente al estudio de edificaciones indicado, se está efectuando.
- Hospital San Lázaro, calles Bahía, Ambato y García Moreno, edificaciones que parcialmente están desocupadas y que el IMP viene interviniendo en su reforzamiento y recuperación.

Se están efectuando estudios puntuales en las edificaciones con patologías que afectan a las estructuras.

De las experiencias de colectores construidos en el CENTRO HISTORICO DE QUITO por la EPMAPS, como es el caso del colector "El Tejar-Mejía-La Marín que cruza transversalmente el centro histórico, y que fue ejecutado con el método tradicional, no se produjo afectación alguna a las edificaciones y estructuras patrimoniales, por lo que éste método a ser aplicado en la construcción del túnel para el metro, en el tramo que atraviesa el CHQ, se considera el más adecuado ya que no producirá ni vibraciones ni impactos negativos en las estructuras y edificaciones patrimoniales.

Por los antecedentes expuestos, se colige que los métodos constructivos a aplicarse en el Centro Histórico, tanto para las estaciones como para el túnel, esto es Cut and Cover y Convencional, respectivamente, son los más adecuados dadas las condiciones particulares del sector, con ello se asegura mínimo impacto tanto por vibraciones como de asentamientos.

Con las evidencias encontradas en la Plaza de San Francisco, este impacto se califica como bajo y negativo en la fase de construcción y cierre, pudiéndose modificar esta valoración una vez se estén ejecutando las obras.

En la fase de funcionamiento, este impacto puede considerarse como positivo, y se valorará, según los cálculos realizados y plasmados en las tablas anteriores, como medio, pudiendo variarse esta valoración en el momento en el que se produzca la puesta en marcha del metro y puedan valorarse sus efectos. Este impacto se considera positivo en la fase de funcionamiento por los siguientes motivos:

- En el Centro Histórico, la eliminación o reducción de sistemas de transporte superficiales, facilitará el transporte a pie por el centro y la visibilidad de edificios de interés
- Se disminuye la afectación a materiales por la contaminación proveniente de la quema de combustibles fósiles
- El Metro apoya el Plan de Peatonalización del Centro Histórico, ya que persigue el objetivo de desincentivar el uso del vehículo privado.
- Aumento de la creación de espacios públicos cerrados y creación de nuevos espacios socioculturales.
- Impacto positivo al patrimonio cultural inmaterial (precautelación del respeto del patrimonio cultural inmaterial)



- Promueve el impulso de las actividades sociales y culturales, ayudando a alcanzar el objetivo 7 marcado en el Plan Nacional del Buen Vivir, o Plan de Desarrollo de la República de Ecuador: Construir y fortalecer espacios públicos interculturales y de encuentro común.

## IMPACTOS PAISAJÍSTICOS

La fragilidad del paisaje se define como su capacidad para acomodar los cambios producidos por una actuación concreta sin perder su valor o carácter paisajístico y, por tanto, depende de las características propias del paisaje y de las características de la actuación a implantar en él. Son inversamente proporcionales, es decir, un paisaje con una alta fragilidad tendrá una escasa capacidad para acomodar e integrar los cambios en él producidos.

Se trata ahora de determinar la vulnerabilidad del ámbito de actuación, es decir, su capacidad de acomodar cambios de acuerdo con las características paisajísticas propias, independientemente de la actividad prevista.

Así pues la importancia de los impactos paisajísticos es leve, salvo en el caso de las obras en superficie que afectan al centro histórico en el cual la importancia es moderada debido a la singularidad de la zona y que en la misma se tiene que poner el máximo empeño en la correcta integración de las obras en superficie y cuidado en las obras subterráneas para no afectar a bienes patrimoniales de elevado interés.

Se trata en general de impactos moderados o leves, de extensión puntual, la incidencia es directa y la duración es a largo plazo. Los impactos tienen signo negativo salvo aquellos impactos que suponen labores de restauración.

Fundamentalmente los impactos paisajísticos se generarán en la fase de construcción y cierre. En la fase de funcionamiento la infraestructura prevista quedará integrada en su entorno ya que mayoritariamente es subterránea y en superficie solo serán visibles las bocas de metro. En cuanto a la escombrera esta será restaurada por lo que terminada la obra también quedará integrada en el paisaje. La cochera se ubica en un paisaje periurbano por lo que una vez terminadas las obras los edificios también se integrarán en su entorno.

Solo cabe destacar la alta sensibilidad del centro histórico de la ciudad declarado patrimonio de la Humanidad y con un valor patrimonial elevado por lo que los impactos paisajísticos podrían afectar a dicho valor.

La importancia de los impactos paisajísticos en las tres fases y para cada una de las unidades de paisaje afectadas es leve, salvo en el caso del centro histórico de Quito que es moderado.

En el caso del centro histórico de Quito, durante las obras tendrá que ponerse el máximo cuidado en evitar el deterioro irreversible del patrimonio cultural durante las obras. El diseño de las obras visibles desde la superficie tendrá que integrarse en el entorno evitar afectar a visual de elevado interés sobre el patrimonio cultural presente.

## AFECTACIÓN A LA SALUD POR GENERACIÓN DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Si bien este impacto no se ha considerado significativo, y no ha sido seleccionado i entre los preliminares para su valoración, si se procederá a su descripción con la finalidad de informar sobre el mismo, pues los temas de generación de campos electromagnéticos y su afectación a la salud, pueden provocar cierta alarma social.

Como se indicará a continuación, este impacto no es significativo ni se tiene constancia de que los campos electromagnéticos, a los niveles que se generarán en el metro, provoquen efectos perjudiciales para la salud.

El suministro de energía para transportes masivos como ferrocarril o metro, se realiza mediante líneas eléctricas.

Tanto las líneas eléctricas que suministran la energía para el funcionamiento del metro, como los motores y equipos de tracción de los trenes, pueden generar campos eléctricos y magnéticos, aunque como se ha indicado en apartados anteriores, son los correspondientes a las líneas eléctricas que suministran la energía los más significativos.

En lo que se refiere a las líneas eléctricas de suministro, el campo eléctrico disminuye rápidamente al aumentar la distancia a los conductores y son apantallables casi por cualquier materia: paredes, árboles, suelo, etc. Por lo tanto, al ser como norma general líneas que van enterradas en los tramos urbanos, no existe afectación a la superficie.

De acuerdo con este hecho, la *Norma Española UNE 215001-2004-“Procedimientos normalizados para la medida de los campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial producidos por las líneas eléctricas de alta tensión”*, expresa lo siguiente:

*“En caso de las líneas eléctricas subterráneas de alta tensión el campo eléctrico se encuentra totalmente apantallado por el terreno, además los conductores serán apantallados y conectados a tierra, por lo que el campo eléctrico que se crea es nulo y no debe realizarse ningún tipo de medida”.*

En lo que se refiere al campo magnético, se tienen mayores dificultades de apantallamiento, pero su valor decrece rápidamente con la distancia.

Los valores son muy inferiores al máximo de 100  $\mu$ T recomendado por el Consejo de la Unión Europea.

Según se indica en la página web de la Organización Mundial de la Salud, los trenes tienen una o más locomotoras que están separadas de los vagones de pasajeros. En consecuencia, la principal fuente a la que se exponen los pasajeros es la fuente de alimentación eléctrica del tren.

En los vagones de pasajeros de los trenes de larga distancia pueden existir campos magnéticos de varios cientos de  $\mu$ T cerca del suelo y de intensidades inferiores (decenas de  $\mu$ T) en otras partes del compartimento. Los campos eléctricos pueden alcanzar intensidades de 300 V/m.

Los motores y equipos de tracción de los trenes y tranvías normalmente están ubicados bajo el suelo de los vagones de pasajeros. A nivel del suelo, las intensidades de los campos magnéticos pueden alcanzar niveles de hasta



decenas de  $\mu\text{T}$  en las partes del suelo situadas justamente encima de motor. La intensidad del campo disminuye drásticamente con la distancia al suelo, de manera que la exposición del tronco de los pasajeros es mucho menor.

Según la OMS, en los últimos años, las autoridades públicas de diversos países han realizado numerosas mediciones para estudiar los niveles de los campos electromagnéticos en el entorno cotidiano. Ninguno de estos estudios ha concluido que los niveles medidos puedan producir efectos perjudiciales para la salud.

La Oficina Federal alemana de seguridad radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) midió recientemente la exposición diaria a campos magnéticos de unas 2.000 personas con diversas ocupaciones y grados de exposición en lugares públicos. Todas las personas llevaron dosímetros personales durante las 24 horas. Los niveles de exposición medidos presentaron una gran variación, pero la exposición media diaria fue de  $0,10 \mu\text{T}$ . Este valor es mil veces menor que el límite establecido para la población de  $100 \mu\text{T}$  y 200 veces menor que el límite de exposición para trabajadores de  $500 \mu\text{T}$ . Además, los niveles de exposición registrados por los habitantes de los centros de las ciudades indicaron que no existen en este sentido grandes diferencias entre la vida en zonas rurales y la vida en la ciudad. Incluso la exposición de las personas que viven en las inmediaciones de líneas de conducción eléctrica de alta tensión se diferencia muy poco de la exposición media de la población.

Cada país establece sus propias normas nacionales relativas sobre exposición a campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de estas normas nacionales se basan en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP). Esta organización no gubernamental, reconocida formalmente por la OMS, evalúa los resultados de estudios científicos realizados en todo el mundo. Basándose en un análisis en profundidad de todas las publicaciones científicas, la ICNIRP elabora unas directrices en las que establece límites de exposición recomendados. Estas directrices se revisan periódicamente y, en caso necesario, se actualizan.

Los valores de los campos electromagnéticos generados como consecuencia del funcionamiento del metro o del suministro de la energía eléctrica necesaria para su puesta en marcha son inferiores en todos los casos a los máximos recomendados por la OMS, por lo que no existe riesgo para la salud de las personas.

Además, según se indica en la página web de la OMS, del conjunto de los resultados de todas las investigaciones no puede deducirse que los campos electromagnéticos produzcan efectos a largo plazo sobre la salud, como el cáncer. Los organismos nacionales e internacionales fijan y actualizan las normas basándose en los conocimientos científicos más avanzados, con el fin de proteger contra los efectos sobre la salud conocidos.

## 6.1 CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Para concluir este Estudio es necesario valorar los resultados de la evaluación de impactos, ya que a pesar de haber obtenido varios impactos negativos, todos ellos admiten medidas de prevención o mitigación, o bien su duración o magnitud no es comparable a la duración o magnitud de los grandes beneficios que proporciona la Primera Línea del Metro proyectado para el DMQ.

En primer lugar, los impactos asociados a la construcción de esta gran infraestructura, las molestias a la población por ruido, emisión de gases y partículas por encima de los niveles normales, o vibraciones superiores a las que se producen diariamente, o bien los perjuicios que pueden causar al ambiente unos mayores niveles de emisión de gases contaminantes y partículas, se ven disminuidos en la fase de funcionamiento a niveles inferiores a los existentes en la actualidad, y no dejan de ser molestias habituales que cualquier obra provoca. En la fase de diseño donde se incluyen las acciones previas a la construcción, se producirán molestias similares debido a la ejecución de los estudios geológicos, para lo que se han efectuado prospecciones subterráneas al igual que para el estudio arqueológico, aunque en mucho menor grado que para las acciones de la fase de obra propiamente dicha del proyecto, también se ha causado ciertos cortes o desvíos en la movilidad de peatones principalmente pero también de tráfico y los ruidos, gases y partículas asociados a la maquinaria y los propios sondeos, aunque debemos volver a recalcar que no se han considerado significativos, por lo que no tienen una valoración cuantitativa en este estudio.

En el siguiente listado se han priorizado y justificado los impactos positivos y beneficios que acarreará este proyecto, incluyendo aquellos que aún estando en la lista de impactos negativos, consideramos que son beneficios plausibles y generalizados de esta obra:

- Notable mejora en la calidad de vida de la población de Quito.
- Promueve la integración y ordenación urbana y el consecuente desarrollo territorial.
  - Aumento de la comodidad, fiabilidad y ahorro de tiempo en los desplazamientos
  - Mejora el acceso a los puntos de interés, bien sean de carácter laboral, comercial o turístico.
  - Desarrollo urbano en torno al proyecto, potenciación del Centro Histórico y puesta en valor de recursos arqueológicos. Potenciación del turismo.
  - Aumento de creación de espacios públicos, como nuevos espacios sociales y culturales
  - Mejora de la accesibilidad y movilidad urbanas en el DMQ, mejora del acceso a centros educativos, sanitarios y sociales
  - Inclusión socio-económica de los sectores ubicados en la periferia e integración urbana, gracias al Sistema Integrado de Transportes del DMQ del que forma parte vertebral el metro
- Libera el tráfico rodado superficial en las principales vías, lo que permite disminuir la congestión, la contaminación por gases de combustión y el ruido, así como el tiempo empleado en los desplazamientos.
  - Aumento de la productividad laboral.
  - Reducción en la importación de combustibles, ya que el nuevo sistema de metro utilizará energía eléctrica y porque el parque vehicular disminuirá



- Mejora de la calidad del aire de Quito, contribuyendo a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y a mitigar el cambio climático
- Mejora de la salud pública por reducción de la accidentalidad y menor contaminación ambiental.
- Generación de puestos de trabajo, en todas las fases del proyecto y además serán empleos de calidad y estables. Diversificación del empleo: Tanto la construcción como el funcionamiento de este servicio promoverán la creación de un elevado número de empleos directos, no obstante, los puestos de trabajo indirectos también aumentarán, debido al desarrollo y crecimiento económicos de la población.
- Desarrollo de una nueva cultura ciudadana y una actitud positiva hacia los servicios públicos de calidad.
- Aumento de la actividad comercial y económica.
- Aumento de la población en el área de influencia directa lo que promoverá el desarrollo social. Indirectamente un medio de transporte integrador y masivo ayuda a evitar la segregación económica y social y a disminuir los índices de pobreza.
- Desarrollo tecnológico y transferencia de conocimientos. Se considera un beneficio tanto para Ecuador como para Europa compartir conocimientos sobre tecnología ferroviaria. Se produce una transferencia directa de tecnología desde Europa, por la participación de empresas españolas.
- Mejora el uso de los recursos naturales, como los derivados del petróleo, ya que sustituye la energía de combustibles fósiles por energía eléctrica, y además se disminuye la contaminación por los gases que emite la combustión de dichos recursos.
  - El consumo de energía y la ocupación de espacio son dos de las características en que los sistemas de transporte Metro son más eficientes. Estudios realizados por administraciones de otros países ponen de manifiesto que el espacio utilizado por los sistemas de metro es inferior al utilizado por buses y mucho menor en el caso de automóviles, y en relación al consumo de energía, con la misma cantidad de energía equivalente por pasajero, el Metro recorre más distancia que el bus y más del doble que el automóvil.

Existe riesgo de que se produzca contaminación de suelos por accidentes o derrames de aceites, grasas o carburantes, no obstante el impacto se considera insignificante ya que está previsto que se tomen importantes medidas preventivas y se gestionen adecuadamente los residuos producidos. Por otro lado, hay que considerar que se tiene constancia de que se producen accidentes y vertidos de lubricantes o bien otros contaminantes debido al tráfico rodado actual. Este nivel o riesgo de contaminación puede ser levemente superior al normal en la fase de construcción del metro, pero evidentemente bajará a niveles inferiores de los actuales en la fase de funcionamiento, debido a que habrá menos vehículos circulando en superficie y por tanto susceptibles de sufrir accidentes y contaminar el suelo.

