ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN DEL ESCALÓN OCCIDENTAL VÍA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI – EL ARBOLITO

CAPITULO 8. ANÁLISIS DE RIESGOS

REALIZADO POR:

SACA
Ingeniería Ambiental
Vida en sus proyectos

PARA:

EMPRESA PÚBLICA HIDROEQUINOCCIO

CÓDIGO DEL PROYECTO: HEQ-2021-001

NOVIEMBRE - 2021

SERVICIO DE ASESORÍA EN INGENIERÍA Y CONSULTORÍA AMBIENTAL
SAICA-GROUP CIA. LTDA.

RUC: 1792652367001
Registro de consultores ambientales No. MAE-SUIA-0079-CC
Correo: ggeneral@saica-group.com / informacion@saica-group.com Teléfono: 02 2511 7835
Dirección: Reina Victoria y Av. Colón, Edificio Banco de Guayaquil, Oficina 1104 A
www.saica-group.com

Contenido

8 ANÁLISIS DE RIESGOS 1

8.1 INTRODUCCIÓN 1
8.2 OBJETIVOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS. 1
8.2.1 Objetivo general. 1
8.2.2 Objetivos específicos. 1
8.3 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS O AMENAZAS. 2
8.4 METODOLOGÍA 2
8.5 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE. 3
8.5.1 Análisis histórico de desastres en Ecuador. 3
8.6 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS POTENCIALES DEL AMBIENTE HACIA EL PROYECTO. 7
8.6.1 Movimientos Sismo- Tectónicos, Terremotos y Fallas Geológicas, ... 8
8.6.2 Amenazas por erupciones volcánicas. 22
8.6.3 Movimientos o Fenómenos de Remoción en Masa (FRM). 26
8.6.4 Amenazas de Hundimiento y Subsidencia. 32
8.6.5 Amenaza de Licuefacción. 33
8.6.6 Expansibilidad del suelo. 34
8.6.7 Procesos de Erosión. 35
8.6.8 Fenómenos hidro-meteorológicos. Inundaciones. 37
8.6.9 Amenazas antrópicas. 42
8.7 EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL AMBIENTE AL PROYECTO. 43
8.7.1 Componentes del proyecto a evaluar. 44
8.7.2 Análisis de amenazas o peligros. 45
8.7.3 Análisis de Vulnerabilidades 47
8.7.4 Determinación de los niveles de riesgo. 52
8.7.5 Riesgos por fenómenos naturales. 53
8.7.6 Riesgos biológicos. 54
8.7.7 Riesgos Sociales. 56
8.8 EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO AL AMBIENTE. 58
8.8.1 Identificación de Amenazas del Proyecto al Ambiente. 58
8.8.2 Calificación de amenazas del ambiente al proyecto. 59
8.8.3 Valoración de Riesgos del Proyecto al Ambiente. 60
8.9 EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL (SSO) 61
8.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 63
8.11 PLAN DE GERENCIA DE RIESGOS. 64

8 ANÁLISIS DE RIESGOS

8.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se identificará y evaluará los posibles riesgos que pueden generarse sobre los componentes socioambientales o la infraestructura, por causa de la ejecución del proyecto, obra o actividad o por fenómenos naturales.

La evaluación de riesgos nos permite identificar los peligros que podrían afectar las obras, o el entorno, su naturaleza y gravedad, asumiendo que el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un peligro capaz de producir daños o pérdidas y que puede ser agravado por acciones entrópicas (Riesgos y peligros: Una visión general desde la geografía, 2000).

Sobre la base de la información existente del área de estudio y de los reconocimientos de campo efectuados, se analizó el nivel de riesgo que presentan los componentes físico, biótico y socioeconómico durante la ejecución de las actividades del nuevo proyecto propuesto, entre estos tenemos:

- Riesgos en el componente físico: Se caracterizan por ser naturales, como sísmico, volcánico, geotécnico, hidrológico, climático, entre otros.
- Riesgos del componente biótico: Pueden constituir los vectores de enfermedades, reacciones alérgicas y otros tipos de afectación, que se caracterizan por constituir riesgos para el recurso humano que laborará en el desarrollo de las actividades del nuevo proyecto propuesto.
- Riesgos del componente socioeconómico: Población que habita en las inmediaciones de las áreas donde se ejecutarán las actividades del nuevo proyecto propuesto.

8.2 OBJETIVOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS.

8.2.1 Objetivo general.

El objetivo general es identificar los riesgos potenciales sobre el proyecto y sobre el ambiente, realizando una evaluación cualitativa y determinando las fuentes de riesgo más severas.

8.2.2 Objetivos específicos.

Como objetivos específicos se proponen:

- Identificar los fenómenos naturales, económicos, financieros y sociales potencialmente capaces de engendrar impactos - riesgos sobre el Proyecto.
- Definición de la probabilidad de ocurrencia de tales acontecimientos.
- Valoración (cuantitativa-cualitativa) del riesgo inicial, es decir, previo a la adopción de medidas de prevención y Manejo del riesgo.
- Tomar en cuenta los resultados de la evaluación de riesgos potenciales en el diseño de medidas de prevención y mitigación para ser incluidas como complemento del Plan de

Manejo Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental, para Informar sobre los riesgos y las medidas dispuestas para su control y minimización.

