

Contenido

12.	ANÁLISIS DE RIESGOS	2
12.1	Riesgos del Proyecto hacia el Ambiente (ENDÓGENOS).....	2
12.1.1	Método simplificado de evaluación de riesgos.....	2
12.1.2	Proceso – Entorno	5
12.2	Riesgos del Ambiente hacia el Proyecto (EXÓGENOS).....	7
12.2.1	Metodología Fundación Natura	8
12.2.2	Metodología de análisis retrospectivo.....	9
12.2.3	Descripción de los riesgos evaluados	9
12.2.4	Conclusiones.....	19

Ilustraciones

Ilustración 12-1	Matriz de Categorización de Riesgos	4
Ilustración 12-2.	Zonas Sísmicas Del Ecuador	14
Ilustración 12-3.	Modelo numérico de relieves y ubicación de los volcanes activos del Ecuador. Los más cercanos a la zona del proyecto son: Cotopaxi, Antisana, Pichincha e Ilinizas	17

12. ANALISIS DE RIESGOS

12.1 Riesgos del Proyecto hacia el Ambiente (ENDÓGENOS)

La ciudad de Quito sufre de amenazas sísmicas, volcánicas e hidrometeorológicas, unas con mayor intensidad que otras, ocasionando modificaciones geomorfológicas, económicas y sociales que influyen a escala local.

Una amenaza natural se convierte en un desastre debido a condiciones subyacentes como la vulnerabilidad social, física, económica e institucional. Un país como Ecuador puede verse expuesto a eventos tales como: inundaciones, sismos, actividad volcánica, deslizamientos, entre otros.

12.1.1 Método simplificado de evaluación de riesgos

La metodología aplicada nos permite cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección. Para ello se ha detectado las deficiencias existentes en los lugares de trabajo para, a continuación, estimar la probabilidad de que ocurra un accidente y, teniendo en cuenta la magnitud esperada de las consecuencias y la gravedad de los hechos, evaluar el riesgo asociado a cada una de dichas deficiencias.

Los principios que rigen la evaluación de riesgos para este método son:

- Determinar la gravedad de pérdidas potenciales si tuviera lugar una pérdida como resultado del peligro identificado;
- Determinar la frecuencia con la que se hayan producido o pudieran producirse pérdidas como resultado del peligro identificado;
- Determinar la probabilidad de que se produzca una pérdida como resultado de que el peligro identificado se encuentre presente durante un hecho determinado

El propósito principal de evaluar riesgos es identificar y ordenar por categoría las actividades y/o condiciones que presentan riesgos de pérdida asociada con esta actividad y/o condición y riesgos a los componentes ambientales. Se pueden aplicar las prioridades adecuadas al desarrollo e implementación del sistema de manejo del control de riesgos a fin de reducir o eliminar riesgos, comenzando con las de más alto riesgo, hasta las de bajo riesgo.

12.1.1.1 Parámetros de evaluación

Los riesgos se han ordenado por medio de la asignación de valores a los niveles de seguridad y frecuencia con que ocurren (o posibilidad de que ocurran), luego combinar estos valores a fin de calcular un factor de riesgo relativo para un peligro en particular. El siguiente cuadro presenta valores para calcular el riesgo relativo utilizando los valores de gravedad y frecuencia.

Para la evaluación de los riesgos de seguridad, se tendrán en cuenta los siguientes parámetros de evaluación, para cada riesgo identificado:

a. Frecuencia

Denota la periodicidad estimada de ocurrencia de un siniestro, que en caso de que existan registros estadísticos su determinación debería fundamentarse en dicha información; caso contrario, como ocurre en la generalidad de riesgos analizados, su determinación se basa en la experticia del especialista. Bajo estas consideraciones, la frecuencia de ocurrencia puede clasificarse en:

Tabla 12-1 Valor de Frecuencia

PROBABILIDAD DE QUE OCURRA UN INCIDENTE	
FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN DE FRECUENCIA
1 (MUY BAJA)	No se espera que ocurra durante la vida útil de la instalación o funcionamiento de los equipos y áreas.
2 (BAJA)	Se espera que ocurra al menos una vez cada cinco a veinte años.
4 (MEDIA)	Se espera que ocurra al menos una vez cada uno a cinco años.
8 (ALTA)	Se espera que ocurra al menos una vez al año.

Elaborado por: Ecosambito C. Ltda., 2012

b. Gravedad

Denota la intensidad del daño que probablemente se produzca. Al igual que en la determinación de la frecuencia, este factor se determinará sobre la base de la experiencia del Consultor. Bajo estas consideraciones, la gravedad de los eventos se clasifica en:

Tabla 12-2 Valor de Gravedad

CLASIFICACIÓN DE ACCIONES O CONDICIONES SEGÚN SU GRAVEDAD				
GRAVEDAD	HIGIENE O SEGURIDAD	MEDIO AMBIENTE	PERDIDAS EN LA PRODUCCION	DAÑOS A LA INSTALACIONES O EQUIPOS
1 (LEVE)	Lesión/enfermedad potencial menor (Primeros Auxilios)	Daño potencial menor al medio ambiente	Menos de un día	Menos de \$ 5,000
2 (MODERADO)	Lesión/enfermedad grave (Tratamiento médico)	Incidente ambiental potencial a ser informado, sin problemas legales o atención por parte de los medios	Entre un día y una semana	\$5,000 - \$ 50,000