El riesgo de contaminación del agua tanto superficial como subterránea se puede asemejar al riesgo de contaminación de suelos. En principio, durante la fase de construcción se aplicarán todas las medidas necesarias según la legislación vigente para evitar esa contaminación, que nunca será superior a la de cualquier obra de una envergadura similar, por lo que la relevancia de este posible perjuicio es bastante improbable. En cuanto a la dinámica del agua superficial y subterránea, ésta se puede ver alterada, pero como se ha comentado, se hará un estudio hidrológico-hidráulico intensivo con el fin de identificar y conocer con exactitud las características de los caudales circundantes y se realizarán las obras de forma que se altere lo mínimo posible, y siempre aplicando todas las medidas de mitigación que existan para evitar cambios en los regímenes naturales o bien cambios en las escorrentías que puedan provocar o acentuar eventos de inundaciones.

En cuanto a las comunidades biológicas que se pueden ver afectadas de forma negativa, hay que tener en cuenta que el impacto será bajo pero puntual, ya que son los parques los que albergan esas comunidades biológicas, y no suponen una extensión ni una riqueza biológica de gran valor. Además, este impacto también está ligado a las obras de construcción, por lo que será de duración temporal. Una vez terminen estas obras, todos los parques y sus comunidades florísticas y faunísticas serán restaurados, siempre intentando mejorar las condiciones naturales de dichas áreas, en relación a la situación actual. No obstante, se aplicarán también medidas de protección en las áreas que así lo requieran.

En cuanto a los impactos sociales, se evidencian tanto impactos positivos como negativos. Los principales impactos positivos del Proyecto son: mejora en la movilidad y accesibilidad urbana, mejora en la calidad de vida, aumento del empleo, mayor dinamización de la actividad económica urbana, ahorro de tiempo, ahorro energético, reducción en costos de operación vehicular, reducción contaminación atmosférica, contribución a revertir cambio climático, disminución de accidentabilidad y disminución de ruido. Por otra parte, los impactos sociales que desde algún punto de vista se podrían considerar como negativos son: las molestias temporales a la ciudadanía por efecto de la construcción del Proyecto y la expropiación de seis predios. Con relación a las molestias temporales, este impacto está mitigado con las medidas de control ambiental, de seguridad y de buena vecindad a aplicarse durante la fase constructiva del Proyecto. Con relación a las seis expropiaciones, el proceso de expropiación fue pacífico y no existió conflicto social ya que se establecieron pagos justos a los propietarios de los lotes. Es necesario mencionar que las expropiaciones fueron de predios sin habitabilidad humana, por lo que se establece que el Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito no generará reasentamientos humanos de ningún tipo.

El patrimonio cultural, así como más específicamente los restos arqueológicos que se prevén descubrir con esta obra, sí se consideran de un gran valor, por lo que se aplicarán todas las medidas existentes para su protección, atendiendo también a la exigente legislación vigente. También es de destacar que es una buena oportunidad para descubrir, restaurar y exponer aquellos restos indicados y que se espera aparezcan en el lugar donde se va a construir la estación de San Francisco, por ejemplo. Existen experiencias anteriores, como es el caso del nuevo intercambiador de la puerta de sol en Madrid (España), en el cual se ha restaurado y expuesto a los viajeros los restos de los cimientos de la iglesia del Buen Suceso. Es ésta una buena oportunidad para poder poner en valor y mostrar a la población y a los turistas parte de la ciudad Inca que reposa debajo del centro histórico de Quito.



En cuanto a este último impacto, por supuesto se aplicarán las medidas preventivas necesarias para que no se vean dañados los edificios y monumentos que se encuentran en el centro de la ciudad y que tienen un alto valor, declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1978. Esto último responde en parte a los impactos visuales negativos ya valorados. De nuevo, estos impactos se producirán únicamente en la fase de construcción y cierre de este proyecto, lo que supone un carácter temporal, si bien en la fase de funcionamiento del metro, la infraestructura prevista quedará integrada en su entorno ya que mayoritariamente es subterránea y en superficie solo serán visibles las bocas de metro, que deberán integrarse en la estética urbana en la medida de lo posible. Una vez en funcionamiento, este sistema de metro permitirá que un mayor número de visitantes pueda contemplar este valioso patrimonio cultural, lo que supone de nuevo una ventaja económica y social del proyecto.

La movilidad supone uno de los impactos directos positivos más perceptibles. En este sentido es importante reseñar que en la actualidad está en proceso de desarrollo el Plan de Movilidad Sostenible del Centro Histórico de Quito, que pretende poner en valor el espacio público mediante la peatonalización del centro histórico de Quito, para lo cual es necesario dar solución a los problemas de accesibilidad, primando el transporte público con respecto al privado, y a lo cual contribuirá de forma significativa la puesta en marcha de la Primera Línea del Metro de Quito, que complementará al resto del transporte público existente apoyando el cumplimiento de los objetivos de movilidad y accesibilidad perseguidos.

Los metros de Santiago de Chile, Bogotá, Santo Domingo y los estudios realizados para el metro que se encuentra en construcción en la ciudad de Panamá pueden servir como antecedentes perfectos para pronosticar el éxito que va a suponer la construcción de la Primera Línea del Metro de Quito, sin olvidar la experiencia de la empresa de Metro Madrid, que ha diseñado el proyecto.

Por éstas y por las anteriores razones se concluye que esta obra supondrá un antes y un después para el desarrollo de la ciudad de Quito y su población y por ende para el impulso económico y social del país.

## 7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El presente Plan de Manejo Ambiental (PMA) describe los procedimientos y directrices a implementarse para limitar el impacto de las actividades que potencialmente afectarían al ambiente y al medio social. Al implementar estos procedimientos y directrices se ayudará a minimizar los impactos ambientales negativos que podrían presentarse durante las diferentes etapas del proyecto.

Los planes de manejo ambiental que se presentan a continuación se encuentran diferenciados para cada una de las fases del proyecto, las mismas que son: diseño, construcción, operación y mantenimiento, y cierre.

Los planes de manejo ambiental considerados son los siguientes:

- Plan de Prevención y Mitigación de Impactos

- Plan para contribuir a evitar el cambio climático
  - Plan de prevención y reducción de la contaminación del aire, ruido y vibraciones
  - Plan de prevención y mitigación de la contaminación de los suelos
  - Plan de prevención y mitigación sobre la geología y geomorfología
  - Plan de prevención y mitigación de afectación al agua
  - Plan de prevención y mitigación de la afectación de las comunidades biológicas
  - Plan de prevención y mitigación del deterioro de la movilidad y accesibilidad urbana
  - Plan de prevención y mitigación de la afectación al patrimonio cultural
  - Plan de prevención y control de impactos paisajísticos
- Plan de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
  - Plan de Contingencias y Respuesta a Emergencias
  - Plan de Relaciones Comunitarias
  - Plan de Capacitación Ambiental
  - Plan de Manejo de Desechos
  - Plan de Rehabilitación de Áreas Afectadas
  - Programa de Cierre y Abandono
  - Plan de Mantenimiento
  - Plan de Monitoreo y Seguimiento

### 7.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN

#### 7.1.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS

##### PLAN PARA CONTRIBUIR A EVITAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las medidas que se aplicarán en esta fase para evitar y mitigar el cambio climático son:



- Los motores de combustión interna de automotores y de maquinarias deberán estar perfectamente calibrados de acuerdo a las especificaciones técnicas de los fabricantes para minimizar las emisiones de gases y los consumos de combustibles fósiles emisores de CO<sub>2</sub>. Así mismo se deberá realizar los mantenimientos necesarios al objeto de mantenerlos en perfecto estado de funcionamiento.
- Se propenderá a la utilización de motores de alta eficiencia energética.
- Para cualquier tipo de iluminación artificial que sea necesaria durante la etapa de construcción se utilizará tecnología de iluminación de bajo consumo energético.
- Las escaleras mecánicas se dotarán de sistema de parada cuando no sean utilizadas y de arranque automático ante la presencia de pasajeros dispuestos a su uso.

## PLAN DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, RUIDO Y VIBRACIONES

### Medidas para el control de la contaminación del aire por material particulado

Los impactos más importantes asociados principalmente a la fase de construcción se asocian a la emisión de polvo que se generará como consecuencia de los movimientos de tierra, así como el producido en las demoliciones y como consecuencia del transporte del material sobrante de la excavación y escombros. También existe el riesgo de transporte de partículas de cemento, arena y cal, entre otras, producto de las actividades de la construcción.

Para prevenir o minimizar el impacto de contaminación del aire por emisión de material particulado, se aplicarán las siguientes medidas:

- Establecer controles de limpieza y recolección del material sedimentado tanto en la zona de obras, caminos de acceso, canteras, áreas de acopio, área de influencia, etc.
- Establecer lugares adecuados para el almacenaje, mezcla y carga de los materiales de construcción, deben estar localizados en sectores cuyos usos del suelo sean compatibles con estas actividades, concretamente deberían evitarse sitios adyacentes a áreas residenciales.
- Presentar cerramiento periférico, que aisle física y visualmente las actividades que se desarrollen dentro de estos lugares.
- Usar riegos periódicos de agua en estas zonas para evitar la migración del material a consecuencia del viento.

- Limpieza y mantenimiento adecuado de los vehículos de transporte de materiales para evitar que las ruedas u otras partes del vehículo porten barro que pueda ser depositado en otras zonas, y que tras su secado, por efecto del viento, ensuciar el entorno.
- Mantener húmedas, durante la temporada seca, las áreas de trabajo que presenten suelos desnudos, para minimizar la dispersión de polvo.
- Cubrir y confinar los materiales almacenados y aquellos productos del movimiento de tierras para evitar el arrastre del mismo por la acción del viento y la lluvia.

Dentro del PMA se mantiene el detalle de las demás actividades a ser implementadas.

### Medidas para el control de la contaminación del aire por emisiones gaseosas

Los impactos más importantes asociados a la fase de construcción se asocian a un aumento en las emisiones gaseosas como consecuencia del funcionamiento de los equipos y maquinaria de construcción, si bien, en la fase de operación, este impacto será positivo y alto como consecuencia de la previsión de la reducción del tráfico rodado tras la puesta en servicio de la línea de metro.

Para prevenir o minimizar el impacto de contaminación del aire por emisiones gaseosas, se aplicarán las siguientes medidas:

- Realizar el mantenimiento adecuado de toda la maquinaria de construcción y transporte para maximizar la eficiencia de la combustión y minimizar la emisión de contaminantes.
- Establecer un control documental exigiendo tanto a contratistas como a subcontratistas que los vehículos y maquinaria de construcción tengan las revisiones legales establecidas.
- Los contratistas y prestadores de servicios de automotores y maquinarias, deberán presentar mensualmente informes de la revisión vehicular correspondiente tanto del estado mecánico, físico y elementos de seguridad industrial de las unidades.
- Establecer un cronograma para la operación con la maquinaria de construcción, así como establecer rutas favorables para los vehículos de transporte con el fin de minimizar, en lo posible, el tiempo de operación de las fuentes de emisión.
- Adaptar a los filtros de los vehículos y equipos diésel utilizados para la construcción (cuando aplique), un sistema de catalizadores de oxidación que reducirá las emisiones de CO<sub>2</sub>, HC y partículas (PM<sub>10</sub>).
- Diseñar un Plan de Monitoreo Ambiental en todos los frentes de obra con frecuencia bimestral para el control de la contaminación atmosférica por emisión de gases.



- Implementar un plan para la medición de Compuestos Volátiles Orgánicos (COV's) que permita verificar la presencia de gases previo al avance de las obras subterráneas y durante la realización de estos trabajos, con el propósito de evitar explosiones o afectación de los trabajadores (seguridad industrial).

#### **Medidas para el control de ruido**

Los mayores impactos en relación a la generación de ruido, durante la fase de construcción, se asocian al uso de maquinaria y equipos, así como a otras actividades comunes de construcción que tienden a incrementar los niveles de ruido de forma temporal.

Entre las medidas a implementar para minimizar las afectaciones por ruido durante la fase de construcción, se debe cumplir con lo siguiente:

- Adoptar limitaciones temporales a las obras, evitando trabajos en horario nocturno y evitando realizar las actividades más ruidosas (como empleo de martillos neumáticos) en horas poco adecuadas.
- Proceder a la insonorización de equipos y fuentes fijas que lo permitan. Instalación de silenciadores en los tubos de escape y de sistemas de amortiguamiento de ruidos.
- La maquinaria utilizada estará homologada por los servicios técnicos autorizados en lo relativo a los niveles de potencia acústica admisible, emisión sonora de máquinas, equipos de obras y vehículos a motor.
- Realizar apantallamiento acústico en zonas ambientalmente más sensibles.
- Cumplir con todas las normas, regulaciones y ordenanzas gubernamentales en referencia a control de niveles de ruido aplicables a cualquier trabajo relativo al contrato.
- Dentro del PMA se mantiene el detalle de las demás actividades a ser implementadas.

#### **Medidas para el control de las vibraciones**

Las actividades propias de la construcción del Metro, son la remoción y demolición de estructuras, el movimiento continuo de equipo pesado, el uso de equipos y maquinarias para realizar las excavaciones y perforaciones, el movimiento de la cabeza cortadora de la tuneladora, así como la instalación de las infraestructuras del metro. Estas actividades podrían generar la propagación de vibraciones en el terreno. Se indican a continuación las principales medidas que deberán ser adoptadas e implementadas para lograr evitar o mitigar dichas vibraciones:

- En la medida de lo posible, todo elemento productor de vibraciones (motores, servomotores, válvulas, etc.) descansará sobre bancadas anti vibratorias. Además se intentará tener presente su alejamiento de los lugares habitados, y/o infraestructuras y estructuras afectables.

- Desarrollar un programa óptimo de elección y uso de cortadores en la cabeza de la tuneladora, adaptado a los tipos de terreno (roca, suelos) que se atraviesen en cada segmento del túnel. A partir de las observaciones y hallazgos que se vayan realizando durante el proceso de excavación y los resultados del monitoreo de vibraciones en las áreas y estructuras adyacentes, con el objeto de minimizar la generación de vibraciones. Se deberá optimizar la operación de la tuneladora, en función del tipo de terreno atravesado, en términos por ejemplo de la velocidad de rotación, longitud máxima de elongación del eje de la cabeza cortadora (stroke) antes de retraer y reubicar los soportes para evitar la rotación excéntrica, etc.
- Se establecerá un programa de monitoreo permanente de vibraciones, a lo largo de la línea, con énfasis en los tramos a ser desarrollados en túnel y en las zonas más vulnerables, por ejemplo edificaciones antiguas, o muy cercanas a la línea.
- Conducir inspecciones de integridad estructural en estructuras críticas (pre y post construcción).
- Informar al público que vive y trabaja en las cercanías sobre las obras que se realizarán, en el caso de ser necesario se informará sobre los posibles efectos de las vibraciones, medidas de control, precauciones a ser tomadas, y los canales de comunicación disponibles al público en general. Adicionalmente.
- Notificar al público afectado cuando los trabajos de remoción y excavación van a ser realizados.

### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS**

#### **Medidas preventivas**

Pese al riesgo leve de que se produzca una contaminación de los suelos, se han previsto una serie de medidas preventivas:

- Las actividades auxiliares se establecerán en zonas que no poseen un alto valor ambiental y los posibles vertidos accidentales serán fácilmente detectables.
- Se implantarán medidas de vigilancia para evitar vertidos incontrolados de aceites o sustancias contaminantes.
- Se desecharán los residuos conforme a la legislación vigente y se solicitarán las autorizaciones requeridas cuando sea necesario.
- Se preverán lugares específicos para el almacenamiento de combustibles, lubricantes, y productos tóxicos o peligrosos, donde se aplicarán medidas adecuadas para evitar fugas, conforme la legislación aplicable.