8.3 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS O AMENAZAS.

El Ecuador es un país de muy alto riesgo sísmico y volcánico. Las intensidades más altas, es decir, los mayores efectos causados por los terremotos, se han registrado en la zona de la Sierra Central y Norte, en directa relación con los terremotos de magnitud moderada, M 5 – M 7.5 (el 16 de abril de 2016, se produjo un terremoto en esta zona de intensidad M 7,8) ubicados en la zona de contacto entre la placa Sudamericana y el Bloque Norandino, y con el tipo de construcciones que han predominado ancestralmente en estas áreas, con materiales generalmente débiles para soportar las fuerzas sísmicas (SNGR/ECHO/UNISDR, 2012).

La actividad volcánica en esta zona es continua, así desde setiembre 1.998 la denominación de la sierra ecuatoriana como la "Avenida de los Volcanes" tuvo su razón de ser al reactivarse dos volcanes casi simultáneamente: el Guagua-Pichincha de 4784 msnm ubicado 12 km al oeste de la ciudad de Quito con 1.500.000 habitantes y el Tungurahua de 5023 msnm ubicado en el centro del país cercano a zonas densamente pobladas llegando a afectar a 100.000 personas.

Los movimientos en masa incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad" (Cruden, 1991).

Los peligros hidro-meteorológicos son generados por factores meteorológicos y atmosféricos que ocasionan cambios climáticos severos, produciendo eventos diversos como inundaciones, desbordamientos fluviales, precipitaciones de alta intensidad, tormentas eléctricas, vientos huracanados, déficit de escorrentía y periodos de falta de precipitación (sequias).

La presencia de anomalías oceanográficas como el fenómeno de El Niño y la ubicación geográfica de Ecuador, sobre la línea ecuatorial, son factores que influyen en las características climáticas, dando lugar a temporadas invernales cíclicas. Dicho fenómeno tiene como efecto el aumento de las precipitaciones provocando inundaciones que llegan hasta la cordillera andina (Quito) y afectan a todos los sectores productivos del país, incluyendo al sector de agua potable y saneamiento.

Por otra parte, la zona de ubicación del proyecto tiene un conjunto de características físicas que condicionan el advenimiento de las amenazas naturales y con ellas el nivel de riesgo. Entre ellas consideramos:

- Precipitaciones pluviométricas abundantes y/o con intensidad elevada.
- Sucesión de estaciones secas y lluviosas.
- Vertientes empinadas y de gran extensión.
- Formaciones geológicas sensibles a la erosión. Zona de subducción de la placa de Nazca con la placa sudamericana (continental Análisis de riesgos endógenos

8.4 Metodología

La metodología seguida ha consistido en las siguientes actividades:

1. Recopilación y análisis de información disponible.

2. Identificación peligros o amenazas en la zona del proyecto.
    - Peligros o amenazas del ambiente al proyecto.
    - Peligro o amenazas del proyecto al ambiente.
3. Análisis y Calificación de peligros o Amenazas.
4. Identificación, análisis y calificación de las vulnerabilidades.
5. Evaluación y cálculo de riesgos.
6. Evaluación de amenazas y riesgo sobre el proyecto.
7. Elaboración de una estrategia base de medidas de intervención.

La evaluación se ha realizado utilizando una matriz de riesgo, generalmente adoptada por los organismos competentes en materia ambiental, la cual califica al componente con base a la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, sus consecuencias y a la vez, permitirá identificar espacialmente la magnitud del riesgo en un lugar determinado.

Se ha evaluado adicionalmente los riesgos endógenos de seguridad de los trabajadores, riesgos de derrames, riesgos de incendios y/o explosión, u otros.

Así mismo, se propone identificar y evaluar los riesgos cualitativos a la salud y seguridad ocupacional de los trabajadores en la implementación y operación del Proyecto

En apartados siguientes se establecen el alcance de cada una de las fases y los métodos establecidos para su realización.

8.5 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE.

Se ha llevado a cabo la obtención de información y recogida de datos en base a información secundaria de estudios existentes sobre peligros en el área y daños producidos relacionados con el proyecto; procediéndose a su análisis y validación, y priorizando su uso en beneficio y desarrollo del proyecto.

Además de la información disponible sobre las amenazas, se ha reunido la información de la cronología de los desastres ocurridos en el pasado. Los datos obtenidos mediante este análisis permiten considerar tanto los eventos del pasado como la recurrencia de estos.

Con el fin de validar la información se analizó su calidad y pertinencia y su implementación sobre las características del territorio objeto de estudio, seleccionando la información más adecuada y enfocada hacia la gestión del riesgo.

8.5.1 Análisis histórico de desastres en Ecuador.

En el Ecuador, los desastres de mayor impacto están asociados a fenómenos hidro- meteorológicos, sismos, erupciones volcánicas y deslizamientos, pero también a otros eventos relacionados con epidemias e incidentes tecnológicos. Teniendo como base la información existente, se presenta en los siguientes apartados una cronología de desastres por fenómeno natural o evento, ocurridos en el pasado, con el fin de disponer de conocimiento de su recurrencia. Asimismo, se ofrecen datos globales a nivel de país en cuanto a tipo de eventos ocurridos en el pasado, extraídos de la base de datos DesInventar.