CLASIFICACIÓN DE ACCIONES O CONDICIONES SEGÚN SU GRAVEDAD				
4 (GRAVE)	Lesión potencial sería (Incidente con pérdida de tiempo)	Incidente potencial a ser informado que posiblemente atraiga la atención de los medios y provoque cargos por parte de entes gubernamentales.	Entre una semana y cuatro semanas	\$ 50,000 - \$ 500,000
8 (CATASTRÓFICO)	Potencial pérdida de la vida	Potencial pérdida de la vida, pérdida importante, que llame la atención de los medios a nivel nacional o internacional.	Más de un mes	Más de \$500,000

Elaborado por: Ecosambito C. Ltda, 2012

Fórmula del Riesgo: R = F * G

Tabla 12-3 Categorización del Riesgo de acuerdo al rango

CATEGORIZACIÓN	
Riesgo	Valor
Bajo	1- 4
Serio	8
Grave	16
Crítico	32-64

Elaborado por: Ecosambito C. Ltda, 2012

Ilustración 12-1 Matriz de Categorización de Riesgos

		MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE RIESGOS			
Clasificación de Frecuencia	8	8	16	32	64
	4	4	8	16	32
	2	2	4	8	16
	1	1	2	4	8
		1	2	4	8
		→ Clasificación de Gravedad			

Elaborado por: Ecosambito C. Ltda., 2012

12.1.2 Proceso – Entorno

Mediante el análisis de las condiciones específicas del proyecto se ha determinado la posibilidad de ocurrencia de los siguientes eventos:

- Incendio
- Eléctricos
- Derrames de hidrocarburos

Tabla 12-4 Resultados de la evaluación de riesgos

Riesgo	Frecuencia	Gravedad	Categorización del Riesgo
Incendio	1 (MUY BAJA)	1 (LEVE)	1 (BAJO)
Eléctricos	2 (BAJA)	1 (LEVE)	2 (BAJO)
Derrames de Hidrocarburos	4 (MEDIA)	1 (LEVE)	4 (BAJO)

Elaborado por: Ecosambito C. Ltda., 2016.

12.1.2.1 Riesgo de incendio

Las causas por las cuales se pudiera presentar un incendio son las siguientes:

- Condiciones inseguras de almacenamiento de hidrocarburos, instalaciones eléctricas que presenten fallas, actos inseguros por parte del personal vinculado a las actividades de almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.

Para el presente análisis de riesgo de incendio se ha tomado en consideración las condiciones de almacenamiento previstas para las sustancias químicas e hidrocarburos y las instalaciones eléctricas a colocarse como parte de la estación y en el área de la variante; las características mencionadas para el primer caso para las sustancias químicas e hidrocarburos (gasolina y diésel) se ha previsto almacenarlos en tanques metálicos, que cuenten con dique perimetral, señalética y recursos de seguridad necesarios para combatir un incendio en caso de que este se presente, para caso de las instalaciones eléctricas que presenten fallas que podrían generar chispas y desencadenar en un incendio, se debe considerar que el proyecto se encuentra en construcción (fase inicial del mismo) los equipos y materiales serán nuevos. Este evento se ha calificado con una frecuencia de ocurrencia muy baja, ya que no se espera que esto suceda en el periodo de duración del proyecto por las condiciones de seguridad que se ejecutaran durante toda la duración del proyecto y en caso de que este evento se presente por cuestiones aisladas se esperaría lesiones potenciales menores en los trabajadores que se encontrarán cerca del sitio que requerirían de asistencia médica primaria (primeros auxilios), en daños relacionados al ambiente se esperaría daños menores, ya que es importante recalcar que 97% de las actividades son subterráneas y el área de implementación del proyecto es un área intervenida sin

identificación de especies de vegetación y especies menores de sensibilidad alta, y en cuestión de pérdidas económicas en daños en instalaciones y equipos serían menores a 5.000 y con pérdida de tiempo de menos de un día. Obteniendo un riesgo de carácter **BAJO**.

12.1.2.2 Riesgos eléctricos

El análisis de incendio por malas condiciones de los sistemas eléctricos ya ha sido evaluado en el apartado anterior, por tal razón para el presente análisis se considerará los riesgos vinculados a desperfectos en las instalaciones eléctricas que podrían generar el paro de las actividades, daños a sus trabajadores y pérdidas económicas menores.

Para lo cual se ha considerado una frecuencia de ocurrencia de una vez cada cinco a veinte años, con lesiones leves (cortaduras, raspados, electrocuciones, entre otros.), que requerirán de primeros auxilios, con daños menores al ambiente y con pérdidas económicas menores a \$5,000. Obteniendo un riesgo de carácter **BAJO**.

12.1.2.3 Riesgos de derrames de hidrocarburos

Se ha previsto que los derrames menores por hidrocarburos sean eventos aislados vinculados directamente a actos inseguros por parte de personal que realice la actividad de manejo de los mismos, ya que el área de almacenamiento de hidrocarburos contará con dique perimetral, señalética, recursos de seguridad en caso de un evento emergente y kit de derrames.

Por tal razón, se ha previsto que este evento suceda una vez cada uno a cinco años con consecuencias leves para los trabajadores ya que para el manejo de estos hidrocarburos se utilizará el EPP necesario, los daños a ambiente serán menores sin pérdida de especies representativas, (al ser un área intervenida) ya que la superficie afectada sería menor y las pérdidas económicas serán menores a \$ 5000. Obteniéndose un riesgo **BAJO**.

12.1.2.4 Riesgo biótico

Acorde a la información detallada de forma clara en el numeral 2.2 Medio biótico de la línea base del presente estudio, donde se detallan las características bióticas del área que abarca la estación Quitumbe y la variante de 2.6 km, donde se describe que es un área intervenida en su totalidad y no se han identificado especies sensibles, encontrándose especies generalistas que se han adaptado al medio. En tal razón, no se ha identificado riesgos bióticos.