- Se ubicarán herramientas adecuadas en las zonas identificadas con mayor riesgo y cercanas a los sistemas de drenaje para asegurar su uso rápido en caso de necesidad (palas, recipientes plásticos y materiales absorbentes).
- Se aplicarán las mejores prácticas a la hora de cambiar aceites y grasas, lavar maquinaria, y gestionar desechos, siguiendo las pautas establecidas en el Programa de manejo de desechos y en las actividades de capacitación y educación (tanto de este programa con del general sobre capacitación). Se procederá a su almacenamiento adecuado en contenedores apropiados y a su retirada por el gestor autorizado.
- Se asegurará el uso apropiado de escombreras o vertederos, cuyas características ya sean las adecuadas para albergar los residuos a generar y evitar la contaminación de suelos por lixiviados. Se utilizarán en la medida de lo posible áreas que ya han sido usadas y adecuadas para este fin.

#### **Medidas correctoras**

Las medidas a tomar son las siguientes:

- En el caso de un derrame accidental el personal deberá detenerlo formando canaletas o barreras de contención alrededor del derrame.
- Se procederá a la recogida de la sustancia (grasa, aceite, lubricante etc.) con algún material absorbente como aserrín o arena, o almohadillas especiales. Estos materiales se tratarán como residuos peligrosos y la forma de tratamiento y disposición final estará recogida en el apartado de manejo de desechos peligrosos dentro del Programa de manejo de desechos.
- Las escombreras a utilizar deberán estar acondicionadas para el depósito de desechos específicos (escombros, tierra, roca).
- El contratista deberá obtener las oportunas autorizaciones administrativas de los campamentos de obra, talleres, fábricas de dovelas, etc que pueda utilizar no contemplados en el proyecto. El contratista no podrá utilizar dichos áreas en tanto no aporte las oportunas autorizaciones a la fiscalización de obra y esta le autorice su ocupación. Los gastos de obtención de las autorizaciones correrán a cargo del contratista.

#### **Medidas compensatorias**

La **Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (Libro VI Anexo 2)**, no contempla compensaciones económicas en caso de contaminación de suelos. Sí indica la obligatoriedad de aplicar procedimientos de remediación, el monitoreo de las acciones de remediación para alcanzar los objetivos o valores establecidos por la norma, así como la de dar aviso por escrito a la Entidad Ambiental de

Control y los datos a incorporar. Por ello, no se contemplan medidas compensatorias en este supuesto, sino la correcta aplicación de aquellas correctoras mencionadas previamente y recogidas en la Norma.

#### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LA GEOLOGÍA Y LA GEOMORFOLOGÍA**

Las canteras que se utilizarán durante la vida del proyecto estarán legalizadas y se habrán sometido a procedimientos de evaluación ambiental. Estas canteras deberán cumplir con los planes de manejo aprobados en su día por la autoridad competente.

#### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE AFECTACIÓN AL AGUA**

##### **Medidas correctoras**

- Todas las instalaciones tanto temporales como permanentes se dotarán de sistemas de intercepción de la escorrentía superficial que será evacuada a través de los colectores o ejes de drenajes existentes en la zona.
- La escombrera antes de su abandono se dotara de sistemas de evacuación del agua de escorrentía superficial. Los sistemas de evacuación deberán ser capaces de interceptar y conducir al cauce más cercano tanto las aguas de escorrentía que se generen en la propia escombrera como las aguas de escorrentía exterior.
- La zona de cocheras y talleres se dotara de un sistema de laminación de la escorrentía producida en la zona de manera que las puntas de caudal producidas por la impermeabilización de la zona no aumenten el riesgo de inundación o superen la capacidad de evacuación de los cauces utilizados para su vertido final.
- En el caso de requerirse un abastecimiento de tipos de combustibles que no sean comercializados en gasolineras se deberá contar con los permisos respectivos ante las autoridades ambientales ecuatorianas, y los sitios de almacenamiento temporal deberán cumplir con la NT INEN 2266 y demás normas para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias peligrosas.
- Los materiales peligrosos (aceites, grasas, residuos peligrosos, etc.) se almacenaran en recintos cubiertos, dotados de solera impermeabilizada y sin conexión exterior. Es conveniente que estos recintos estén dotados de sistema de recogida de derrames y fugas conectada con una arqueta impermeabilizada que favorezca la recogida de los posibles residuos que se generen. El almacenamiento temporal de este tipo de materiales deberá cumplir con la normativa ambiental y de seguridad vigente.
- La cochera se dotara de instalaciones para eliminar las grasas y aceites de las aguas residuales así como los residuos del lavado de trenes de manera que el agua sea asimilable a urbana antes de su vertido a la



red de alcantarillado. Si dicha instalación no puede conectarse con la red de alcantarillado se dotará de una estación depuradora de aguas residuales adecuada a las características del agua residual generada (aguas de limpieza de convoyes, aceites, grasas, sanitarios, duchas, etc.).

- En el eventual caso de que se llegará a presentar el efecto dren se procederá con la impermeabilización de las paredes del túnel que discurren bajo el acuífero.
- En cuanto al efecto pantalla o barrera, en la zona inicial, el diseño contempla la ejecución del túnel mediante el método denominado entre pantallas, por tanto cabría la posibilidad de existencia de este fenómeno, pero no tendría ninguna afectación ya que la variación estaría en rangos similares a los que se producen por la variación estacional.

#### **Medidas Complementarias**

Se propone algunas medidas de mitigación complementarias, para el caso no probable de que se produzca el efecto pantalla. Si la continuidad al flujo se realiza por encima de la infraestructura creada. En este caso:

- Rebaje del nivel de las losas de cubierta, y disposición de un material filtrante sobre las mismas.

Si se da continuidad al flujo por debajo de la infraestructura. Se podrían distinguir:

- Apertura de portillos (sistemas de comunicación hidráulica entre ambos lados de las pantallas mediante huecos en los muros pantalla por debajo de la contrabóveda). Conductos de transferencia del agua, entre los paramentos exteriores de las pantallas.
- Conductos de transferencia del agua, entre los paramentos exteriores de las pantallas.
- Captación del agua y transferencia, de un lado al otro del túnel artificial, mediante bombeo o sifones y pozos de recarga.

#### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA AFECTACIÓN A LAS COMUNIDADES BIOLÓGICAS**

Actualmente la empresa Metro de Quito mantiene un inventario forestal de los sitios que podrían verse afectados por las actividades a realizarse en las diferentes etapas del proyecto. Este documento de adjunta en el Anexo 14 del Estudio de Impacto Ambiental.

#### **Medidas preventivas**

- Protecciones mediante balizamiento: en el caso de ejemplares arbóreos importantes no afectados directamente y relativamente alejados de la línea de ocupación, se llevará a cabo el balizamiento mediante cinta plástica de los límites a proteger, para impedir el paso de personal y maquinaria de la obra.

- Protecciones individuales: Para el caso de ejemplares aislados y primera línea de bosquetes no afectados directamente, pero que quedan muy próximos al límite de ocupación, serán necesarias medidas de protección individual de los fustes, mediante forrado con tablillas de madera de pino tratada, con el fin de que no sean dañados por golpes eventuales de la maquinaria. Principalmente los árboles del Parque de El Ejido que son considerados patrimonio.
- Trasplantes: Se llevarán a cabo sobre ejemplares arbóreos singulares presentes, de forma aislada o en bosquetes, en terrenos ocupados por la actuación, que presenten condiciones favorables para su trasplante. Cuando los ejemplares sean de gran porte, la operación se realizará preferiblemente con maquinaria trasplantadora especial que realiza la extracción, transporte y plantación de forma secuencial, además de haber ejecutado previamente la apertura del hoyo de destino. Habrá que verificar que únicamente se talen aquellos árboles que sean estrictamente necesarios para la realización de las obras de construcción del Metro y que se trasplanten hacia áreas públicas aquellas especies que puedan soportarlo. También se realizará rescate y reubicación de flora en las áreas auxiliares que contengan vegetación de importancia ecológica, económica o que sus poblaciones se encuentren amenazadas. Las especies de plantas serán rescatadas antes del inicio de la limpieza y desarraigo de la vegetación. Además, cuando inicie la tala el personal de rescate de flora deberá estar en los sitios donde se derriben los árboles, para tratar de coleccionar las plantas de interés. El rescate de flora se realizará en coordinación permanente con la autoridad ambiental competente.

#### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL DETERIORO DE LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD URBANA**

##### **Medidas preventivas de aplicación durante la fase construcción y obra**

Con el fin de reducir el impacto por obstrucción de vía o efecto barrera, tanto para el tráfico como para los peatones se llevarán a cabo las siguientes medidas:

- El plan de manejo debe integrar rutas, horarios y procedimientos para garantizar mínimos impactos al tráfico de la ciudad, para ello:
  - a) Se establecerá una línea básica de tránsito, en la que se asegurará que no habrá cortes ni alteraciones.
  - b) Se definirá de forma clara el plan de desvíos de tráfico, las vías que quedarán obstruidas o alteradas y el tiempo de duración de las mismas. Este plan incluirá también las áreas que se habiliten temporalmente para cierto uso de viandantes.
  - c) Las líneas de buses, trole y otros transportes, serán reestructuradas para evitar las zonas de obra, siempre respetando la similitud y cercanía al trayecto real.



- d) Para los peatones también se instalarán dispositivos y señalización, con el fin de crear el menor malestar posible.
- e) Las obras se llevarán a cabo siempre que sea posible en horarios de menor afluencia de peatones y tráfico, por ejemplo durante la noche siempre que no generen ruidos.
- f) Señalizar y limitar las rutas que seguirá la maquinaria pesada.

## PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA AFECTACIÓN AL PATRIMONIO CULTURAL

### Medidas Preventivas

En relación al componente arqueológico se llevarán a cabo las siguientes acciones:

- Realizar el monitoreo arqueológico: Esta medida se ejecuta de forma paralela a la remoción de suelos que se realiza para las obras de infraestructura. El monitoreo arqueológico se efectúa para recuperar alguna evidencia arqueológica o información que aún subsista en el subsuelo, luego de haber cumplido con la prospección y el rescate.
- En cuanto a las edificaciones del centro histórico, declaradas patrimonio de la humanidad o simplemente de gran valor histórico-cultural, se aplicarán las siguientes medidas preventivas durante la fase de construcción, que buscan proteger el patrimonio urbanístico y arquitectónico.
- Cuando empiecen la tareas constructivas, en zonas no críticas se realizarán monitoreos de prueba para confirmar, o descartar la posibilidad de que se presenten vibraciones a nivel superficial. Esto permitirá de ser el caso, coordinar las acciones necesarias con el IMP para la implementación de protecciones específicas en puntos críticos antes del paso de las excavaciones del túnel.
- Aquellos sitios más cercanos al área de influencia directa del proyecto, que sean considerados de interés patrimonial, serán inspeccionados con anterioridad y durante el paso de la excavación de túnel; con la finalidad de verificar el estado de los mismos, monitorear si existe presencia de vibraciones y en el caso de requerirse se coordinará las medidas de protección necesarias con el IMP.
- Se instalarán elastómeros en las zonas sensibles del centro histórico para reducir las vibraciones, el número y tipo que se requiera.

### Medidas correctoras y compensatorias:

Si durante el control y monitoreo arqueológico de esta fase de obra se realizasen descubrimientos arqueológicos, se desarrollará una propuesta de conservación en base a un estudio interdisciplinar de los bienes arqueológicos muebles recuperados y por recuperarse en el Proyecto de arqueología de Metro Quito. Además con esto se

actualizará el Plan de Manejo de Bienes Culturales. Así mismo si se realizasen descubrimientos arqueológicos durante esta fase se procederá a su Puesta en Valor social, como se ha definido en la fase de diseño de este plan.

En el caso que ocurriera algún deslizamiento, hundimiento o derrumbe que ocurriesen próximas a las edificaciones identificadas, podrían perjudicar parcial o totalmente su cimentación y/o estructura. En ese caso se recomienda lo siguiente:

- El Contratista deberá cumplir con los requisitos definidos por las autoridades competentes, según el tipo de perforación realizada, en cuanto a distancia de áreas residenciales y estructuras, incluyendo en esta última los Monumentos Históricos y los Recursos Patrimoniales, y que además se cumpla con todos los estándares locales e internacionales referentes a vibraciones derivadas del proceso constructivo.

Si fuese necesario, se deberá ejecutar un Plan de Restauración y/o Rehabilitación de aquellos Monumentos Históricos o Recursos Patrimoniales que pudieran haberse visto afectados por la construcción.

## PLAN DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE IMPACTOS PAISAJÍSTICOS

Las medidas de aplicación durante la fase de construcción son las siguientes:

- En las áreas verdes, realizar el desbroce estrictamente necesario de aquellas áreas donde se instalarán las estructuras de la Primera Línea del Metro.
- Restaurar las zonas verdes afectadas tras la realización de las obras.
- Implantar en la medida de las posibilidades nuevas zonas verdes en las zonas afectadas por las obras.
- Restauración y revegetación de la zona de escombrera cuando se termine su uso como tal. La zona de escombrera restaurada podrá ser utilizada como zona verde, dotacional deportiva, etc.
- Aprovechar las áreas de acceso a las estaciones para establecer parques y jardines que ofrezcan un ambiente que contribuya a reducir el impacto visual de las instalaciones del Metro.
- Las zonas de obra en superficie se dotarán de vallados perimetrales que actúen como barreras visuales junto a las zonas más frecuentadas por las personas. Estas vallas podrán ser decoradas por artistas locales al objeto de mejorar su integración paisajística.
- En la Plaza de San Francisco y estaciones cercanas a elementos singulares del patrimonio cultural durante las obras se habilitarán pasillos, aéreas, infraestructuras que permita la contemplación del patrimonio cultural allí presente.



- Las bocas de metro se diseñaran para integrarse en el medio urbano y arquitectónico de la zona de ubicación

### 7.1.2 PLAN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL

La Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito, dentro de su estructura organizacional cuenta con una Unidad de Responsabilidad Social la misma que está constituida de una Dirección General, tres Coordinaciones: 1) Seguridad y Salud Ocupacional, 2) Protección Ambiental, 3) Acción Social; y una Asistencia departamental. Esta Unidad en relación al campo de la Seguridad y Salud Ocupacional ha considerado tres grandes líneas de acción de interés común:

1) Gestión y Control del Proyecto fase construcción.- Considerado de capital importancia para la prevención y protección de los trabaja, trabajadores contratistas y público en general, desde el inicio de actividades y con la expectativa de desarrollar un sistema de administración en esta línea de acción, para su implementación en la obra constructiva.

2) Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional.- Basado en lo realizado en el punto anterior, consiste en la consolidación de una estructura documental que servirá de base para la administración de los recursos de seguridad y salud ocupacional

3) Interacción Ciudadana.- El interés del bienestar y una saludable relación con la comunidad es considerado dentro del accionar de la fase constructiva, es así que, bajo una óptica integral la comunicación externa con organismos de control, la ciudadanía y partes interesadas debe estar guiada por estándares mínimos de acción y cumplimiento que involucren responsablemente los aspectos de seguridad.

Las tres líneas de acción definidas, deben estar enmarcadas fundamentalmente en el cumplimiento legal y especificaciones técnicas aplicables, como mínimo indispensable para apoyar a una gestión eficiente de la organización.