Según el informe ECHO/UNISDR[i], 2018, de un total de 6.900 registros para el período (1970 -2018), el número de eventos (desastres) registrados en el Ecuador se detallan a continuación (se han excluido los registros relacionados con *accidentes de tránsito y "otro"* tipo de eventos):

Tabla 8-1 Cantidad de registros según tipos de eventos en la base de datos

Tipo de evento	N°	Tipo de evento	N°	Tipo de evento	N°	Tipo de evento			N°
Inundación	1.407	Marejada	93	Escape	41	Pánico		7	
Deslizamiento	1.050	Actividad Volcánica	87	Plaga	28	Alud		6	
Incendio	985	Tempestad	77	Granizada	26	Lahares		5	
Lluvias	565	Vendaval	72	Tormenta eléctrica	17	Asentamientos		4	
Epidemia	220	Sismo	72	Ola de calor	16	Tornado		2	
Sequía	131	Desbordamiento	66	Vientos huracanados	15	Sedimentación		2	
Incendio forestal	110	Avenida torrencial	64	Hundimiento	11	Nevada		2	
Explosión	105	Colapso estructural	60	Helada	11	Licuación		2	
Contaminación	98	Aluvión	55	Biológico	11	Cambio línea costa	de	1	
Total 5.523									

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021

Fuente: Desinventar, 2010.

Según el informe se determina el tamaño del impacto de los eventos a nivel del país, de los registros anteriores procedentes de la base Desinventar, 67 registros presentan valores que los califican como eventos de Mayor o Impacto Extremo. En la siguiente tabla se detalla la clasificación de estos eventos.

Tabla 8-2 Cantidad de registros según los tipos de eventos en la base de datos Desinventar 1970 – 2007.

Nº	%	Muertos	%	Viviendas	%	Viviendas	%	N°
Extremo	11	0,27%	903	23%	2279	20%	22063	54%
Mayor	56	1,39%	747	19%	4294	37%	7138	17%
Pequeño	3958	98,34%	2269	58%	4966	43%	11844	29%
Totales	4025	100%	3919	100%	11539	100%	41045	100%

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021

Fuente: Desinventar, 2010

En base a esta información, se aprecia un incremento de eventos durante el período de análisis, que podría deberse a:

- Subregistro de eventos.
- Incremento de la vulnerabilidad.
- Asentamientos humanos en áreas de riesgo y mayor exposición a las amenazas.

- Mal Manejo de cuencas y laderas.

Comportamiento temporal. Eventos por años 1970 a 2018

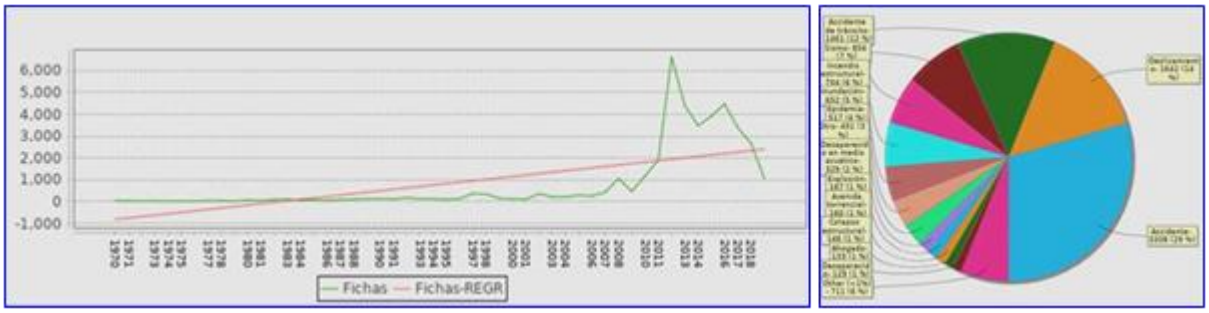

Figura 8-1.- Incremento del número de eventos por año.

Fuente: Desinventar

Dicho informe también señala un claro incremento de las inundaciones y deslizamientos en relación con otros eventos. Se considera que puede ser debido al aumento de la población en zonas de riesgo, ocupación de laderas, sedimentación en cuencas hidrográficas, expansión de la frontera agrícola y mal Manejo de aguas residuales.

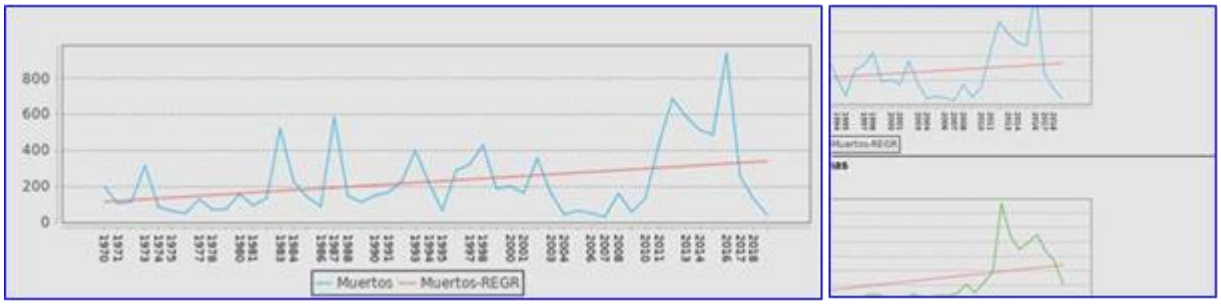

Figura 8-2 Número de fallecidos por año desastres ocurridos en Ecuador en el período 1970-2018.