12.1.2.5 Riesgo social

Los riesgos sociales identificados se detallan a continuación:

Tabla 12-5 Resultados de la evaluación de riesgos

Riesgo	Frecuencia	Gravedad	Categorización del Riesgo
Conflictos sociales	2 (BAJO)	1 (BAJO)	2 (BAJO)

Elaborado por: Ecosambito C. Ltda., 2016

En relación a los riesgos sociales a los cuales se expone la población del área de influencia, se han determinado posibles conflictos sociales en la fase constructiva por los inconvenientes que se pueden presentar en la movilidad, la generación de polvo y ruido en el ambiente, ante lo cual, se deberá señalar y comunicar previamente a la población.

En el área de los alrededores de la estación Quitumbe, ubicada en el terminal de buses interprovinciales, se ha identificado algunas viviendas que se verán afectadas de forma negativa con las actividades principalmente de la construcción del proyecto. Hay otro asentamiento representativo de personas ubicado al final de la línea de la variante, donde no se ha identificado riesgos sociales en relación a las actividades del proyecto y la percepción de la población considerando que el 97% de las actividades del proyecto serán subterráneas y el 3% serán superficiales y se ejecutarán principalmente en el área de la estación.

Estos aspectos colocan al proyecto en un escenario de posible tensión con la comunidad, por lo que los acuerdos y compromisos que se haga con los asentamientos humanos de la zona de influencia directa, tienen que tener un alto nivel de cumplimiento. De lo contrario, la escalada del conflicto se puede presentar en cualquier momento.

A pesar que este es un riesgo probable, sus consecuencias son limitadas en vista que la compañía encargada de ejecutar el proyecto, se encargará a través del departamento de relaciones comunitarias de llevar adelante posibles negociaciones con las personas del área, por tal razón, la valoración es de **BAJO**.

12.2 Riesgos del Ambiente hacia el Proyecto (EXÓGENOS)

La ciudad de Quito está situada en un valle entre las cordilleras occidental y oriental de los Andes, asentada sobre la falla tectónica de piedemonte de la Cordillera Occidental, rodeada de volcanes. En los últimos 500 años ha sido afectada por sismos, erupciones volcánicas, movimientos de masa, inundaciones e incendios forestales, que han dejado pérdidas incalculables, en la infraestructura y en los bosques aledaños de la ciudad.

Como parte del análisis de riesgos del entorno al proceso tendremos los siguientes:

- Riesgos naturales
 - Riesgo sísmico
 - Riesgo volcánico
- Riesgos bióticos
- Riesgos sociales

Para obtener un mejor resultado del análisis de los riesgos naturales se ha combinado dos metodologías cuantitativa y cualitativa claramente definidas.

- Metodología de análisis retrospectivo
- Metodología de Fundación Natura

12.2.1 Metodología Fundación Natura

El análisis de riesgos en la zona, permite conocer los daños potenciales que pueden surgir por un proceso realizado o previsto o por un acontecimiento futuro. El riesgo de ocurrencia es la combinación de la probabilidad de que ocurra un evento negativo con la cuantificación de dicho daño. La evaluación se realizó utilizando una matriz de riesgo adoptada de la Evaluación de Riesgos para el Manejo de los Productos Químicos Industriales y Desechos Especiales en el Ecuador (Fundación Natura, 1996), la cual califica al componente en base a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, sus consecuencias y a la vez, permitió identificar espacialmente la magnitud del riesgo en un lugar determinado. Esta matriz se presenta en la siguiente tabla.

La probabilidad de ocurrencia es calificada en una escala de 1 a 5, donde el valor 5 corresponde a una ocurrencia muy probable, de por lo menos una vez por año y el valor de 1 corresponde a una ocurrencia improbable o menor a una vez en 1000 años. Las consecuencias son calificadas en una escala de A - E, donde A corresponde a consecuencias no importantes y E corresponde a consecuencias catastróficas.

Tabla 12-6. Matriz de riesgos físicos

P R O B A B I L I D A D	5	MUY PROBABLE (MÁS DE UNA VEZ AL AÑO)							
	4	BASTANTE PROBABLE (UNA VEZ POR AÑO)							
	3	PROBABLE (UNA VEZ CADA 10 A 100 AÑOS)							
	2	POCO PROBABLE (UNA VEZ CADA 100 A 1000 AÑOS)							
	1	IMPROBABLE (MENOS DE UNA VEZ CADA 1000 AÑOS)							
			BAJO	ALTO	NO IMPORTANTES	LIMITADAS	SERIAS	MUY SERIAS	CATASTRÓFICAS
			MODERADO	MUY ALTO	A	B	C	D	E
CONSECUENCIAS									

Fuente: Fundación Natura, 1996.

La evaluación del riesgo físico permite tener una visión clara respecto a los riesgos naturales potenciales que podrían afectar la estabilidad de las obras proyectadas y su área de influencia.

El propósito principal de la evaluación fue determinar los peligros que podrían afectar las obras, su naturaleza y gravedad.

Sobre la base de la información generada en el EIA, el análisis de literatura publicada y en base a los recorridos en campo se identificó cuatro componentes que presentan riesgos o peligros del medio físico sobre las obras en estudio. Estos son sísmicos y volcánicos.

A continuación, se detalla la calificación de la probabilidad y la consecuencia para cada uno de los riesgos naturales identificados:

Tabla 12-7 Resultados de la evaluación de riesgos

Riesgo	Frecuencia	Gravedad	Categorización del Riesgo
Volcánico	3	B	3B (BAJO)
Sísmico	3	B	3B (BAJO)

Elaborado por: Ecosambito C. Ltda., 2016

12.2.2 Metodología de análisis retrospectivo

A continuación, se describe el riesgo que representa para las actividades del proyecto que existe en el área prevista para desarrollar el proyecto definido como Variante Quitumbe de 2.6 km de la Primera Línea del Metro de Quito y cuyos límites están delimitados con las coordenadas definidas en el capítulo de descripción del proyecto.