De manera general se describe el proceso implementación del plan de Seguridad y Salud Ocupacional:

Compromiso de la Dirección.- Como paso inicial es el compromiso de la Dirección frente al reto que implica introducir controles en la estructura de las diferentes actividades de la fase de construcción.

Planificación y organización del proyecto.- Inicialmente se nombra una jerarquía con responsabilidad y autoridad suficiente para la supervisión del proceso, se describen las responsabilidades y obligaciones, de la línea de mando de la fase constructiva, desde el nivel gerencial de contratistas y subcontratistas y empleados en general además de los requisitos legales de obligado cumplimiento.

Identificación de riesgos.- En la fase constructiva, se ha optado por tomar a la Seguridad y Salud Ocupacional como base de gestión; se describen los diferentes tipos de factor riesgo como físicos, químicos, mecánicos, ergonómicos, sicosociales, biológicos y sus medidas de prevención asociadas, adicionalmente se dispone de una matriz de asociada (anexo 16 del EIA) con su valoración para la gestión adecuada; también se describen riesgos provenientes a accidentes mayores como son incendios, explosiones, inundaciones o actividad sísmica.

Desarrollo de la documentación.- La elaboración de documentos y mecanismos de control de fácil trazabilidad es fundamental en la comprensión y seguridad durante la fase de construcción y para su aplicación inmediata, así como también, sirve como mecanismo de aprendizaje para personal nuevo. La documentación está pensada para ser de alcance y aplicación de para todo el personal. A continuación se mencionan los siguientes que son obtenidos de la identificación del riesgo para control:

- Trabajos con redes eléctricas
- Operación con maquinaria pesada
- Trabajos con maquinaria de elevación
- Excavaciones y zanjas
- Trabajos con soldadura
- Trabajos en excavaciones subterráneas
- Uso de equipo de protección personal
- Procedimientos de Señalización
- Protección y prevención de incendios
- Medicina laboral preventiva
- Traslado de accidentados y enfermos
- Exámenes médicos
- Normas para mujeres embarazadas y población vulnerable
- Indicadores y medidas de verificación

**Contingencias y respuesta a emergencias.-** Para la implementación del Plan de Contingencias las responsabilidades principales estarán asignadas al Gerente del Proyecto, Supervisor de la Obra, Supervisores de Área, Departamento de Salud, Seguridad, Ambiente y Comunidad, empresa contratista. Estas responsabilidades y obligaciones se describen con amplitud en el documento. Como regulaciones particulares se debe:

Instruir a cada empleado a reconocer y evitar condiciones que situaciones que puedan resultar riesgosas

Instruir a los empleados requeridos para actuar en casos de emergencia

Asegurar que los empleados cumplan con las regulaciones nacionales e internacionales al respecto.



Instruir a los empleados requeridos sobre la naturaleza de los peligros involucrados, las precauciones necesarias a ser tomadas y el uso de equipos de protección y emergencia requeridos

Estas regulaciones están contenidas dentro de las políticas básicas y prioridades de actuación.

La organización del plan de contingencias y respuesta a emergencias se estructura en los siguientes componentes:

- Medidas de prevención y contención de derrames
- Medidas de respuesta a emergencias
- Previsiones de seguridad
- Definición de responsabilidades
- Plan de acción para emergencias
- Equipos y materiales para el control de emergencias
- Programas de entrenamientos y simulacros
- Revisiones y actualizaciones del plan
- Criterios de clasificación de lesiones

La organización del plan requiere de procedimientos como instrumentos de información y actuación y que son parte de las provisiones de seguridad los cuales se indican a continuación:

- Procedimiento general de acción para emergencias.
- Procedimiento de acción en derrames de combustibles o lubricantes
- Procedimiento de acción ante conato de incendios
- Procedimiento de acción en incendio
- Procedimiento de acción ante accidentes laborales
- Procedimiento de acción ante accidentes con sustancias químicas
- Procedimiento de acción ante accidentes con riesgos biológicos
- Procedimiento de acción ante colapso en la clave del frente de excavación
- Procedimiento de acción ante inundaciones del frente de excavación del túnel
- Procedimiento de acción ante explosión
- Procedimiento de acción ante afectación súbita de infraestructuras durante las excavaciones subterráneas
- Procedimiento de acción ante pérdida de suministros de energía en excavaciones subterráneas
- Procedimiento de acción en caso de salida de suelos contaminados
- Procedimiento de acción ante fenómenos naturales: sismos

Seguimiento y mejora continua.- Se evalúa la pertinencia de la documentación así como también su aplicación por medio de inspecciones y una auditoría interna de primera parte, estas generarán acciones preventivas y correctivas sobre aspectos que no se encuentren en conformidad permitiendo la optimización del sistema.

### 7.1.3 PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS

#### OBJETIVOS

El Plan de Relaciones Comunitarias tiene como objetivos i) implementar un proceso de relacionamiento permanente e inclusivo con los distintos actores en todas las fases del proyecto, estableciendo relaciones en etapa temprana para crear un tono positivo con los distintos actores; ii) promover un proceso participativo relacionado con el Metro el cual es parte del Sistema Integrado de Transporte Masivo; iii) lograr una buena relación con los actores sociales basados en aspectos esenciales e intangibles como la confianza, respeto mutuo, comprensión; iv) establecer una relación dilógica con la comunidad que permita prevenir situaciones de conflicto durante la construcción y operación del Metro.

#### ÁMBITOS

Político: socializar el compromiso del Gobierno Local, es decir del Municipio de Quito, para la ejecución de esta importante obra, información a actores claves, concejales, juntas parroquiales, líderes de barrios, presidentes de barrios afectados .

Técnico: socialización de la obra desde sus aspectos técnicos, beneficios para la ciudadanía, y el mejoramiento de la movilidad en la ciudad. Beneficios en general.

Ciudadano: socialización e información en detalle a los barrios afectados por la obra, entrega de información oportuna, talleres en los que se lleguen acuerdos y compromisos con los barrios afectados. Empoderamiento de la propuesta. Estrategia

#### ACCIONES

De acuerdo a cada uno de los ámbitos, se deberá desarrollar acciones específicas, con resultados para cada una de estas.

Es importante hacer un trabajo en todos los espacios, marcar hitos del desarrollo del proyecto, empezar lo antes posible con el empoderamiento de la ciudadanía de la obra.

Se propone hacer campañas masivas macro y acciones específicas de difusión, talleres, eventos, y otras estrategias BTL.



## ETAPAS:

- **Inicio:** hablar de los beneficios, socializar masivamente el proyecto
- **Intermedio:** acciones puntuales, con grupos específicos, enfocados en los actores claves y zonas de afectación
- **Final:** empoderamiento de la propuesta, apoyo al desarrollo de la obra

Para cada una de estas etapas se coordinara con la empresa ejecutora del proyecto, para establecer acciones de acuerdo al avance de la obra y las necesidades de implementación del proyecto, por lo tanto de la comunicación.

### 7.1.4 PLAN DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL

La idea, además de la impartición de los talleres, consiste en disponer y poder ofrecer un programa de formación continuo e integral, de forma que el personal involucrado y en especial los gerentes y supervisores tengan más en cuenta los aspectos ambientales en la toma de decisiones y consecuentemente involucren al personal especializado en temas ambientales como parte fundamental del equipo. La capacitación del equipo de trabajo servirá también para que se pueda clarificar cualquier duda o aplicar los conocimientos adquiridos en los momentos necesarios de la vida del proyecto, ya sea en su fase de construcción, en la de funcionamiento y mantenimiento o en la de cierre. De forma específica, se concienciará e informará a la población del área de influencia del proyecto.

De cara al **personal de la obra**, ya sean contratados por la empresa constructora o subcontratados o proveedores, en este caso se tratarán tres temas de importancia para el correcto desarrollo de las actividades de construcción, y de operación y mantenimiento, que son:

- Seguridad laboral, tema desarrollado anteriormente en el **Plan de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional**.
- Procedimientos de Emergencia, desarrollado ya en el **Plan de Contingencias y Respuesta a Emergencias**.
- Protección Ambiental, en este tema se incluiría el **Plan de Manejo de Desechos, que está desarrollado en el siguiente apartado**, el cual ya contiene un plan específico de formación, La protección ambiental requiere incorporar además los conocimientos que se describen en el apartado de estructura y contenidos.

En cuanto a la **población local y otros interesados** o afectados por el proyecto, grupos sociales, ecologistas o asociaciones de vecinos, está previsto que se realicen charlas sobre:

- Se informará de las medidas que se aplicarán para minimizar las afecciones negativas, poniendo de manifiesto siempre que dichos impactos se producirán únicamente en la fase de obra, pero que una vez entre en funcionamiento del metro los niveles de estos contaminantes disminuirán sustancialmente, mejorando la calidad del aire de la ciudad, con respecto a la actualidad
- Sobre la función que cumple la infraestructura vial, instruir sobre las prohibiciones que se deriven de la nueva infraestructura o bien los problemas que se pueden ocasionar en el futuro. Aquí se trata de formar e informar sobre los beneficios ambientales del proyecto y el comportamiento que debemos seguir en la utilización de este medio. La población debe comprender los cambios con respecto a otros sistemas de transporte, como el tipo de energía que utiliza, los residuos que produce, etc..

Las charlas que incluye este Plan de Capacitación ambiental variarán en función de las necesidades y de la contratación de personal, ya que será progresiva, sobretudo en la fase de operación del proyecto, no obstante, en la fase de construcción el número de personas que se prevé contratar es elevado, llegando a unas 2200 personas.

- Riesgos existentes
- Tratamiento de residuos peligrosos y reciclables
- Señalización de obra

CURSO	TRABAJADORES-		POBLACIÓN, AFECTADOS E INTERESADOS – DURACIÓN	OBSERVACIONES
	FORMACIÓN GENERAL – DURACIÓN (INICIAL/RECICLAJE)	FORMACIÓN ESPECÍFICA – DURACIÓN (INICIAL/RECICLAJE)		
Control de erosión y sedimentación.	30 min / 5 min Frecuencia anual	30 min / 5 min Frecuencia anual	En el taller genérico de capacitación se incluirá una pequeña explicación sobre estos fenómenos 10 min La frecuencia será la misma que las charlas genéricas que se impartan durante la fase de construcción	
Control de derrames de hidrocarburos y químicos	30 min / 5 min Frecuencia anual	30 min / 5 min Frecuencia anual		
Manejo de residuos sanitarios, peligrosos y no peligrosos	30 min / 10 min Frecuencia mínima anual	1 hora / 10 min En este caso el reciclaje tendrá una frecuencia trimestral		Incluido y presupuestado en el plan de manejo de desechos
Riesgos existentes de derrumbes, deslizamientos e inundaciones	30 min / 5 min Frecuencia anual	30 min / 5 min Frecuencia anual		Se necesitan conocimientos técnicos para entender y poder



CURSO	TRABAJADORES-		POBLACIÓN, AFECTADOS E INTERESADOS – DURACIÓN	OBSERVACIONES
	FORMACIÓN GENERAL – DURACIÓN (INICIAL/RECICLAJE)	FORMACIÓN ESPECÍFICA – DURACIÓN (INICIAL/RECICLAJE)		
Riesgos de inundaciones, crecidas y desbordamientos	30 min / 5 min Frecuencia anual	30 min / 5 min Frecuencia anual		asimilar estos contenidos, por lo que para no crear confusión no se informará a la población en general.
Seguridad y Salud	Seguridad: 2 horas, frecuencia anual Salud: Jornadas médicas anuales de 2 horas	Seguridad: 3 horas, frecuencia anual Salud: Jornadas médicas anuales de 2 horas	La información necesaria estará a disposición de usuarios, afectados e interesados en todo momento tal y como indica la legislación correspondiente	Presupuestado en el plan de Seguridad en el Trabajo y Salud ocupacional Se elaborarán folletos y cartelería para el interior de las estaciones y de los trenes como refuerzo a la señalización obligatoria
Contingencias y Respuesta a Emergencias	2 horas Frecuencia anual	3 horas Frecuencia anual	La información necesaria estará a disposición de usuarios, afectados e interesados en todo momento tal y como indica la legislación correspondiente	Presupuestado en el Plan de Contingencias y Respuesta a Emergencias Se elaborarán folletos y cartelería para el interior de las estaciones y de los trenes como refuerzo a la señalización obligatoria
Contaminación del aire, agua y suelos.	1 hora / 10 min Frecuencia anual	1 hora / 10 min Frecuencia anual	Charlas de 1-2 horas (unas 4 charlas en total, a priori)	
Recursos culturales e históricos y arqueológicos	15 min 1 sola vez al inicio	30 min 1 sola vez al inicio	Frecuencia: taller inicial de 2 horas + taller de 1 hora en el tercer mes y un taller anual los siguientes años mientras dure la fase de construcción	Si existieran razones para informar sobre nuevos temas se incluiría en el reciclaje anual
Extracción de recursos naturales	15 min / 5 min Frecuencia anual	30 min / 5 min Frecuencia anual		Formación básica en recursos naturales para la población y organizaciones interesadas

CURSO	TRABAJADORES-		POBLACIÓN, AFECTADOS E INTERESADOS – DURACIÓN	OBSERVACIONES
	FORMACIÓN GENERAL – DURACIÓN (INICIAL/RECICLAJE)	FORMACIÓN ESPECÍFICA – DURACIÓN (INICIAL/RECICLAJE)		
Legislación ambiental básica y Sanciones ecuatorianas en caso de incumplimiento	30 min / 5 min Frecuencia anual	30 min / 5 min Frecuencia anual		Folletos divulgativos, cartelería en la vía pública e interior de las propias estaciones, una vez se inicie el uso del sistema de transporte.  Si existieran razones para informar sobre nuevos temas se incluiría en el reciclaje anual
Repercusiones ambientales del cambio del modelo de movilidad de la ciudad	30 min / 5 min Frecuencia anual	30 min / 5 min Frecuencia anual		
Beneficios sociales ambiental y económicos del proyecto	1 hora / 10 min Frecuencia anual	1 hora / 10 min Frecuencia anual		
Horas totales de formación previstas como mínimo	12 horas al inicio 7 horas de reciclaje anuales	15 horas al inicio 9 horas de reciclaje anuales		5 horas repartidas a lo largo de los 3 años y un mes de duración de la obra

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.5 PLAN DE MANEJO DE DESECHOS

Para asegurar el éxito de este Plan de Manejo de Desechos, será preciso tener en cuenta lo siguiente:

- Se utilizarán los medios adecuados para la difusión del presente Plan a todo el personal interviniente tanto en la fase de construcción como de operación.
- Se atenderá a los principios y estándares del BEI y a las Convenciones y recomendaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)
- Las autoridades competentes adoptarán las medidas necesarias para asegurar que la gestión de los desechos se realice sin poner en peligro la salud humana y sin dañar al medio ambiente y, en particular:
  - a) No generarán riesgos para el agua, el aire o el suelo, ni para la fauna y la flora
  - b) No causarán incomodidades por el ruido o los olores
  - c) No atenderán adversamente a paisajes ni a lugares de especial interés legalmente protegidos



- Las administraciones competentes, en el desarrollo de las políticas y de la legislación en materia de prevención y gestión de desechos, aplicarán para conseguir el mejor resultado ambiental global, la jerarquía de desechos por el siguiente orden de prioridad:
  - a) Prevención
  - b) Preparación para la reutilización
  - c) Reciclado
  - d) Otro tipo de valorización, incluida la valorización energética
  - e) Eliminación
- Un Plan de Manejo de Desechos apropiadamente planeado y ejecutado reducirá el potencial de daño al medio ambiente, por lo que una correcta formación de los trabajadores, y una adecuada difusión del Plan es de vital importancia para el éxito en su aplicación.
- Se realizará formación a los trabajadores para que se pueda realizar una correcta selección de desechos y una adecuada identificación y clasificación de los mismos.
- En las zonas de generación de desechos se facilitará la formación de áreas adecuadamente acondicionadas para el almacenaje de los desechos.
- Se fomentará que el almacenaje de los desechos se realice de forma independiente, seleccionando por tipos.
- Se obligará a que los desechos considerados como peligrosos sean almacenados en contenedores apropiados, bajo techo, y en condiciones de seguridad adecuadas. Se tomarán las medidas necesarias para evitar daños al medio por vertido o fugas.
- Se fomentará la reutilización de los desechos generados a ser posible en la misma obra y zona de la primera línea del metro de Quito en la que se generaron, con la finalidad de hacerla mas sostenible, mas económica, minimizar los transportes de desechos y afectar al medio ambiente lo menos posible. En el caso de que no puedan reutilizarse en la misma obra se procurará proceder a la reutilización en otras obras cercanas.