Fuente Desinventar.

El informe también analiza el número de afectados y damnificados. En el siguiente gráfico puede apreciarse el número mayor de afectados en los años en los que se produjeron sismos e inundaciones (Evento de El Niño).

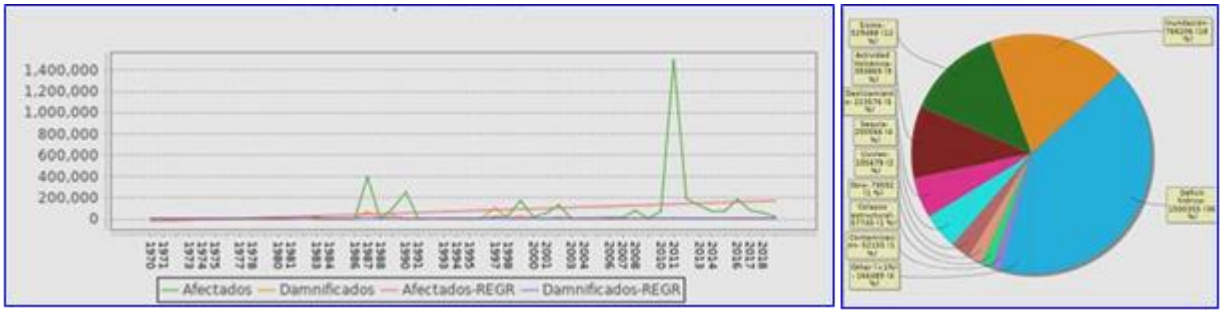

Figura 8-3 Afectados y damnificados por año, período 1970-2008.

Fuente: DesInventar.

Si bien no se presentan en todos los eventos, las afectaciones sobre las viviendas son un claro indicador del impacto de los desastres. Se presenta a continuación un gráfico en el que se observa el número de viviendas afectadas y destruidas que se encuentran asociadas a los fenómenos naturales.

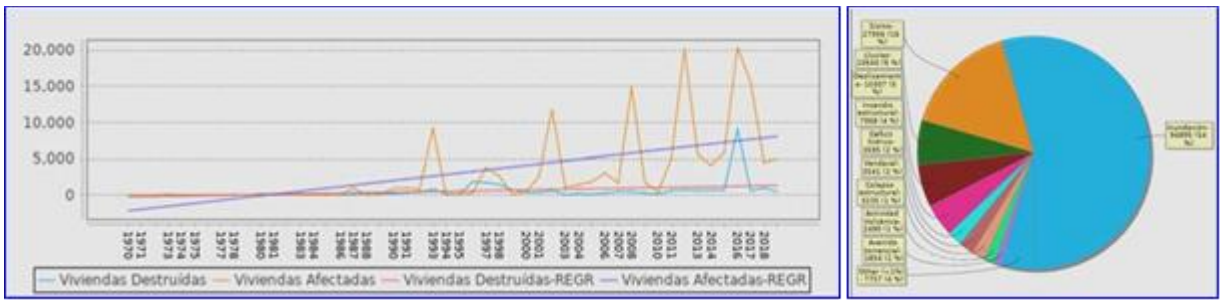

Figura 8-4-Viviendas afectadas y destruidas por tipo de evento en el Ecuador.

Fuente: DesInventar.

En los siguientes apartados se realiza una descripción de los peligros identificados, justificándose su incorporación al estudio en base a su recurrencia y al grado de exposición de la zona de proyecto a cada evento.

En el siguiente mapa se destacan la distribución en el territorio de Ecuador de las mayores consecuencias o impactos, que pueden ser potencialmente fuente de riesgo para el proyecto y su área de influencia.