Para el análisis de riesgos se ha utilizado información secundaria y se realizó el respectivo trabajo de campo para identificar las características del terreno relacionado con los siguientes componentes:

- Componente Físico
- Componente Biótico
- Componente Social

Se describe a continuación la metodología aplicada para el análisis de riesgos y luego se presentan los resultados del análisis que posteriormente servirán para la identificación de las áreas ambientalmente sensibles y la definición de un plan de manejo específico, coherente con la naturaleza del proyecto y las características del área donde se localiza el proyecto.

La metodología aplicada para el análisis de riesgos en el presente proyecto se ha dividido en dos partes: una general y otra específica.

12.2.3 Descripción de los riesgos evaluados

12.2.3.1 Riesgos sísmicos

A continuación, se muestran la identificación general de riesgos sísmicos para el proyecto. Debido a que fenómenos como los terremotos obedecen a causas que son activas desde hace millones de años, su ocurrencia puede considerarse como una variable estacionaria en el

tiempo; es decir, donde han ocurrido grandes terremotos es probable que en el futuro ocurran otros de magnitud similar.

Quito se encuentra atravesado por un sistema de fallas, que se inicia a la altura de la población de Tambillo al sur y avanza hacia el norte hasta San Antonio de Pichincha, definiendo un trazado de 47 a 50 km de longitud.

Sismos importantes que han ocurrido en la zona de influencia del proyecto han tenido efectos catastróficos sobre la población y las construcciones en Quito. A continuación, se describen en orden cronológico, y en lo posible se discute su relación con la tectónica de la región. Las intensidades reportadas corresponden a la escala MSK, a menos que se indique lo contrario.

Tabla 12-8 *Historial de Sismos en el Ecuador*

Año	Descripción	Escala/Intensidad
Sismo de 1541	Es el primer evento que aparece en los catálogos sísmicos del país: Siendo la información tan escasa, lo único que se puede sospechar es que este evento pudo haberse generado en las ramificaciones de la falla Chingual o en cualquiera de sus ramales que se prolongan hacia la zona de Papallacta, pudiendo ser similar al terremoto de 1987 (UCE-Petrotransporte, 1991; Eguez y Yepes, 1993).	El catálogo de sismos asigna a este evento una intensidad máxima de 8K
Sismo de 1587	Es muy posible que una de las fallas activas del área Noroccidental, tales como la de Apuela o de Catequilla sean las responsables de este terremoto (Eguez y Yepes, 1993).	La intensidad de este evento en Quito pudo haber llegado a ocho MSK (Del Pino y Yepes, 1990)
Sismo de 1627	El sismo del 26 de junio de 1627 fue suficientemente fuerte como para afectar al Palacio de la Audiencia y otras casas en Quito, sin embargo, no se reportan daños al norte de la ciudad ni en otros lugares, por lo que es difícil atribuirle una fuente generadora, a no ser que sea la misma falla de Quito (Eguez y Yepes, 1993). Este sismo debió tener una intensidad en Quito de VII (Del Pino y Yepes, 1990).	
Sismo de 1661	La fuente natural para un fenómeno de esta naturaleza en el Sincholagua debe localizarse muy cercana a él, por lo que, su origen debe estar relacionado con la prolongación del sistema dextral hacia el suroccidente del nevado Antisana (Yepes et al, 1994).	Su intensidad en Quito es de VI-VII (Del Pino y Yepes, 1990).

Año	Descripción	Escala/Intensidad
Sismo de 1755	Ha sido catalogado por Wolf (1892) como el más destructivo que ha sufrido Quito a través de su historia. Por esta razón, las únicas posibilidades de fuente para este evento son, primeramente la falla-flexura de Quito, con un sismo muy local, o una falla más lejana que causó también daños a otros poblados, pero de los cuales no se tienen noticias.	Se lo estimó en el grado nueve MSK (Del Pino y Yepes, 1990).
Sismo de 1797	<p>El P. Velasco (1789) estima en más de 40.000 el número de víctimas causadas por este terremoto conocido como de Riobamba, aunque estimaciones más realistas (Ceresis, 1985) dan números menores.</p> <p>Las posibles fuentes sismogénicas podrían ser la falla de Pallatanga, en su segmento más impresionante sobre el Río Pangor, el tramo de empalme con la falla Huambaló, que pondría al evento sísmico muy cerca de la ciudad de Riobamba Antigua, o los segmentos Huambaló o Pisayambo del sistema dextral, que es donde se produjo el terremoto de Ambato de 1949.</p>	La magnitud del evento pudo haber sido del orden de 7,5 grados Richter.
Sismo de 1859	<p>Por la información que se ha podido obtener del estudio de Pino y Yepes (1990), el terremoto que parece haber producido los mayores estragos en los monumentos religiosos de la capital es precisamente éste de 1859.</p> <p>Por la información de otros daños generalizados a lo largo de la parte central del Valle Interandino, se puede pensar que se trata de un sismo relativamente profundo y fuerte en la zona de Benioff, tal vez ubicado entre Quito e Ibarra, a decenas de kilómetros de profundidad (Eguez y Yepes, 1993).</p>	Al que se le ha asignado una intensidad de nueve grados MSK en Quito
Sismo de 1868	En Quito, el mismo terremoto produjo nueve víctimas mientras que en Cotocollao y San Antonio el número fue de seis, habiendo quedado todos los templos, conventos y establecimientos públicos de Quito, que en su generalidad eran construidos de cal y piedra, en estado de exigir prontas reparaciones (Eguez y Yepes, 1993).	La intensidad de este terremoto debió alcanzar la escala de 10 en la amplia zona macrosista.