## MEDIDAS A ADOPTAR PARA IDENTIFICAR Y TRATAR LOS DESECHOS EN LAS OBRAS DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE QUITO

### DESECHOS PELIGROSOS.

Se definen como desechos peligrosos aquellos que figuren en las **Listas nacionales de productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringido que se utilicen en el Ecuador**, los que hayan sido calificados como peligrosos por la **normativa vigente**, los que pueda **aprobar el Gobierno**, así como los recipientes y envases que los hayan contenido.

### DESECHOS INERTES

De entre los posibles desechos generados en la obra se considerarán incluidos en esta clasificación los siguientes:

- Recipientes, envases y embalajes de las materias primas, productos y equipos.
- Papel, vidrio, plástico y otros materiales de oficina.
- Desechos vegetales procedentes de los desbroces y eliminación de la cubierta vegetal preexistentes.
- Tierra procedente de las excavaciones a realizar.
- Maderas procedentes de los trabajos de encofrado, palets para el transporte de elementos y materiales, construcción de edificaciones auxiliares, etc.
- Restos orgánicos procedentes de los aseos y servicios provisionales instalados durante las obras.
- Se dispondrán en la obra los medios para la retirada selectiva de estos tipos de desechos, y su depósito en vertederos cercanos, favoreciendo de esta manera su reutilización y reciclaje posterior.
- Tras su recogida, los desechos serán tratados en función de su naturaleza, entregándose a una empresa gestora autorizada.
- La situación de elementos de recogida deberá estar perfectamente señalizada y en conocimiento de todo el personal de obra.
- En lo tocante a las tierras y material vegetal excedentarias del desbroce y las excavaciones previstas, estas serán trasladadas a un vertedero autorizado por la Administración competente. La tierra vegetal se almacenará y conservará para su utilización en los procesos posteriores de revegetación.
- Se prohibirá, el lavado de las cubas de concreto, dentro del recinto de la obra (se lavarán en las correspondientes plantas o lugares autorizados), si bien, se acondicionarán zonas dentro del recinto de la obra, para el lavado, exclusivamente de las canaletas de vertido de las cubas, con el fin de evitar el ensuciamiento y manchado de la vía pública, con los restos de concreto que quedan en la misma, durante el recorrido de vuelta a la planta. Estos puntos, de limpieza de las canaletas de las cubas, estarán perfectamente señalizados, y se localizarán alejados de sumideros, arquetas, o redes de saneamiento existentes. Los restos una vez fraguados, serán tratados como desechos inertes.

## SEGREGACIÓN DE LOS DESECHOS “IN SITU” Y PREVISIÓN DE OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN

Se controlará la identificación, recogida, almacenamiento, transporte y gestión segura de los desechos generados en la obra ya sean **inertes, asimilables a urbanos o peligrosos**. Para ello se asegurará una segregación de desechos en Peligrosos, Inertes y Asimilables a Sólidos Urbanos y que la gestión de ellos se haga según la legislación vigente a través de un gestor autorizado. Se controlará que se lleva a cabo lo estipulado en el correspondiente, **Plan de Manejo de Desechos** aprobado por la Administración competente. De forma concreta, se controlará que se lleva a cabo la correcta gestión de los desechos generados contactando con los correspondientes **gestores autorizados**. Se controlará el correcto **etiquetado de los desechos peligrosos** según los datos que indica la legislación y que su **almacenamiento** se realiza bajo techo, para evitar cualquier afectación, y en los contenedores correspondientes debidamente segregados, tal como se muestra en las fotografías siguientes:



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Se elaborará un **MANUAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA OBRA** redactado acorde con la legislación ambiental vigente tanto a nivel local como nacional o internacional. Se entregará por triplicado y el alcance mínimo será:

- Gestión de desechos sólidos urbanos generados por el personal de obra
- Gestión de desechos peligrosos procedentes de demoliciones y desmontajes
- Gestión de escombros procedentes de demoliciones y desmontajes
- Protección ambiental y estética de las zonas a obras
- Trasplante y protección de unidades vegetales afectadas, así como la reposición

### Gestión ambiental de desechos

La gestión ambiental que se recomienda aplicar sobre los principales materiales de obra será la siguiente:

- Áridos: Se acopiarán separados por fracciones granulométricas y protegidos de una posible contaminación por el ambiente y, especialmente por el terreno. Se evitará la contaminación debida al barro que puedan arrastrar los camiones y palas cargadoras.
- Prefabricados estructurales: Para el almacenaje se pondrán separadores de madera entre los elementos y el suelo garantizándose el perfecto apoyo de un elemento sobre otro así como sobre el suelo.
- Aceros corrugados: Se aislarán de la humedad del suelo clasificado según tipo, diámetro y procedencia.
- Materiales de fábrica: Se almacenarán en los propios palets, hasta una altura máxima de 2 metros.
- Pinturas: Se almacenarán en lugares protegidos de la intemperie, alejados de posibles golpes o caídas de material y se tendrá especial cuidado cuando las pinturas sean tóxicas ó inflamables.

## PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES EN RELACIÓN CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y, EN SU CASO, OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DENTRO DE LA OBRA

### Gestión de desechos de construcción y demolición

Gestión de desechos según normativa y prescripciones indicadas con anterioridad, realizándose su identificación con respecto a la anterior normativa, o en su defecto con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.



La segregación, tratamiento y gestión de desechos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales que cumplirán las especificaciones indicadas en la legislación vigente.

## COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN

Se explican a continuación algunas medidas específicas que deberán tenerse en cuenta en relación a la gestión de desechos.

Para la fase de construcción todo el personal deberá comprometerse a cumplir con el adecuado manejo de los desechos, evitar la disposición de desechos en zonas no habilitadas para ello, y a reportar cualquier caso de incidencia o de inadecuado manejo. El personal recibirá al menos una charla general inicial sobre la importancia de reducir y controlar los desechos, talleres específicos cada tres meses, y capacitación específica sobre el manejo de desechos peligrosos como se ha descrito previamente. Las principales acciones relacionadas con la capacitación y la comunicación tendrán lugar periódicamente (cada tres meses), pudiendo realizarse alguna actividad adicional en caso de que fuera necesario (por ejemplo, debido a un derrame o liqueo accidental).

Los principales objetivos de la capacitación ofrecida consistirán en mostrar al personal el adecuado manejo de los desechos y fomentar la importancia de disminuir desechos en la medida de lo posible

## MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Se deberá realizar un control de la aplicación de las medidas y del grado de cumplimiento de los objetivos establecidos.

En el caso de los desechos, se asegurará que se aplican adecuadamente las medidas para identificar, registrar, separar, almacenar, reutilizar, reciclar y disponer las diferentes sustancias.

Para asegurar que el Programa de Manejo de Desechos se está aplicando correctamente:

- Se tendrán en cuenta aspectos ambientales: detección de posibles impactos no previstos (derrames accidentales, acumulación excesiva de residuos etc.).
- Se aplicará un monitoreo específico: realizando un seguimiento de las diferentes medidas de protección y capacitación y determinando si las medidas son suficientes para asegurar las condiciones sanitarias adecuadas, evitar la acumulación de desechos, realizar la disposición adecuada de los mismos y aplicar la gestión establecida de desechos peligrosos.
- Se realizarán monitoreos y chequeos periódicos para comprobar el éxito de la implantación de medidas.

- Se establecerá la frecuencia de reportar resultados mediante informes cada 2 meses, a las autoridades competentes en materia de medio ambiente.

## PLAN DE MANEJO DE ESCOMBRERAS

### Introducción

Los desechos generados por la remoción de tierras para la construcción del Metro son clasificados como escombros, los cuales poseen un solo destino final que son las escombreras. En las escombreras se coloca todos los tipos de escombros con diferentes rellenos, éstos dependen de la zona, ubicación, forma, altura y tipo de quebrada, la cual se adecúa para poder receptor escombros y desechos provenientes de la construcción. Para el manejo de las escombreras se elabora el presente plan de manejo ambiental específico, como parte del plan de manejo ambiental general del Proyecto Primera Línea del Metro de Quito.

En el caso de Quito, el manejo de escombreras de uso público es realizado por la EPMOP. Actualmente esta entidad autorizó el uso para la ciudadanía de las escombreras: el Troje II (Sur) y Oyacoto (Norte), en donde además se ha previsto receptor una parte del material de desalojo de las obras del Metro. Adicionalmente, para el caso específico del Metro de Quito, se proponen escombreras en las quebradas de El Batán, Jatunhuayco y Sibauco, donde se pretende manejar los desechos de manera acorde a las leyes, reglamentos y especificaciones técnicas establecidas por entidades ambientales de carácter nacional; además, de la asesoría por parte de entidades europeas, quienes según su experiencia en construcción de metros en el mundo establecen los posibles desechos que se generarán en la construcción de un metro subterráneo.

### 7.1.6 PLAN DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS

Como se ha mencionado, el Plan de Rehabilitación de Áreas Afectadas tiene por objeto asegurar que aquellas zonas afectadas por las obras de la Primera Línea del Metro de Quito, sean rehabilitadas o restauradas para dejarlas en un estado similar al que había previo (devolver en lo posible su aspecto original) a las obras o incluso en uno mejorado. La estrategia consiste en hacer la valoración previa, la identificación de los puntos urbanos que se vayan a ver afectados y aplicar las medidas específicas que se proponen más adelante.

### Medidas para la rehabilitación de zonas verdes: parques y jardines

Dado el valor que presentan las zonas verdes en las áreas urbanas, y más concretamente en una urbe de grandes dimensiones como es la ciudad de Quito, en caso de producirse alteraciones y afecciones, se procederá a su rehabilitación para volver a su estado anterior a las obras. Incluso se contempla la posibilidad de mejorar zonas que pudieran encontrarse en desuso, y con vegetación o mobiliario urbano deteriorados, ya que mediante la instalación de una estación de metro recobrarían actividad y visibilidad.

Las principales medidas a incorporar serán las siguientes:

- Elaboración de informes y acopio de material gráfico y fotográfico de aquellas zonas ajardinadas que vayan a sufrir modificaciones.
- Retirada de elementos de cierta importancia previo al inicio de los trabajos y mantenimiento en almacenes municipales (por ejemplo estatuas o fuentes de parques y jardines).
- Diseño paisajístico que permita identificar áreas para la arborización y revegetación.
- Diseño y rehabilitación de sendas o pasos peatonales que hayan sufrido alteraciones, así como cualquier material de señalización, mobiliario urbano u ornato público.
- Tras la progresiva finalización de las obras, se realizará el engramado, revegetación y arborización en aquellas áreas con suelo desnudo (con especies autóctonas). Para ello, se utilizará tierra procedente de la capa superior de tierra vegetal que habrá sido recogida y retirada previamente durante las obras.
- Se procurará mejorar la calidad de la vegetación reimplantada e incorporar sistemas automáticos de riego.
- Se realizará un seguimiento y monitoreo de estas acciones y comprobación de la supervivencia y adaptación de las especies plantadas.

#### **Medidas para la rehabilitación de canteras o escombreras**

Además del efecto sobre el paisaje, la disposición de escombros o la explotación de un material a cielo abierto en una cantera producen también peligrosidad para personas y ganado, pérdida de terreno aprovechable para otras actividades (recreo, agricultura), o problemas de subsidencia.

#### **7.1.7 PROGRAMA DE CIERRE Y ABANDONO**

Como se ha comentado, en las áreas auxiliares se considerará como etapa de cierre el momento en el cual éstas dejen de ser utilizadas, es decir al finalizar la fase de obra del proyecto, para lo cual se dismantelarán las estructuras existentes en las áreas de prefabricado, 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 proyecto. En cualquiera de los casos, el Plan de Cierre deberá incluir:

- Recogida de materiales, equipos y escombros. La maquinaria y casetas de obra y otras instalaciones auxiliares como los campamentos serán dismantelados.
- Dismantelamiento de las infraestructuras exteriores. Esto se refiere tanto a las temporales por motivo de la fase de construcción como a las propias infraestructuras del metro si se cierra el metro o alguna parte del

mismo, como pueden ser, las bocas de metro, los pozos de ventilación, pozos de bombeo, las salidas de emergencia, etc.

Tal y como se viene indicando en el presente Estudio de Impacto Ambiental, una vez termine la fase de construcción, se procurará devolver el área a la situación inicial en la medida de lo posible, atendiendo a criterios ambientales, sociales y estéticos, como mínimo se llevarán a cabo las siguientes acciones:

- Retirada de materiales
- Reubicación de estructuras y mobiliario urbano removido
- Habilitación de vías afectadas
- Revegetación y reforestación, siempre que las condiciones lo requieran
- Reinstalación de los posibles sistemas energéticos, de comunicaciones, de aguas que hayan podido ser movidos
- Un Plan de Restauración de Áreas Afectadas (descrito ya en este documento, y que incluye la restauración de las escombreras), al que añadiremos la restauración de las zonas ocupadas en la fase de construcción y obra, como son los campamentos, los parques de maquinaria, talleres y otras áreas complementarias:

Como ya se ha indicado en la descripción del Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito, se construirán pozos de ataque, donde se montará e iniciará el trabajo de la tuneladora. Esta área se deberá restaurar también.

Tal y como se especifica ya en el Plan de Prevención y Mitigación del Impacto sobre las Comunidades Biológicas, se realizará rescate y reubicación de vegetación en las áreas auxiliares que vayan a ser ocupadas o simplemente afectadas, que contengan elementos de importancia ecológica, económica o que sus poblaciones se encuentren amenazadas. Las especies de plantas serán rescatadas antes del inicio de la limpieza y desarraigue de la vegetación, es decir antes de que sufran cualquier tipo de afectación. Este será el caso de los árboles “de gran porte” que se encuentran ubicados en el parque donde se construirá la estación de El Ejido.

Otras áreas que necesitarán restauración tras el cierre de la fase de construcción son los pozos de extracción, que serán necesarios para el desmontaje y extracción de la tuneladora, y las zonas de acopio de material y maquinarias (como los parques de dovelas) que se localizarán previsiblemente en las inmediaciones de estos pozos.