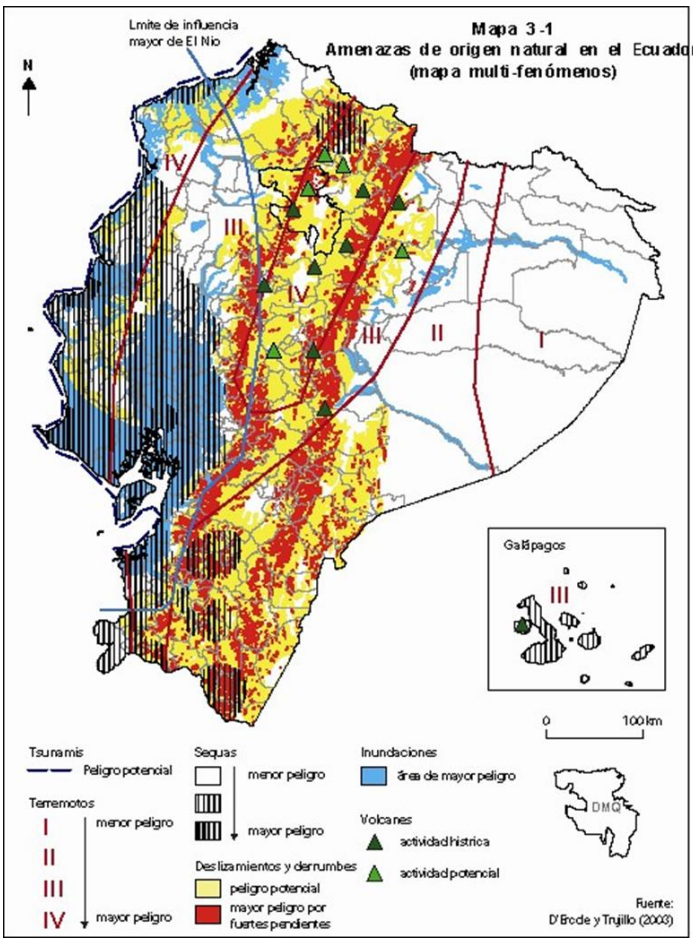

Figura 8-5- Multifenómenos presentes en el Ecuador.

Fuente: D'Ercole y Trujillo, 2003.

8.6 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS POTENCIALES DEL AMBIENTE HACIA EL PROYECTO.

Se han identificado las amenazas presentes en la zona de proyecto como causa de los riesgos a considerar que pudieran aparecer durante la construcción y funcionamiento, en referencia a su impacto y recurrencia histórica.

Una vez identificadas y con el fin de limitar el análisis hacia las amenazas más significativas, se han seleccionado aquellas cuyas consecuencia o impactos son mayores para el proyecto y el área de ubicación de mismo.

Entre los peligros que pueden estar presentes en el área de proyecto se analizan:

Afección o presencia de fenómenos naturales:

Las amenazas o peligros para considerar son los peligros consecuencia de fenómenos naturales, propios de la dinámica de la naturaleza. La afección o presencia de fenómenos naturales más habituales que se presentan en la zona pueden ser:

- Fenómenos geológico-geotécnico extremos.
    - Movimientos Sismo - Tectónicos, Terremotos y Fallas Geológicas.
    - Erupciones volcánicas, (flujos de lava y piroclásticos, gases, cenizas).
    - Movimientos en masa.
        - Deslaves (Deslizamientos).
        - Subsidencia,
        - Licuefacción.
    - Expansibilidad de Suelo.
    - Erosión.
- Fenómenos Climáticos (Hidro-meteorológicos):
    - Fenómeno del niño/niña, Inundaciones.
    - Periodos de sequía.
- Socio-naturales:
    - Aparentemente naturales, aunque en gran medida son consecuencia de la reacción de la naturaleza a la acción humana inadecuada sobre los ecosistemas (inundaciones, sequías o deslizamientos).

Amenazas biológicas.

Aquellas amenazas que la flora y la fauna del sector podría ocasionar al proyecto.

Amenaza o peligros antrópicos y tecnológicos.

Generados por la actuación del hombre sobre el medio ambiente y sobre el entorno físico y social de una comunidad capaces de poner en grave peligro la integridad física y la calidad de vida de las personas como pueden ser:

- Incendios.

- contaminación de agua (desechos sólidos peligrosos y no peligrosos, derrames de sustancias químicas).
- Uso de materiales nocivos para el medio ambiente.

- daños (sabotaje).
- Amenazas económicas, financieras y sociales potencialmente capaces de engendrar impactos sobre el Proyecto.

Cada uno de los peligros y sus riesgos asociados antes citados son analizados a continuación, se pueden enmarcar a nivel nacional, para posteriormente particularizar a los procesos reconocidos en la zona de estudio.

Posteriormente se identifican, describen y evalúan aquellos riesgos considerados como más importantes en el ámbito de ubicación del proyecto, haciendo referencia a su impacto y recurrencia histórica. y que podrían afectar al buen comportamiento del área de implantación de la obra prevista y a sus elementos estructurales.

La zona del proyecto está expuesta, con distinto grado de intensidad, a cada una de las amenazas descritas en los siguientes apartados:

8.6.1 Movimientos Sismo- Tectónicos, Terremotos y Fallas Geológicas,

La República del Ecuador se encuentra localizada en la costa oriental del Océano Pacífico, formando parte del “Cinturón de Fuego del Pacífico”, nombre que se le da a este sector del planeta, debido a que es una de las regiones con mayor susceptibilidad de experimentar los efectos de terremotos y erupciones volcánicas.