Año	Descripción	Escala/Intensidad
	<p>Las características de la destrucción ocurrida indican que el hipocentro del terremoto de 1868 fue superficial y se localizó muy cerca a la ciudad de Cotacachi, habiendo ocurrido un sismo premonitor en la ciudad de El Ángel 12 horas antes. Es muy probable que este evento tuviera su origen en la falla de San Isidro-Otavalo.</p>	
<p>Sismo de 1906</p>	<p>Este sismo, ocurrido el 31 de enero de 1906 y localizado en la zona de subducción frente a las costas de Esmeraldas, alcanzó una magnitud de 8,6 y es el más grande registrado en el país y uno de los cinco más grandes en la historia sísmica instrumental del mundo. La zona donde se registró el máximo sacudimiento comprende a Esmeraldas hacia el sur y hacia el norte en Guapi, Colombia, incluyendo a la cordillera costera; una segunda zona comprende desde el sur de Otavalo hasta Cali-Colombia, con destrucción en Otavalo; la tercera zona incluye a Quito, donde Del Pino y Yepes (1990), reportan una intensidad de VI.</p>	
<p>Sismo de 1914</p>	<p>Este evento puede ser claramente atribuido a la falla Chingual, en la prolongación del "echelon" dextral que atraviesa la zona de Papallacta (Eguez y Yepes, 1993).</p>	<p>Otro terremoto que tiene una intensidad importante es el del 31 de mayo de 1914. Las intensidades máximas de dicho sismo se reportan en la parte oriental de la provincia de Pichincha, con valores de VIII en los volcanes Antisana y Sincholagua y de VI en Quito (Del Pino y Yepes, 1990).</p>
<p>Sismo de 1923</p>	<p>A este sismo se le ha asignado una intensidad de VII en Quito (del Pino y Yepes, 1990), aunque no se ha reportado destrucción en las poblaciones hacia el norte (Almeida et al, 1998). Su localización epicentral es en la zona de Machachi, especialmente al oeste de la población donde se produjeron los mayores efectos. Este evento puede atribuirse a la prolongación hacia el sur del sistema de fallas inversas de Quito o la prolongación de la falla Atacazo (Eguez y Yepes, 1994).</p>	

Año	Descripción	Escala/Intensidad
Sismo de 1929	El 25 de julio de 1929, un sacudimiento menor afectó a las poblaciones de Tambillo y Uyumbicho donde se registraron intensidades de 8 K, y ubicándose su epicentro en el caserío de Murco en el flanco noroccidental del volcán Pasochoa. Posiblemente generado por la prolongación hacia el sur del sistema de fallas inversas de Quito (Eguez y Yepes, 1994).	
Sismo de 1938	El sismo del 10 de agosto de 1938, conocido como el terremoto de Los Chillos, produce intensidades altas en Alangasí, San Rafael y El Tingo, pero no llega a causar daños en Quito, donde la intensidad es de V. Es probable que se trate de un evento muy superficial. No se ha determinado un rasgo geomorfológico al cual se pueda atribuir su origen (Eguez y Yepes, 1993).	
Sismo de 1942	Uno de los terremotos más poderosos generados en la zona de subducción durante el pasado siglo, ocurrió el 14 de mayo, en la zona de subducción frente a las costas de Bahía de Caráquez. Con una magnitud de $M_s = 7,9$; generando intensidades de VI en Quito (Del Pino y Yepes, 1990).	
Sismo de 1955	En mayo de 1955, un sismo probablemente localizado sobre la intersección de las fallas transcurrentes con las fallas transpresivas del sistema EAFFZ (Chingual-Pallatanga), produjo daños severos en Tabacundo, Huaca, Julio Andrade y Monte Olivo y cuarteamiento de casas e iglesias en Otavalo, Ibarra, Cayambe y San Gabriel. En Atahualpa, la cúpula de la torre de la iglesia se vino al suelo, quedando cuarteada la iglesia y la mayoría de las casas. En Quito los daños fueron menores (Yepes et al, 1994). Este evento puede estar ubicado en la misma zona epicentral y de características de la fuente parecidas al terremoto de 1987.	
Los terremotos del 5 de marzo de 1987	Los graves efectos que produjeron los terremotos del 5 de marzo de 1987 afectaron una amplia área de la Provincia de Sucumbíos, pero también causaron estragos en ciertas edificaciones en Quito. Los epicentros de dichos eventos	La magnitud del evento principal fue de $M_s = 6,9$; siendo precedido por un evento premonitor de $M_s=6,1$; los dos eventos presentan mecanismos focales del tipo inverso. La intensidad máxima en la

Año	Descripción	Escala/Intensidad
	se ubican en la intersección de las fallas transcurrentes con las fallas inversas del Frente Andino Oriental.	zona epicentral alcanzó el grado IX (Hall, 2000).
Sismo de 1990	El 10 agosto de 1990 se produjo un sismo de magnitud moderada, mb=5, que produce intensidades de VII en la zona epicentral, el cual afectó localmente a las inmediaciones de Pomasqui en la provincia de Pichincha, con un saldo de tres personas fallecidas y graves daños a las edificaciones. Inicialmente se pensó que la estructura responsable de este evento era la falla inversa de Quito; sin embargo, el área de ruptura definida con base en la disposición geométrica de sus réplicas parecería indicar que se trata de otra estructura, posiblemente la falla de Catequilla (UCE-Petrotransporte, 1991).	
Sismo de 1998	Dentro de los sismos que se generan en la zona de subducción, el 4 de agosto de 1998 se produce un fuerte sismo en las inmediaciones de la ciudad de Bahía.	Con una magnitud Ms=7,1. La intensidad en Bahía se estimó en grado IX, con el colapso de algunos edificios modernos, Manta, Portoviejo y Pedernales, se encuentran dentro de la isosista de VIII, Guayaquil, Babahoyo y Cojimies con intensidades entre VII y VI (Ceresis et al, 1999). Este sismo produce intensidades de IV a V en Quito.
Sismo de 2016	Cerca de la Costa del Ecuador, 32.72 km de Pedernales, Manabí.	Magnitud 7.4.