Como habrá diferentes tramos, que no son consecutivos, donde se utilizará la tuneladora, el número de pozos de ataque y de extracción serán varios:

- La Solanda: Pozo de ataque
- La Magdalena: Pozo de extracción



### 7.1.8 AUDITORÍAS AMBIENTALES

Se realizarán informes de auditorías internas, en el caso de la fase de obra, se realizará una auditoría el segundo año por parte de la empresa Contratista a través consultores expertos y previamente calificados, incluyendo no conformidades del PMA. Los informes de esta auditoría serán distribuidos a la UNMQ. Para el caso de que el Contratista no siga los procedimientos ambientales, UNMQ considerará Estocolmo una no conformidad con los procedimientos y tomará acciones apropiadas para asegurar cumplimiento en el futuro. Cualquier informe de no conformidad será seguido por inspecciones mensuales hasta que se demuestre cumplimiento. El informe de auditoría incluirá estadísticas del cumplimiento ambiental.

Todos los incidentes ambientales durante la fase de construcción serán documentados y se proveerá a UNMQ un informe trimestral que incluya un resumen ejecutivo. Los incidentes significativos serán reportados inmediatamente a UNMQ y a la autoridad competente.

### 7.1.9 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Los programas de monitoreo abarcan las principales variables identificadas como más impactantes y que puedan ser objeto de un monitoreo periódico, entre ellas:

- Calidad del aire
- Ruido
- Vibraciones
- Calidad del agua, incluyendo efluentes líquidos y cuerpos de agua superficial y subterránea.
- Suelo
- Variables bióticas
- Variables socioeconómicas
- Monitoreo sobre la afectación a la movilidad
- Monitoreo de variables arqueológicas

Cada uno de estos monitoreos contemplará lo siguiente:

- Selección de los sitios a ser monitoreados,

- El análisis de agua incluirá registros de pH, Temperatura, Conductividad, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Hidrocarburos Totales, Coliformes Fecales y Totales, PHAs y Aceites y Grasas.
- La repetición del monitoreo por sitio seleccionado será cada 3 meses durante el período de construcción.
- Comparación de los resultados de los monitoreos con los obtenidos para la línea base, o sea, antes del inicio de la construcción del puente.

En cuanto a las aguas de infiltración, como se mencionó anteriormente, durante la construcción del proyecto, se producirán infiltraciones de aguas subterráneas hacia el interior del túnel y excavaciones subterráneas (estaciones). Estas aguas pueden tener contenidos de materias contaminantes como aceites y grasas, metales pesados, polímeros y otros, por lo que deberán ser tratadas de manera adecuada previo a su descarga en cuerpos de aguas superficiales. Por este motivo, durante la construcción se deberá realizar un **monitoreo mensual de las aguas de infiltración recuperadas, en un punto aguas arriba y en otro aguas abajo del(los) punto(s) de tratamiento**. Este monitoreo continuará durante la fase de operación con una **frecuencia semestral**. Los parámetros a monitorear serán los mismos que se mencionan arriba para el monitoreo de las aguas superficiales.

También se monitorearán las aguas subterráneas del acuífero sur de Quito y Centro-Norte de Quito. Para ello se utilizan los sondeos de investigación realizados para el diseño de la infraestructura. Como mínimo se monitoreará un sondeo cada 5 Km de longitud de la infraestructura.

### PROGRAMA DE MONITOREO AL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El objetivo de este Programa es monitorear la ejecución del Plan de Manejo Ambiental que se llevará a cabo de conformidad con los compromisos adquiridos con la autoridad ambiental y facilitar la identificación y corrección de cualquier anomalía o inconsistencia del plan.

Se deberá realizar el seguimiento de cada uno de los programas que componen el plan, vigilando que se cumpla todo aquello que se especifica en cada uno de ellos, tanto en el cumplimiento de normativas como en la realización de las actividades necesarias a realizar. Así como el cumplimiento del cronograma elaborado.

Este seguimiento tendrá una periodicidad anual durante la ejecución y será valorado según el nivel objetivo de ejecución alcanzado que será calculado mediante la comparación entre la cantidad de actividades previstas y las realmente ejecutadas. La clasificación será la siguiente:

- **Conforme (C):** Esta calificación se otorga cuando el porcentaje del cumplimiento de la actividad es del 100%.
- **No conformidad menor (NC-):** Esta calificación implica una falta leve frente al Plan de Manejo Ambiental y/o Leyes Aplicables, dentro de los siguientes criterios:



- Fácil corrección o remediación
  - Rápida corrección o remediación
  - Bajo costo de corrección o remediación
  - Evento de Magnitud Pequeña, Extensión puntual, Poco Riesgo e Impactos menores, sean directos y/o indirectos.
- **No conformidad mayor (NC+):** Esta calificación implica una falta grave frente al Plan de Manejo Ambiental y/o Leyes Aplicables. Una calificación de NC+ puede ser aplicada también cuando se produzcan repeticiones periódicas de no conformidades menores. Los criterios de calificación son los siguientes:
- Corrección o remediación de carácter difícil
  - Corrección o remediación que requiere mayor tiempo y recursos, humanos y económicos.
  - El evento es de magnitud moderada a grande
  - Los accidentes potenciales pueden ser graves o fatales
  - Evidente despreocupación, falta de recursos o negligencia en la corrección de un problema menor

## 7.2 FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 7.2.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS

#### PLAN PARA CONTRIBUIR A EVITAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Algunas medidas identificadas son:

- Los motores eléctricos se someterán a los mantenimientos que indique la empresa fabricante al objeto de mantener la eficiencia energética de los motores. El plan de mantenimiento concreto deberá redactarse tras la compra de los motores eléctricos.
- Bianualmente se realizará una auditoria energética de la Primera línea de Metro Quito que permita detectar posibles ineficiencias y corregirlas en su caso. Durante la fase de funcionamiento se realizarán auditorías bianuales.

#### PLAN DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, RUIDO Y VIBRACIONES

##### MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS

En cuanto a la fase de funcionamiento, debido a que el Metro operará mediante el uso de energía eléctrica, no se espera que genere ningún tipo de material particulado a la atmósfera.

##### MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EMISIONES GASEOSAS

En cuanto a la fase de funcionamiento, debido a que el Metro operará mediante el uso de energía eléctrica, no se espera que genere ningún tipo de contaminantes al ambiente. Por el contrario, contribuirá a la disminución de gases de efecto de invernadero a la atmósfera, al reducirse el número de vehículos que circularán en el área metropolitana de la Ciudad de Quito. Por lo tanto, el propio metro es una medida correctora en sí mismo, al reducir la contaminación atmosférica en la zona.

##### MEDIDAS PARA EL CONTROL DE RUIDO

En la fase de funcionamiento, al ser el metro de circulación subterránea, no se prevé que el ruido que se genere en la operación sea molesto en el exterior. Como norma general, el ruido en esta fase será el generado por el propio desplazamiento del Metro, al entrar en contacto las ruedas con los carriles en el momento en que se frena, se toma una curva, se hace un giro o se realizan cambios de vía. Del mismo modo, el golpeteo de las ruedas con las juntas de los rieles y en su paso por cada durmiente de soporte, pueden ocasionar excesivo ruido en caso de no estar los durmientes y rieles adecuadamente soportados. Además, la megafonía en estaciones, y los sistemas de ventilación también pueden generar molestias.

Entre las medidas a implementar para minimizar las afectaciones por ruido durante la fase de funcionamiento, se debe cumplir con lo siguiente:

- En lo posible optimizar los medios de soporte de durmientes y rieles, con la finalidad de minimizar los contactos entre materiales rígidos que generan mayor ruido.

Cumplir con el Programa de Mantenimiento periódico de engrase de ruedas de todos los vagones del Metro y mantenimiento de las vías y carriles.

Tornear periódicamente las ruedas cuando sea necesario y comprobar que las mismas se ajusten a los carriles, con el objetivo de limar los vértices y de esta forma reducir la emisión de ruido, principalmente en las frenadas y en las curvas.

Tratamiento fonoabsorbente en la plataforma de los andenes de las estaciones para evitar que los fenómenos de reflexión múltiple incrementen el nivel de ruidos en el entorno.

Instalar pantallas físicas, vegetales o de material aislante, principalmente en las zonas donde se localicen los tramos elevados (patios y talleres), para que actúen como barreras acústicas.

Aplicar medidas de seguimiento, vigilancia y control tales como inspecciones visuales y monitoreos periódicos de los niveles de ruido.



Tras la puesta en funcionamiento del metro se recomienda la realización de un estudio acústico con la finalidad de identificar los tramos acústicos más conflictivos y la necesidad de implementar las medidas correctoras en los mismos.

Control adecuado de la megafonía en las estaciones.

Colocar paneles acústicos en la plataforma de la estación para que absorban el ruido.

- Cumplir con el Programa de Mantenimiento periódico de engrase de ruedas de todos los vagones del Metro y mantenimiento de las vías y carriles.
- Tornear periódicamente las ruedas cuando sea necesario y comprobar que las mismas se ajusten a los carriles, con el objetivo de limar los vértices y de esta forma reducir la emisión de ruido, principalmente en las frenadas y en las curvas.
- Tratamiento fonoabsorbente en la plataforma de los andenes de las estaciones para evitar que los fenómenos de reflexión múltiple incrementen el nivel de ruidos en el entorno.
- Instalar pantallas físicas, vegetales o de material aislante, principalmente en las zonas donde se localicen los tramos elevados (patios y talleres), para que actúen como barreras acústicas.
- Aplicar medidas de seguimiento, vigilancia y control tales como inspecciones visuales y monitoreos periódicos de los niveles de ruido.
- Tras la puesta en funcionamiento del metro se recomienda la realización de un estudio acústico con la finalidad de identificar los tramos acústicos más conflictivos y la necesidad de implementar las medidas correctoras en los mismos.
- Control adecuado de la megafonía en las estaciones.
- Colocar paneles acústicos en la plataforma de la estación para que absorban el ruido.

#### **MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LAS VIBRACIONES**

Para minimizar posibles impactos por vibraciones generadas debido al desplazamiento del metro, después de un tiempo de encontrarse en funcionamiento, se recomiendan las siguientes medidas:

1. Como sistema de muy alta atenuación de vibraciones se proponen dos tipos de soluciones: Utilización del sistema de sujeción tipo Vanguard o similar (que permita una atenuación de vibraciones del mismo rango). Se puede lograr una atenuación de 25 dB de tal manera que se minimicen los contactos puntuales entre materiales rígidos y se consiga una adecuada distribución de las cargas transmitidas a las estructuras de soporte, mediante la utilización de soportes flexibles que se muestran en los siguientes diagramas .

2. Mejorar la atenuación de sistema de fijación mediante placa tipo adherizada o similar mediante la disposición de manta elastomérica bajo el hormigón de bateo según disposición definidas en los planos de secciones (capítulo 11 del Documento nº 2 Planos). Con este sistema se puede conseguir una atenuación máxima de 20 dB. Se utilizará un sistema de manta elastomérica con mayor capacidad y menor frecuencia propia disponible como las basadas en poliuretano, tipo Sylomer de Getzner o similar.
3. Con estos datos y criterios se han establecido los tramos en los que se mejorará la atenuación de vibraciones y ruido.

#### **Medidas Adicionales**

- Revisar y verificar periódicamente el estado de los carriles y las ruedas de todos los vagones del metro.
- Cumplir con el Programa de Mantenimiento periódico de reperfilado de carriles, esmerilado y engrase de ruedas de todos los vagones del metro y mantenimiento de las vías
- Asegurar de que no existan durmientes deterioradas, que el carril se encuentre fijado adecuadamente a las traviesas y que el carril esté debidamente asegurado a los aparatos de vía.

Aplicar medidas de seguimiento, vigilancia y control tales como inspecciones visuales y monitoreos periódicos de los niveles de vibraciones, así como del comportamiento de edificaciones y estructuras sensibles que podrían resultar afectadas.

#### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE CONTAMINACIÓN DE SUELOS**

##### **Medidas preventivas**

Pese al riesgo leve de que se produzca una contaminación de los suelos, se han previsto una serie de medidas preventivas:

- Se implantarán medidas de vigilancia para evitar vertidos incontrolados de aceites o sustancias contaminantes.
- Se desecharán los residuos conforme a la legislación vigente y se solicitarán las autorizaciones requeridas cuando sea necesario.
- Para estructuras permanentes como la de Quitumbe ya se ha previsto una red para el transporte y vertido de aceites usados.
- Se preverán lugares específicos para el almacenamiento de combustibles, lubricantes, y productos tóxicos o peligrosos, donde se aplicarán medidas adecuadas para evitar fugas.



- Para evitar fugas y derrames de hidrocarburos, grasas o aceites se instalará un buen sistema de drenaje en las zonas de talleres y dependencias auxiliares con trampas de grasa incluidas que prevendrán la salida del combustible derramado.
- Se ubicarán herramientas adecuadas en las zonas identificadas con mayor riesgo y cercanas a los sistemas de drenaje para asegurar su uso rápido en caso de necesidad (palas, recipientes plásticos y materiales absorbentes).
- Se aplicarán las mejores prácticas a la hora de cambiar aceites y grasas, lavar maquinaria, y gestionar desechos, siguiendo las pautas establecidas en el Programa de manejo de desechos y en las actividades de capacitación y educación (tanto de este programa con del general sobre capacitación). Se procederá a su almacenamiento adecuado en contenedores apropiados y a su retirada por el gestor autorizado.

#### **Medidas correctoras**

- Se procederá a utilizar adecuadamente el Equipo de control de derrames.

Se procederá a la recogida de la sustancia (grasa, aceite, lubricante etc.) con algún material absorbente como aserrín o arena, o almohadillas especiales. Estos materiales se tratarán como residuos peligrosos y la forma de tratamiento y disposición final estará recogida en el apartado de manejo de desechos peligrosos dentro del Programa de manejo de desechos.

#### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE AFECTACIÓN AL AGUA**

Una vez tomadas las pertinentes medidas en la fase de construcción, la fase de funcionamiento no se prevé muy significativa en este aspecto, aun así se deberá garantizar:

- El agua drenada de túneles y estaciones antes de su vertido a los colectores serán tratadas para eliminar posibles arrastres de grasas y lubricantes y sedimentar los sólidos en suspensión que transporten.
- Los materiales peligrosos (aceites, grasas, residuos peligrosos, etc.) se almacenarán en recintos cubiertos, dotados de solera impermeabilizada y sin conexión exterior. Es conveniente que estos recintos estén dotados de sistema de recogida de derrames y fugas conectada con una arqueta impermeabilizada que favorezca la recogida de los posibles residuos que se generen.
- Las aguas residuales asimilables a urbanas que se generen en cualquier fase del proyecto se evacuarán a través de la red de saneamiento municipal, si no existe red de saneamiento municipal antes de su vertido a cauce serán depuradas.
- La cochera se dotará de instalaciones para eliminar las grasas y aceites de las aguas residuales así como los residuos del lavado de trenes de manera que el agua sea asimilable a urbana antes de su vertido a la red de alcantarillado. Si dicha instalación no puede conectarse con la red de alcantarillado se dotará de

una estación depuradora de aguas residuales adecuada a las características del agua residual generada (aguas de limpieza de convoyes, aceites, grasas, sanitarios, duchas, etc.).

#### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA AFECTACIÓN A LAS COMUNIDADES BIOLÓGICAS**

Durante la fase de funcionamiento, se deberá brindar mantenimiento periódico a las áreas verdes; incluyendo isletas, aceras, veredas y parques.

Los responsables y periodicidad del plan de mantenimiento se halla indicado en el apartado de dicho Plan de Mantenimiento y del Plan de Seguimiento y Monitoreo.

Para la verificación del cumplimiento de estas medidas se aplicarán las especificaciones técnicas del MTOP y las Guías Técnicas de Parques y Jardines del Municipio de Quito.