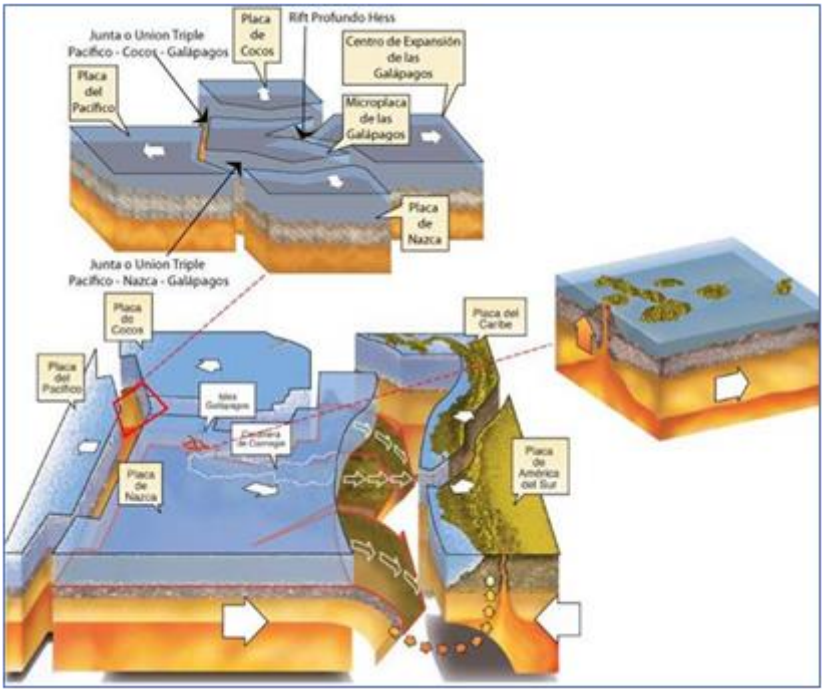

Figura 8-6- Geodinámica de la peligrosidad sísmica del Ecuador.

Fuente: Toulkeridis, 2009.

La tectónica del país está condicionada por su localización en la zona de contacto entre las placas de Nazca (de naturaleza oceánica) y la Sudamericana (de naturaleza continental bajo la que penetra la anterior, por un lado, y entre las placas Caribe y Sudamericana, por otro lado.

Algunos autores, consideran además el denominado Bloque Norandino, que se forma desde la megafalla Guayaquil-Caracas hacia el norte.

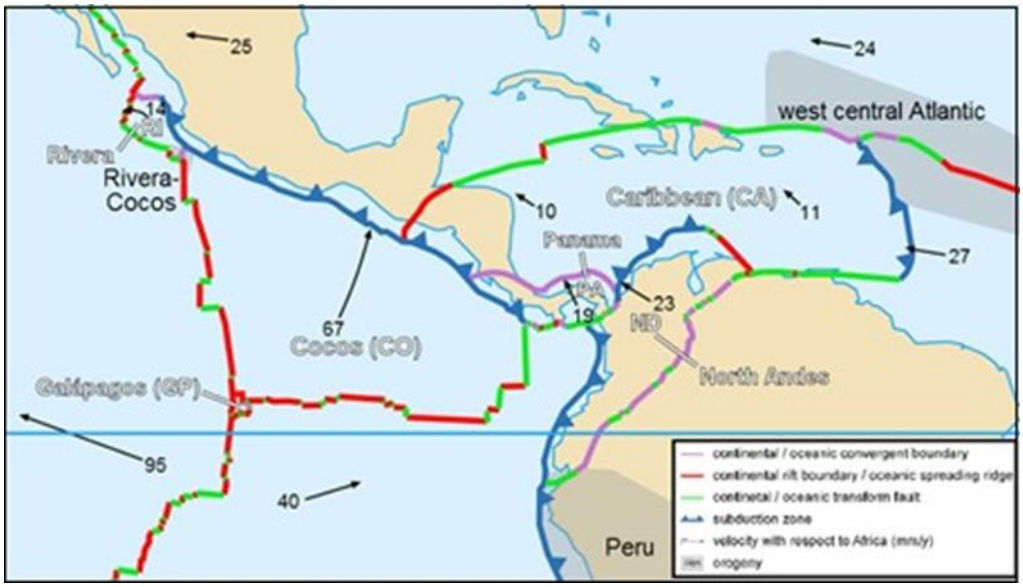

Figura 8-7 Límites de placas detallados en la zona de estudio.

Fuente: Toulkeridis, 2009.

Esta situación tectónica, denominada subducción, genera grandes deformaciones en la zona de contacto entre placas, dando lugar a grandes cadenas montañosas en la parte continental. En este

contexto, se generan dos fenómenos naturales que suponen una amenaza para la población, por un lado, la formación de volcanes que producen grandes erupciones y por otro lado la ocurrencia de una cantidad importante de terremotos, tanto en la parte de la placa que subduce como en la corteza continental de la placa Sudamericana.

El movimiento relativo de las placas oscila entre 6 y 8 cm/año, dependiendo de los autores consultados.

Tabla 8-3 Movimiento relativo de las placas Nazca y Sudamericana, estimado en dos localizaciones diferentes

Localización	Placa fija	Placa en movimiento	Velocidad	Dirección
81°W, 1°N	Sudamericana	Nazca	7.3 cm/año	79.1°
77°W, 2°S	Nazca	Sudamericana	7.0 cm/año	261.3°

Fuente: Relative Plate Motion Calculator, Ocean Research Institute).