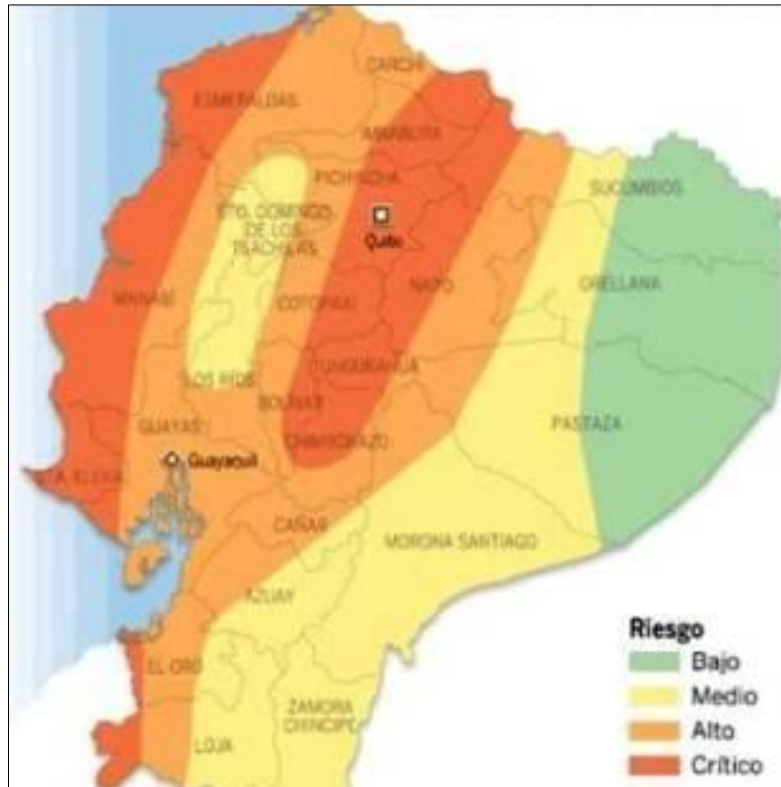
Elaborado por: Ecosambito, 2016.

Fuente: EIA y PMA de la Primera Línea del Metro, 2013.

Zonificación sismo tectónica de la zona de Pichincha

En el siguiente mapa (5.2) se observa las zonas sísmicas del país en base a su grado de sismicidad y magnitud de los sismos registrados y monitoreados por el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional.

Ilustración 12-2. Zonas Sísmicas Del Ecuador



Fuente: Diario El Universo, Código Ecuatoriano de la Construcción.

Tomando como base la información desarrollada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y la historia sísmica del Ecuador, la actividad sísmica del territorio ecuatoriano, tiene relación con el sistema de subducción Ecuador Trench y por el movimiento de las fallas activas existentes en este sector del continente.

Los sismos que ocurren en el frente de subducción se asocian al desplazamiento de la Placa Nazca bajo la Placa Sudamericana. Los sismos que ocurren en el sector continental, corresponden al desplazamiento de las fallas geológicas que cortan el sector del continente debido a los procesos de compresión y que se definen como fallas activas y un tercer tipo de causa de sismos, pero en menor escala se debe a la erupción volcánica que se presenta al activarse uno cualquiera de los volcanes que hay en la cordillera. Para el caso de este proyecto se considera como fuente sísmica volcánica a los volcanes Cotopaxi, Antisana, Pichincha e Ilinizas.

Interpretando el Mapa sismo tectónico y el registro sísmico histórico, se concluye que el lineamiento más cercano a la ciudad de Quito se asocia con eventos históricos de magnitud 6 a 6.9. El segundo lineamiento asociado a la parte intermedia tiene relación con eventos de magnitud de 5 a 5.9 y el tercer lineamiento con sismos de magnitud menor a 4. Este último es el más cercano al área del proyecto y nos indica la probabilidad de repetirse un sismo de igual magnitud o mayor, dependiendo de la tectónica regional que afecta a Ecuador.

12.2.3.2 Riesgo Volcánico

El Ecuador tiene como zona geográfica la Cordillera de los Andes, donde se localizan los volcanes. Varios de los volcanes del cordón andino occidental manifiestan actividad continua en los últimos 500 años.

La historia del Ecuador está marcada por eventos desastrosos ocasionados por una serie de fenómenos de origen natural de gran magnitud y gran extensión, como es la actividad volcánica. Estos eventos causaron graves desequilibrios ambientales que, en algunos casos, tuvieron consecuencias a largo plazo. Los volcanes que han hecho erupción en los últimos 500 años son: Cotopaxi, Cayambe, Chacana (Antisana), Cerro Negro, Tungurahua, Reventador, Sangay, Guagua Pichincha; y, los que se encuentran actualmente en proceso de erupción son: Reventador (desde 2002), Tungurahua (desde 1999), Sangay (más de 200 años), Guagua Pichincha (durante 1999), Sierra Negra y Fernandina en Galápagos.