#### **PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL DETERIORO DE LA MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD URBANA**

##### **Medidas correctoras**

Las medidas necesarias para corregir este impacto constituyen las tareas necesarias para finalizar con éxito las obras en superficies, al término de la fase de construcción del proyecto y en la fase de funcionamiento.

Cuando se retire la maquinaria, la señalización, los campamentos, las barreras peatonales y los desvíos y cortes de tráfico, **se restaurará la movilidad en la ciudad**, pero como ya se ha descrito en el apartado de valoración de impactos, la movilidad y accesibilidad urbana en la ciudad de Quito se verá significativamente mejorada en la fase de operación de la Primera línea de metro. Además, una vez entre en fase de funcionamiento, este proyecto traerá beneficios para el diseño y gestión de más espacios verdes, la reducción del tráfico rodado va a liberar espacio en la vía pública, donde se pueden plantar más árboles o arbustos y por tanto donde la población pueda disfrutar del servicio de estas áreas verdes.

Además se mitigarán de forma adecuada los conflictos que pudiesen surgir como parte de los desvíos propuestos. Estos posibles conflictos se pueden ver minimizados con el **plan de comunicación o participación pública**, junto con el **plan de capacitación ambiental para la población en General**, a través de los cuales se informará a todos los interesados sobre el proyecto y sus impactos, y se canalizará de manera ordenada las discusiones, sugerencias y quejas que puedan surgir.



## PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA AFECTACIÓN AL PATRIMONIO CULTURAL

Para la fase de operación no se anticipa una afectación importante a los recursos históricos, ni edificios ni restos arqueológicos, aunque no obstante la **medida correctora** ya propuesta anteriormente para los hallazgos arqueológicos puede ser de aplicación también en la fase de funcionamiento, por ejemplo acciones de conservación o correctoras como las siguientes:

- Conservación y renovación de las salas de exposición que se habiliten
- Eventos culturales, convocados por el departamento de Turismo del Municipio que apunten a la recuperación de la memoria histórica.
- Promover y difundir el conocimiento de los valores culturales arqueológicos identificados en el proyecto con énfasis en la niñez y juventud.
- Aplicar y desarrollar mecanismos legales, científicos, técnicos, administrativos y financieros para la preservación y conservación del patrimonio arqueológico recuperado en el proyecto.

En conclusión no existen medidas preventivas ni compensatorias en esta fase de funcionamiento

## PLAN DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE IMPACTOS PAISAJÍSTICOS

Se garantizará la preservación del paisaje durante toda la fase de funcionamiento, realizando un correcto mantenimiento de las áreas afectadas.

### **7.2.2 PLAN DE CONTINGENCIAS Y RESPUESTAS A EMERGENCIAS**

Los manuales a seguir en la fase de funcionamiento se corresponden con los ya desarrollados para la fase de construcción, por lo tanto se podrán consultar en el apartado correspondiente.

### **7.2.3 PLAN DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL**

El plan de Capacitación ambiental ha sido desarrollado en la fase de construcción, siendo de aplicación también en la fase de funcionamiento, la frecuencia de la formación está detallada en los cuadros integrados en el apartado mencionado.

### **7.2.4 PLAN DE MANEJO DE DESECHOS**

El plan de manejo de desechos desarrollado en la fase construcción del proyecto es aplicable en la fase de explotación, con todas sus obligaciones y responsabilidades así como los diversos manuales de manejo que incluye

dicho apartado, por lo que para la fase de funcionamiento se puede consultar el apartado de Manejo de Desechos de la Fase de Construcción y Obra.

### **7.2.5 PLAN DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS**

Como ya se ha mencionado, este plan es de aplicación tras la finalización de los trabajos de la fase de obra del proyecto, no obstante pudiéndose extender los trabajos de rehabilitación a la fase de funcionamiento, se aplicarán las medidas, normas y procedimientos descritos en el apartado correspondiente de la fase de construcción.

### **7.2.6 AUDITORÍAS AMBIENTALES**

Se realizarán informes de auditorías internas bianuales por parte de la empresa Contratista a través consultores expertos y previamente calificados, incluyendo no conformidades del PMA. Los informes de esta auditoría serán distribuidos a la UNMQ. Para el caso de que el Contratista no siga los procedimientos ambientales, UNMQ considerará esto como una no conformidad con los procedimientos y tomará acciones apropiadas para asegurar cumplimiento en el futuro. Cualquier informe de no conformidad será seguido por inspecciones mensuales hasta que se demuestre cumplimiento. El informe de auditoría bianual incluirá estadísticas del cumplimiento ambiental.

Todos los incidentes ambientales serán documentados y se proveerá a UNMQ un informe trimestral que incluya un resumen ejecutivo. Los incidentes significativos serán reportados inmediatamente a UNMQ y a la autoridad competente

### **7.2.7 PLAN DE MANTENIMIENTO**

Dentro del mantenimiento preventivo se definen cada una de las actividades a realizar así como la frecuencia del mantenimiento y el personal que debe realizarlo. En el caso del mantenimiento correctivo, se crean manuales y herramientas informáticas que facilitan la realización y control de éste.

Además en el Plan se deberá comprobar la efectividad de las medidas protectoras y correctoras aplicadas durante la fase de construcción, aspecto que solo puede analizarse cuando la actuación esté en funcionamiento o cuando haya pasado cierto tiempo desde la ejecución. En caso de no cumplirse los objetivos previstos, se planteará el refuerzo o complementación de estas medidas.

También se deberá verificar la ejecución de las labores de conservación y mantenimiento que pudieran precisar las medidas ejecutadas. Además se deberán detectar afecciones no previstas en el presente Estudio de Impacto Ambiental, en caso de existir, y articular las medidas necesarias para evitarlas o corregirlas.

Dentro de las acciones de mantenimiento a realizar podemos mencionar las siguientes:



- Mantenimiento de los trenes
- Engrase periódico de ruedas de todos los vagones del metro y mantenimiento de las vías y carriles
- Revisión y mantenimiento periódico de reperfilado de carriles, esmerilado y engrase de ruedas de todos los vagones del metro y mantenimiento de las vías
- Aplicar medidas de seguimiento, vigilancia y control tales como inspecciones visuales y monitoreos periódicos de los niveles de vibraciones, así como del comportamiento de edificaciones y estructuras sensibles que podrían resultar afectadas
- Mantenimiento de la señalización estática en la red de metro
- Mantenimiento integral de escaleras mecánicas, pasillos móviles y ascensores de la red y las dependencias de metro
- Mantenimiento de los sistemas de protección frente a incendios
- Mantenimiento integral de las instalaciones de lavado de trenes de la red de metro
- Mantenimiento general de la infraestructura (estaciones, talleres, cocheras, etc.)
- Mantenimiento de las instalaciones y equipos del sistema de control y vigilancia
- Mantenimiento en aparatos de calefacción y agua caliente sanitaria
- Niveles acústicos del tráfico del metro. Además tras la puesta en funcionamiento del metro se recomienda la realización de un estudio acústico con la finalidad de identificar los tramos acústicos más conflictivos y la necesidad de implementar las medidas correctoras en los mismos
- Mantenimiento de las estaciones de bombeo
- Servicio de limpieza de las instalaciones, dependencias y material móvil
- Reciclaje de residuos
- Gestión y separación de basuras
- Sanidad ambiental (desratización, desinfección, desinsectación...)

Para la implantación de este mantenimiento será necesario hacer un plan de seguimiento para cada uno de los elementos a mantener. En ese plan se especificarán las técnicas que se aplicarán para detectar posibles anomalías de funcionamiento y la frecuencia en las que se realizarán. Al detectar cualquier anomalía, se estudia la causa y se

programa para realizar las reparaciones que correspondan. Con toda la información que se recoja durante el mantenimiento se rellenarán fichas con la información obtenida, donde se deberá incluir:

- Objetivos del seguimiento
- Actuaciones
- Lugar de la inspección
- Parámetros de control y umbrales
- Periodicidad
- Medidas de prevención y corrección
- Responsable
- Comentarios

Estas fichas se adjuntarán a los informes que serán entregados a la autoridad responsable. Estos informes se realizan con periodicidad semestral durante los primeros 3 años de funcionamiento de la Primera Línea del Metro de Quito. En el caso de avería o reparación se pretenderá minimizar la repercusión en el servicio de los viajeros. Se debe intentar evitar el desalojo de los trenes ante una avería, siempre que ésta pueda repararse con total seguridad para los viajeros. En caso de no poder repararse en funcionamiento se intentará hacerlo al final de la línea sin tener que llevarlo al taller. Y por último, en caso de tener que llevarlo al taller se optimizará el tiempo de reparación y la eficacia.

## 7.2.8 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Durante esta fase, al igual que en la fase de construcción, el Plan tiene dos objetivos principales. Por un lado utilizar el sistema de vigilancia que se utilizó en la fase anterior y que garantiza la correcta ejecución de todas las medidas a realizar en esta fase y por otro realizar el monitoreo de las variables ambientales, sociales o económicas más importantes, ya mencionadas en la fase anterior.

Respecto a las medidas para cumplir con el primer objetivo, éstas serán de verificación mediante visitas a la zona, se analizarán y se redactarán informes sobre el grado de cumplimiento y sobre recomendaciones en caso de no ser satisfactorias. Las medidas de verificación se aplicarán a los siguientes planes:

- Plan de prevención y mitigación de impactos:
  - a. Plan para contribuir a evitar el cambio climático: verificar que se realizan los mantenimientos adecuados de los motores, verificar que se realizan las auditorías que se indican, etc.
  - b. Plan de prevención y reducción de la contaminación del ruido y vibraciones: verificar el cumplimiento del programa de mantenimiento de los vagones, engrases, etc. cumplimiento de realización de un estudio acústico para determinar los tramos más conflictivos, comprobación del buen estado de las traviesas, etc.



- c. Plan de prevención y mitigación de contaminación de suelos: verificar el cumplimiento de las medidas de vigilancia para evitar vertidos, comprobar el cumplimiento de la legislación, verificar la adecuación de las zonas identificadas con mayor riesgo, etc.
  - d. Plan de prevención y mitigación de afectación al agua: verificar el correcto tratamiento y manejo de las aguas drenadas y de los materiales peligrosos. Comprobar las instalaciones en las cocheras para la eliminación de aguas y aceites.
  - e. Plan de prevención y mitigación de la afectación a las comunidades biológicas: verificar el mantenimiento periódico de las áreas verdes y la correcta ejecución del programa de arborización.
  - f. Plan de prevención y mitigación del deterioro de la movilidad y accesibilidad: verificar que se restaura de manera adecuada la movilidad en la ciudad.
  - g. Plan de prevención y mitigación de la afectación al patrimonio cultural: comprobar que se cumplen las medidas propuestas de conservación.
  - h. Plan de prevención y control de impactos paisajísticos: verificar el correcto mantenimiento de las áreas afectadas.
- Plan de seguridad industrial y salud ocupacional
  - Plan de contingencias y respuesta a emergencias
  - Plan de capacitación ambiental
  - Plan de manejo de desechos
  - Plan de rehabilitación de áreas afectadas
  - Programa de cierre y abandono
  - Plan de mantenimiento

Respecto a las medidas para el monitoreo de las variables ambientales más significativas, se exponen a continuación:

### MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

En cuanto al monitoreo de las emisiones y calidad del aire, éste se concentrará en el monitoreo de la calidad del aire del Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito y en la evaluación de las emisiones vehiculares de los vehículos que se utilicen en el mismo, durante la fase de funcionamiento.

El monitoreo de la calidad del aire se realizará en forma semestral en diez (10) sitios próximos al desarrollo del Proyecto de la Primera Línea del Metro de Quito y dentro del área de trabajo. Estas áreas deberán incluir las excavaciones subterráneas y túnel y en los portales de entrada a los túneles. En la selección de los sitios de monitoreo se deben considerar la ubicación de los receptores más sensibles, las actividades de construcción de mayor impacto sobre la calidad del aire, las variables climáticas que podrían influir sobre los efectos de dispersión y las posibles barreras o condiciones naturales de la zona.

Para la fase de operación se mantendrán los 10 sitios de monitoreos seleccionados durante la construcción, que serán muestreados semestralmente durante el primer año de funcionamiento de la Primera Línea del Metro de Quito, y luego anualmente hasta completar un máximo de 3 años.

La verificación de las emisiones vehiculares se realizará en forma anual en 10 sitios a lo largo del alineamiento del metro mediante un prestador de este servicio, debiendo determinar el cumplimiento de los parámetros aplicables según el tipo de vehículo evaluado y los parámetros definidos en la normativa vigente.

### MONITOREO DE LAS EMISIONES DE RUIDO

Este monitoreo deberá contemplar la recopilación de información respecto a la generación de ruido debido al proyecto, en zonas próximas a receptores sensibles, para la fase de operación.

Como ya se dijo en la fase de construcción y se explicó, para la medición de las emisiones sonoras o ruido generados por las fuentes fijas y móviles del proyecto, se empleará un sonómetro o decibelímetro.

Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, en el anexo 5 de su libro VI, se indican los límites permitidos para la emisión de ruidos. En su punto 4.1.1.1 se indica que los niveles de presión sonora equivalente, NPSeq, expresados en decibeles, en ponderación con escala A.

### MONITOREO DE LOS NIVELES DE VIBRACIÓN

Este monitoreo deberá contemplar la recopilación de información respecto a la generación de vibraciones debido al funcionamiento del metro, en zonas próximas a receptores sensibles.



Como se mencionó anteriormente, existen una serie de zonas de edificación sensible a las vibraciones, tanto en la zona norte, como en la centro y en la sur. Por lo tanto será preciso proceder a completar estas mediciones durante la fase de funcionamiento, con la finalidad de evaluar los posibles riesgos que se podrán generar.

Se recomienda realizar los monitoreos de vibración anuales en la fase de construcción, en sitios determinados como críticos. Este monitoreo se realizará durante los 3 primeros años de funcionamiento del Metro de Quito.

La situación legal en Ecuador en este aspecto limita las vibraciones que puedan transmitirse a la estructura sólida de las edificaciones con la finalidad de minimizar los efectos que puedan provocarse sobre ellos.

Según se indica en la tabla 4 del anexo 5 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS), ningún equipo o instalación podrá transmitir, a los elementos sólidos que componen la estructura del recinto receptor, los niveles de vibración superiores a los señalados a continuación.

USO DE LA EDIFICACIÓN	PERIODO	CURVA BASE
Hospitalario, educacional y religioso	Diurno	1
	Nocturno	1
Residencial	Diurno	2
	Nocturno	1,4
Oficinas	Diurno	4
	Nocturno	4
Comercial	Diurno	8
	Nocturno	8

Fuente: TULAS, LIBRO VI, ANEXO 5

## MONITOREO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y DE LAS AGUAS DE INFILTRACIÓN

Como se comentó anteriormente, durante las labores de construcción, existe la probabilidad de que las aguas de las quebradas puedan ser contaminadas, ya sea por derrames accidentales de combustible, lubricantes o por aguas servidas, etc., Pues en la fase de operación ocurre igualmente y las aguas pueden verse contaminadas por vertidos o derrames durante el mantenimiento dado a los vagones del Metro y demás infraestructuras asociadas. Por tal motivo, para conservar la calidad del agua se deberán aplicar las medidas de prevención y mitigación recomendadas en este EsIA, pero además se deberán realizar monitoreos periódicos para verificar el estado de la calidad de las referidas aguas.