La componente de sismicidad atribuida al proceso de subducción ha sido estudiada por numerosos autores. Sin embargo, la sismicidad que se produce en la placa superior como efecto de su deformación, cobra vital importancia. Si bien la sismicidad continental alcanza un menor nivel de magnitud, representa un nivel de peligrosidad alto porque las estructuras sismogenéticas se encuentran a poca profundidad y en las cercanías de zonas densamente pobladas.

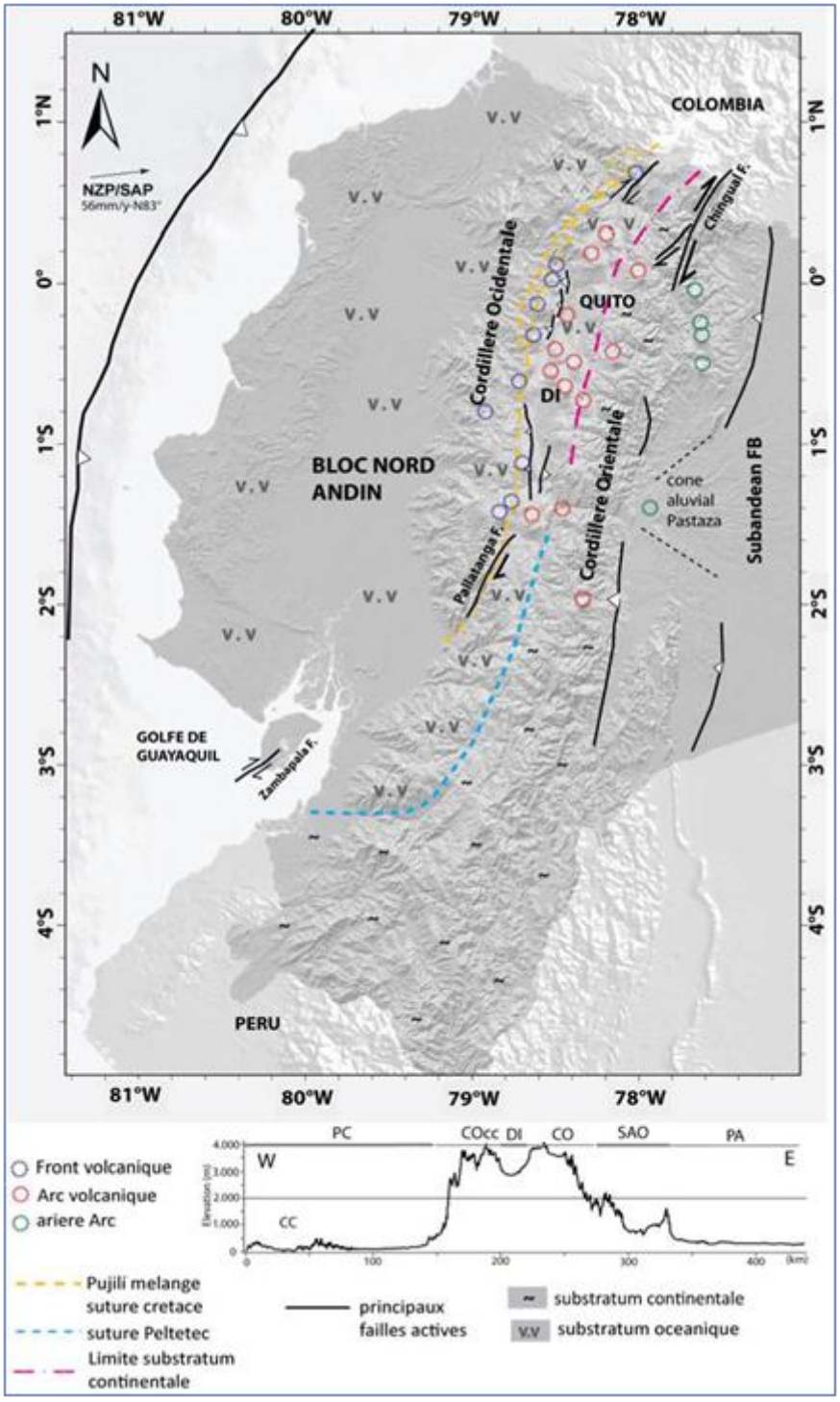

Figura 8-8 Geodinámica del Ecuador. PC Planicie costera. CC Cordillera costera. DI Depresión Interandina. Cordillera Occidental. CO Cordillera Oriental. PA Planicie amazónica. SAO cuenca oriental. Placa de Nazca

Fuente: Jaillard et al.(2009).