Una de las amenazas del DMQ son los varios volcanes activos que están localizados en o cerca del distrito. El Guagua Pichincha ha afectado seriamente a Quito en varias ocasiones a lo largo de la historia en: 1560, 1575, 1582, 1660 y, menos intensamente, en 1843 y 1868. Es sobre todo la erupción de 1660 la que más ha marcado la memoria y dejado testimonios escritos, debido a las grandes cantidades de ceniza que se depositaron en la ciudad.

El Cotopaxi, ubicado aproximadamente a 60 km al sur de Quito, ha experimentado igualmente varias erupciones (1742, 1744, 1768 y 1877), de las cuales algunas llevaron cenizas hasta Quito y afectaron gravemente al valle de Los Chillos y, en menor medida, al valle de Cumbayá-Tumbaco bajo el efecto de flujos de lodo (o lahares), producto de la fusión parcial del glaciar que cubre al volcán.

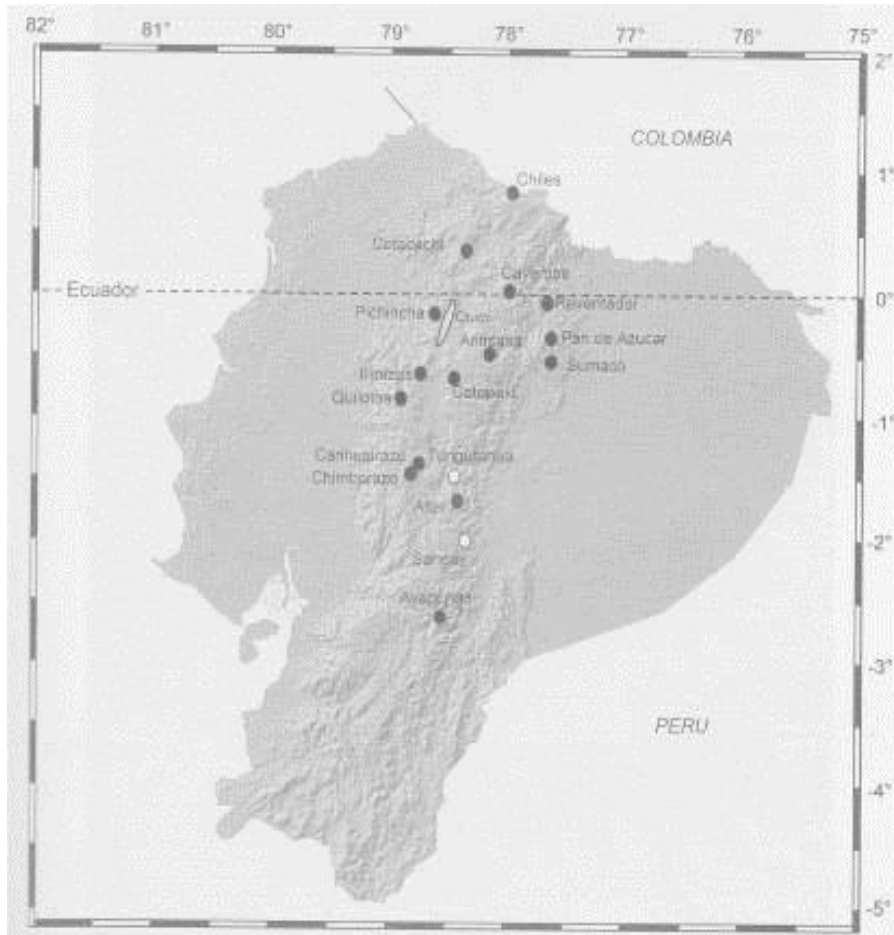
Las últimas erupciones de los demás volcanes son más antiguas, pero no por ello tales volcanes dejan de constituir una seria amenaza, como es el caso particular del Cayambe, ubicado a 50 km al noreste de Quito, cuya última erupción se remonta a 1785-1786 y del Antisana, localizado a 50 km al sureste de Quito, que ha experimentado, igualmente erupciones históricas (1728, 1773 y tal vez 1801). Otros, han tenido una actividad más remota, como el Pululahua hace 2.300 años y, un tanto antes el Ninahuilca. Además, algunos más alejados, como el Reventador, pueden también afectar al DMQ con caída de cenizas. Fue el caso en el año 2002, y las cenizas de ese volcán han llegado a la capital una decena de veces desde el siglo XVI. En la siguiente ilustración se muestra la distribución de los volcanes que tienen influencia directa en el área del proyecto.

La ceniza es el componente principal de este volcán, que, como material fino, podría llegar hasta la zona donde se realiza las actividades de prospección sísmica. La ceniza volcánica está compuesta por fragmentos muy finos, principalmente de vidrio volcánico, producido por la explosión y rompimiento de burbujas de gas en la lava líquida, durante su ascenso en la chimenea del volcán. Sin embargo, una erupción puede arrojar bastante material más grueso también, por ejemplo: arena, bloques y bombas, que en general caen sobre la cumbre y los flancos superiores del cono.

La peligrosidad volcánica se asocia con una caída de ceniza en función del volumen de material arrojado, de la intensidad y duración de la erupción, del rumbo y velocidad del viento, de la

distancia hasta el punto de emisión, del tamaño y densidad del material que cae y de su temperatura. La distancia desde el cráter hacia la atmósfera, es crítica, mientras más pequeña sea ésta, mayor será el tamaño del material que caiga en los alrededores del volcán. En la Ilustración 4-3 se indica la distribución de los volcanes y en particular los que se localizan en el área de influencia para este proyecto. El siguiente modelo numérico ha sido desarrollado por los expertos del IRD.