Dichos monitoreos deberán realizarse **de manera sistemática con una frecuencia de cada 6 meses durante el primer año.**

### 7.2.9 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

En la fase de operación y mantenimiento se seguirá los lineamientos generales descritos en la fase de construcción basado en la estimación del riesgo propuesta para esta etapa de trabajo (operación y mantenimiento). De manera específica se tomarán los modelos nacionales e internacionales de gestión para la configuración del plan dentro de los cuatro ejes principales de un sistema de gestión los cuales son los siguientes: a) Gestión administrativa, b) Gestión técnica, c) Gestión de talento humano, d) Procedimientos y programas operativos básicos.

Las actividades principales identificadas para la operación y que agrupan un conjunto de tareas específicas son:

- Pruebas e inspección de equipos
- Operación rutinaria de equipo móvil y estaciones
- Mantenimiento de equipos e instalaciones

La fase operativa estará enmarcada dentro de las siguientes actividades preventivas contempladas en el plan de Seguridad y Salud Ocupacional fase de Operación y mantenimiento:

Cumplimiento de mandatos legales

Organización preventiva.- La empresa por el número de personal y la clasificación internacional de riesgo deberá contar con:

Sistema de Gestión de Seguridad y Salud :

Comité paritario de Seguridad e Higiene

- Unidad de Seguridad e Higiene
- Servicio Médico de Empresa
- Liderazgo gerencial
- Ejecución preventiva.- La empresa deberá contar con:
- Política empresarial
- Diagnóstico de Riesgos



- Reglamento Interno de SST
- Programa de Prevención
- Programa de capacitación
- Registro de accidentes e incidentes
- Vigilancia de la salud
- Registro de Morbilidad laboral
- Planes de emergencia
- Cumplimiento de criterios preventivos operacionales

La empresa deberá ejecutar las diferentes actividades enmarcadas en criterios operacionales estandarizados y aprobados por la máxima autoridad operativa de la empresa, razón por la que se dividirán en:

Estándares de contingencias y emergencias.- La empresa dispondrá de los siguientes planes, escritos e implementados en todas las locaciones del sistema:

Plan de respuesta ante emergencias.- En estas se considerarán eventos de incendios, inundaciones, actividad sísmica, volcánica, insurrección civil, eventos especiales, otros considerados.

Plan de evacuación.- Se considerarán planes escritos para evacuación del túnel, trenes, estaciones y demás sitios de alojamiento de empleados y público en general.

Los planes indicados contarán con procedimientos específicos en función de la necesidad de ampliar los criterios operacionales de emergencia en cada sitio además de contarán con los recursos necesarios para garantizar la efectividad de los mismos.

- a) Estándares preventivos operacionales .- La empresa para garantizar la eliminación o minimización de pérdidas (materiales o humanas) considerará la aplicación en toda la operación y mantenimiento del sistema dos tipos de procedimientos:

Procedimientos normativos generales.-

Se ejecutará procedimientos relacionados de manera general a:

- Procedimiento para manejo y control de documentación
- Procedimiento para identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales

- Procedimiento para identificación, evaluación y gestión del riesgo
- Procedimiento para identificación de requisitos legales
- Procedimiento para consulta y comunicación
- Procedimiento de comunicación de requerimientos a proveedores y contratistas
- Procedimiento para medición y seguimiento
- Procedimiento para control de registros
- Procedimiento para ejecución de auditorías e identificación de no conformidades
- Procedimientos para revisión de gestión por alta gerencia
- Procedimientos para gestión del cambio
- Procedimiento de manejo e investigación de incidentes y accidentes
- Procedimientos operativos de Seguridad y Salud Ocupacional.-

Se han identificado de manera general los siguientes procedimientos operativos para la gestión del riesgo en fase operativa y de mantenimiento:

Procedimiento de inspecciones planeadas y no planeadas (Se establecerá un programa de observación preventiva)

- Procedimiento para elaboración de permisos de trabajo
- Procedimiento para aislamientos de energía eléctrica mecánica, neumática, hidráulica.
- Procedimiento para ejecución de análisis de seguridad en la tarea
- Procedimiento para limpieza en general de túnel, estaciones, material rodante
- Procedimiento para manejo de químicos
- Procedimiento para levantamiento de cargas y manejo de materiales
- Procedimientos para puesta en servicio de equipo y unidades auxiliares en condición normal y manual
- Procedimiento para trabajos en caliente (corte y soldadura)
- Procedimientos para trabajos en espacio confinados



- Procedimientos para trabajos en altura ( superior a 1.8m)
- Procedimiento de uso y mantenimiento de equipo de protección personal
- Procedimientos de uso y mantenimiento de equipo de emergencia (Sistema de detección y supresión de incendios, sistema de monitoreo, sistema de bombeo de emergencia, grupos electrógenos, iluminación de emergencia, rutas de evacuación, sistema de ventilación, etc.)
- Procedimiento para capacitación rutinaria y no rutinaria al personal operativo y de mantenimiento
- Procedimientos de control de accesos
- Procedimiento de expedición de boletos
- Procedimientos para prevención de incendios
- Procedimiento de seguridad vehicular
- Procedimientos de higiene y control de vectores
- Procedimientos, planes y programas específicos para el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de las diferentes unidades e infraestructura existente.
- Procedimiento de uso de herramientas y equipos
- Procedimientos uso de gas comprimido

Indicadores de gestión.- Para evaluar periódicamente el plan propuesto y dentro de los criterios del normativo nacional del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Resolución No. CD 390, la empresa implementará los siguientes indicadores:

Índices reactivos.-

Índice de frecuencia

Índice de gravedad

Tasa de riesgos

Índices pro activos.-

Análisis de riesgos (ART)

Observaciones planeadas de acciones sub estándares (OPAS)

Diálogo periódico de seguridad (IDPS)

Demanda de seguridad (IDS)

Entrenamiento de seguridad (IENTS)

Órdenes de servicios estandarizados y auditados (IOSEA)

Control de accidentes e incidentes (ICAI)

Índice de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (IG)

## 8. PROCESO DE PARTICIPACIÓN SOCIAL

La Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito en cumplimiento del Reglamento de aplicación de los mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental, Decreto Ejecutivo No. 1040 y Acuerdos Ministeriales 112 y 106, invitó a la ciudadanía en general al Proceso de Participación Social del Borrador del Estudio y Plan de Manejo Ambiental para el proyecto "METRO DE QUITO – Fase I". Para desarrollar este Proceso se instalaron 19 Centros de Información en varios sectores de la ciudad de Quito, incluyendo en el Centro Histórico. *La ubicación de estos Centros permitieron cubrir en su totalidad el área de influencia del Metro de Quito.*

CENTROS DE INFORMACIÓN	
ZONA	LUGAR
Administración Zonal Quitumbe:	• Terminal Terrestre Quitumbe
	• Rumichaca y Morán Valverde esquina
	• Parque del Caballito
Administración Zonal Centro:	• Plaza de San Francisco
	• Guápulo
	• La Alameda
Administración Zonal Eloy Alfaro:	• Solanda
	• Centro Comercial El Recreo
	• La Magdalena
	• Chiriyacu
Administración Zonal Eugenio Espejo:	• Sector Universidad Central: Plaza Indoamérica, Av. América.
	• Estación Norte del Trolebus:
	• Jijijapa, Sector Plaza de Toros
	• La Pradera y Carolina: Afueras del Ministerio de Agricultura (MAGAP)
Administración Zonal La Delicia	• Bulevar de la Naciones Unidas: Av. Naciones Unidas y Japón, detrás del Centro Comercial Iñaquito.
	• Centro de Información Pública Permanente: Oficinas de la Administración Zonal La Delicia



<b>Administración Zonal Tumbaco</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centro de Información Pública Permanente: Oficinas de la Administración Zonal Tumbaco</li> </ul>
<b>Administración Zonal Los Chillos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centro de Información Pública Permanente: Oficinas de la Administración Zonal Los Chillos</li> </ul>
<b>Administración Zonal Calderón</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centro de Información Pública Permanente: Oficinas de la Administración Zonal Calderón</li> </ul>

Paralelamente al funcionamiento de los Centros de Información se realizaron 9 Audiencias Públicas en lugares claves que permitieron de igual forma cubrir la totalidad del área de influencia del Proyecto Metro de Quito.

AUDIENCIAS PÚBLICAS	
ZONA	LUGAR
<b>Administración Zonal Norte Eugenio Espejo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidad Central</li> <li>Colegio Don Bosco</li> <li>Auditorio AZ Eugenio Espejo</li> </ul>
<b>Administración Zonal Centro Manuela Sáenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Salón de la Ciudad</li> <li>Teatro Escuela Sucre</li> </ul>
<b>Administración Zonal Sur Quitumbe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auditorio Terminal Terrestre Quitumbe</li> </ul>
<b>Administración Zonal Sur Eloy Alfaro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coliseo Iglesia de Solanda</li> <li>Casa Comunal Liga Barrial Sata Anita 2</li> </ul>
<b>Audiencia Pública con Actores Institucionales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auditorio EMAPS</li> </ul>

Se utilizaron también otros mecanismos de participación como: página web, redes sociales, ferias, exposiciones, entrega de impresos, etc.

Dentro del proceso de participación se desarrollaron reuniones directas con grupos de interés pertenecientes al Centro Histórico, entre los que podemos mencionar al colectivo de comerciantes de las calles Benalcázar y Sucre; Buró del Centro Histórico; y pobladores del área de influencia de la estación de San Francisco. Con ellos se compartió información detallada sobre el proyecto y de la construcción de la estación en San Francisco en particular. Se analizó colectivamente las medidas que se implementarán a fin de mitigar los posibles impactos causados por la construcción.

La Empresa Pública Metro de Quito mantendrá un relacionamiento permanente con los diferentes actores sociales del Centro Histórico y particularmente con los de San Francisco, proporcionándoles información sobre los avances de la obra y de todas las medidas tomadas para el efecto.

## REGISTRO DE OBSERVACIONES CIUDADANAS INCORPORADAS AL EIA

En el proceso de consulta las observaciones de la ciudadanía se relacionaron con varios aspectos del Proyecto: técnicos, ambientales, sociales y patrimoniales. A continuación se nombran los principales temas que fueron de interés ciudadano:

**Aspectos Técnicos:** costo del proyecto, fuentes de financiamiento, tarifa, trazado del metro, ubicación de las estaciones, métodos constructivos, energía a utilizar, vida útil del metro, sistemas de seguridad en el metro, sistema de emergencia, paso por quebradas y acuíferos, etc.

**Aspectos Ambientales:** vibraciones, reducción de la contaminación, medidas de contingencia, medidas de seguridad, manejo de árboles, programas de prevención, escombreras, etc.

**Aspectos Sociales:** seguridad ciudadana, empleo, facilidad para transportar bicicletas, horarios de atención, medidas para mitigar afectaciones sociales, beneficios sociales, expropiaciones, compensaciones, etc.

**Aspectos Patrimoniales:** Plaza de San Francisco, Centro Histórico.

Los comentarios, inquietudes, sugerencias de la ciudadanía fueron recogidas en matrices en las que constan las respuestas proporcionadas así como los enlaces a los respectivos capítulos del EIA y PMA.

## PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y SEGUIMIENTO

El Plan de Información y Seguimiento contempla desarrollar diversas actividades que amplíen los espacios de información en los cuales los distintos actores sociales conozcan y opinen sobre el proyecto Metro de Quito. Estos espacios permitirán la accesibilidad de las personas a recibir una información transparente, objetiva y de primera mano; una primera instancia constituyen las oficinas de información contempladas en el Proceso de Participación Social, otras instancias para proporcionar información y atender consultas serán en las oficinas del Proyecto Metro de Quito, puntos permanentes in situ.

Con la ejecución del Plan de Información y Seguimiento se logrará una retroalimentación de información que permitirá responder de forma inmediata a las inquietudes, consultas, dudas, de los actores sociales involucrados en el Proyecto Metro de Quito. Esta política de información contribuirá fuertemente en el mejoramiento continuo de las relaciones establecidas con los grupos de interés.

A través de este Plan los grupos de interés estarán informados permanentemente con lo cual se limitaría al máximo la presencia de situaciones conflictivas por ausencia de información.



## 9. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El metro es un modo de transporte público masivo, eficiente, fiable, equitativo, seguro, sostenible y no contaminante. En el caso de Quito, el metro será el eje vertebrador del sistema integrado de transporte masivo, constituyéndose en parte fundamental de la solución a los problemas de movilidad y tráfico que presenta la ciudad de Quito en estos momentos y que se agudizarán en el futuro si sigue la actual tendencia.

Los problemas de movilidad que aquejan a la ciudad de Quito están afectando negativamente a la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes y visitantes. El metro facilita la accesibilidad a los lugares de trabajo (aumento del empleo, mayor productividad), al comercio (mejora la actividad económica), a los colegios, hospitales (acceso a los servicios sociales), etc.; promueve la integración social y ordenación urbana; y, ahorrará tiempo a los ciudadanos en sus desplazamientos, que se destinará a actividades productivas, educativas, investigativas, recreacionales, etc. Por todo ello, se disminuirán los índices de pobreza y se impulsará el desarrollo económico y social de la ciudad y del país, mejorando la calidad de vida de los quiteños y quiteñas.

Las obras y el funcionamiento de la Primera Línea del Metro de Quito favorecerán también el desarrollo tecnológico del país, ya que sus modernas instalaciones serán construidas aplicando tecnología de vanguardia y su operación requerirá de personal ecuatoriano altamente especializado en estas tecnologías.

La disminución previsible de la congestión de tráfico de superficie ocasionará una disminución de los niveles de ruido y disminución de la concentración de gases contaminantes en el aire, lo que redundará en una mejor salud de la población, con el consiguiente ahorro económico en servicios sanitarios y un incremento de la calidad de vida y bienestar de los habitantes de Quito y de los visitantes de la ciudad.

Las emisiones de gases de efecto invernadero se reducirán en unas 163.942 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que contribuirá a la estabilización del clima a nivel global y traerá los beneficios derivados de los mecanismos de desarrollo limpio.

Los estudios paleontológicos y arqueológicos realizados garantizan que el metro no afecta a los valores culturales del centro histórico de Quito, que mantendrá su calificación de Patrimonio Cultural de la Humanidad, mejorándose la accesibilidad a los mismos y su puesta en valor turístico.

No se han detectado impactos negativos que hagan inviable ambientalmente la actuación ya que todos se pueden prevenir o mitigar con las medidas propuestas y no afectan a áreas ni especies de alto valor ambiental.

## 10. CONTACTOS

### 10.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito  
Dirección: Venezuela entre Chile y Espejo  
Teléfono: 593 2 257 1875  
Fax: 593 2 258 0799  
[www.quito.gob.ec](http://www.quito.gob.ec)

Unidad Metro de Quito  
Dirección: Av. 6 de Diciembre N33-42 y Bossano, Edificio Titanium  
Teléfono: 1800-METROQ-1800638767  
593 2 23331821

### 10.2 NOMBRE DE LA COMPAÑÍA CONSULTORA

#### GESAMBCONSULT CONSULTORES:

Jorge Juan N 31-24 y Murgeón,  
Quito - Ecuador  
Teléfono: 593 2 2559137  
Tele Fax: 593 2 2559137  
Email: [gesambconsult@gmail.com](mailto:gesambconsult@gmail.com)

EN ASOCIACIÓN CON:

#### EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (EVREN):

Av. Amazonas E2-313 y Azuay, Edificio Copiadi  
Quito - Ecuador  
Teléfono: 593 9 892 1193  
Email: [ealonso@evren.es](mailto:ealonso@evren.es)  
<http://www.evren.es>