Ilustración 12-3. Modelo numérico de relieves y ubicación de los volcanes activos del Ecuador. Los más cercanos a la zona del proyecto son: Cotopaxi, Antisana, Pichincha e Ilinizas



Fuente: Severine Bés de Berc. La Cuenca Oriente. Geología y Petróleo. 2004

Cuando ocurre la erupción, todo el material piroclástico se lleva hacia arriba por la fuerte expulsión de los gases volcánicos, formándose inmensas nubes oscuras que suben muchos kilómetros. Típicamente se nota la formación de una columna de ceniza y humo que asciende del cráter, la que se dispersa lateralmente a gran altura, formando una nube en forma de hongo y desde donde los vientos predominantes soplan se llevan la ceniza en esa dirección.

Respecto a los vientos de alta altura de la Sierra, es conocido que en general provienen del Sureste, Este y raramente del Noreste. Según los datos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, las erupciones observadas en los últimos 15 años y a la distribución de la ceniza de erupciones pasadas, se puede esperar que la ceniza de una erupción futura cayera

hacia el oeste y no hacia el este. Sin embargo, el material superficial que cubre los terrenos del sector corresponde a ceniza volcánica.

Material piroclástico, de grano fino se transportaría centenas de kilómetros bajo la energía del viento, a veces produciendo una oscuridad total. El material llamado Toba y las capas de arcilla intercaladas de color habano blanco, que se encuentran distribuidos sobre gran parte de la Cuenca del Oriente ecuatoriano, tienen su origen como ceniza que fueron arrojados de un volcán y luego cayeron sobre los terrenos que en ese momento eran el perfil superficial.

En el supuesto caso que la ceniza llegue a las poblaciones distribuidas en el área del proyecto, capas de 1 a 2 cm. de espesor, pueden provocar daños de suma importancia en el equipamiento mecánico y eléctrico. La maquinaria expuesta deberá ser sometida a cuidadoso procedimiento de limpieza, para evitar posteriores problemas por efecto de la abrasión. Igualmente, la limpieza debe realizarse con maquinaria especialmente preparada para trabajar en medios muy abrasivos.

La ceniza disminuye rápidamente la capacidad de filtración del suelo, taponando cañerías y cauces de agua, aumentando considerablemente el riesgo de inundaciones.

12.2.3.3 Riesgos Bióticos

Acorde a la información detallada de forma clara en el numeral 2.2 Medio biótico de la línea base del presente estudio, donde se detallan las características bióticas del área que abarca la estación Quitumbe y la variante de 2.6 km, donde se describe que es un área intervenida en su totalidad y no se han identificado especies sensibles, encontrándose especies generalistas que se han adaptado al medio. En tal razón, no se ha identificado riesgos bióticos del entorno al proceso.

12.2.3.4 Riesgos Sociales

Tabla 12-9 Resultados de la evaluación de riesgos

Riesgo	Frecuencia	Gravedad	Categorización del Riesgo
Bloqueo de vías o retenciones	2	C	2 C (BAJO)

Elaborado por: Ecosambito C. Ltda., 2016

Bloqueo de vías o retenciones

En las condiciones actuales, esta probabilidad es baja, tomando en cuenta la dinámica establecida en la zona en la cual las comunidades y las empresas priorizan el diálogo antes que el enfrentamiento. En segundo lugar, el enfoque social de la empresa a cargo del proyecto de trazado de la Variante Quitumbe tiene en perspectiva, y esta es generar plazas de trabajo para las diferentes fases del proyecto. Las relaciones comunitarias de la empresa deberán estar enfocadas a repartir equitativamente las fuentes de trabajo en las comunidades del área de

influencia directa, a partir de un proceso de socialización e identificación de número de trabajadores disponibles con un enfoque inclusivo.

Con una adecuada socialización del proyecto se reducirán la aparición de conflictos. Es importante en el proceso establecer compromisos claros y cumplirlos con las directivas reconocidas.

Para las comunidades aledañas, la perspectiva de tener mejoras en el servicio vial puede constituir un punto de partida para una negociación exitosa, siempre y cuando se socialice adecuadamente las características del proyecto, explicando las ventajas de la tecnología que utiliza la empresa como de bajo impacto ambiental. Por tanto, se considera una calificación: **2C Bajo**.

12.2.4 Conclusiones

- En relación a los riesgos del proceso al entorno, específicamente para incendios, derrames de hidrocarburos y eléctricos, se ha calificado los mismos como BAJOS debido a las condiciones del proyecto (Al ser un proyecto nuevo), y las condiciones de seguridad que se manejaran en el desarrollo del mismo, disminuyendo de esta manera la probabilidad de ocurrencia de este tipo de riesgos.
- El área donde se realizarán trabajos presenta riesgo volcánico, siempre y cuando entre en erupción algún volcán que se localiza en el área de influencia y la dirección de los vientos transporte el material hacia el sector del proyecto.
- Esta misma zona está expuesta a riesgo sísmico siempre y cuando ocurra un sismo en el tiempo que se esté ejecutando las actividades del proyecto con epicentro en zonas cercanas y magnitudes similares o superiores a las registradas en el historial sísmico del Ecuador.
- Debido a las características del área donde se desarrollará el proyecto no se han identificado riesgos bióticos del proceso al entorno ni viceversa.
- En relación a los riesgos sociales, se han identificado que estos son riesgos BAJOS, de probabilidad baja de ocurrencia y con consecuencias menores, en caso de presentarse. Esto dependerá del manejo adecuado del departamento de relaciones comunitarias con relación a la socialización del proyecto.