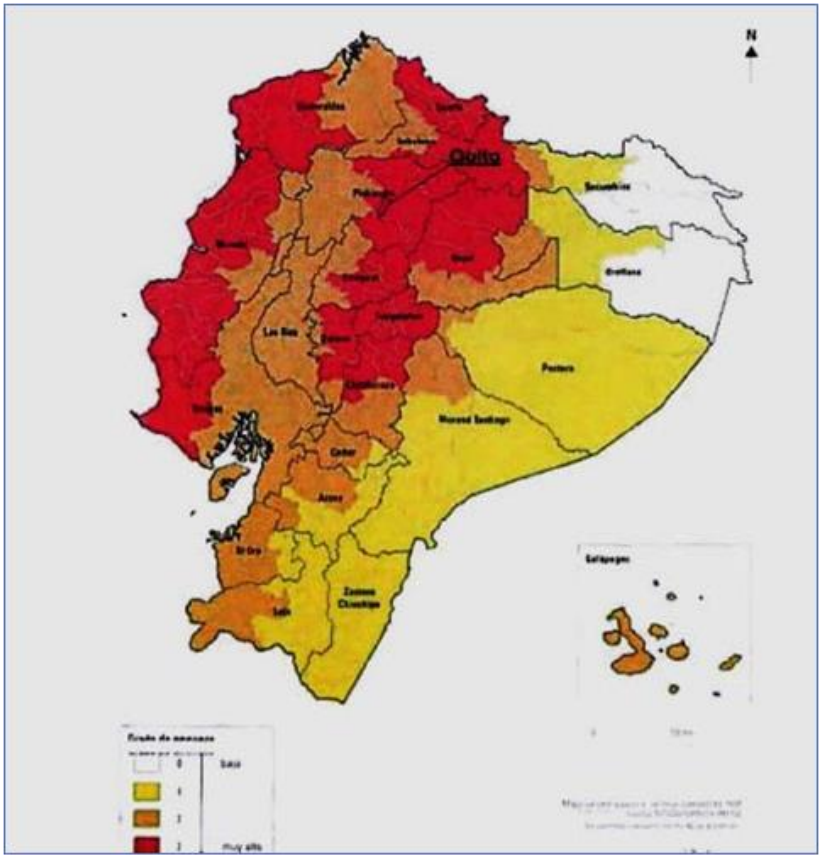

Figura 8-9 Nivel de amenaza sísmica por cantones en Ecuador, 2003.

Fuente. Estudio de emplazamiento del proyecto.

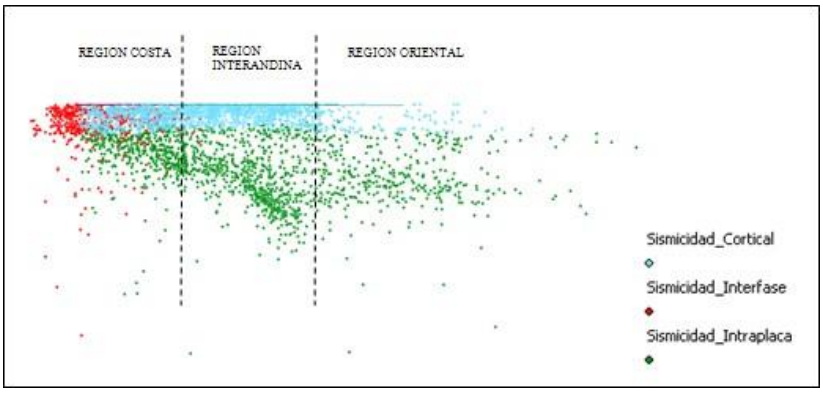

Figura 8-10 Distribución de la sismicidad en profundidad (período representado 1901-2013).

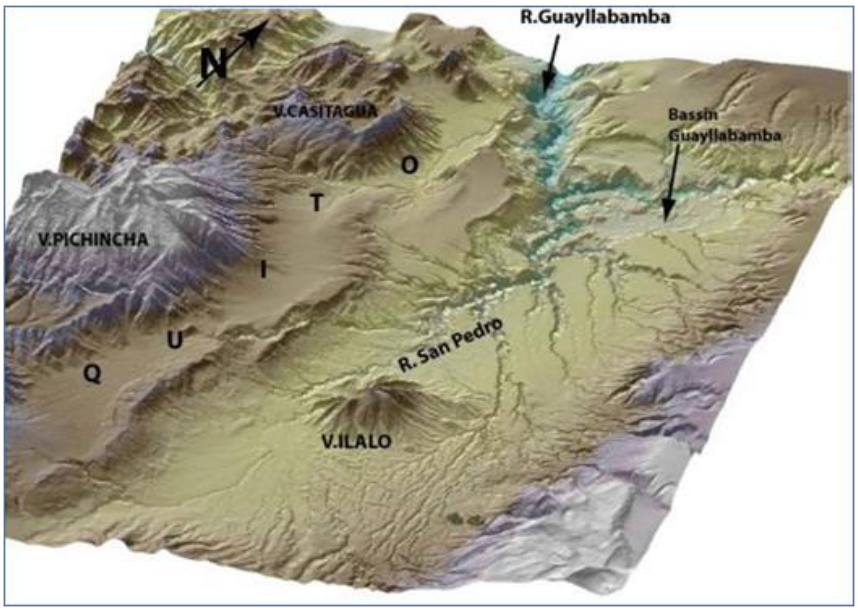

Figura 8-11 Vista en 3D de la cuenca de Quito en la Depresión Interandina.

Fuente: Skyscrapercity.com.

Como se ha indicado, el movimiento de la placa de Nazca contra las placas de América del Sur y la placa del Caribe ha generado la **megafalla Guayaquil- Caracas** que es una falla Transcurrente dextral.

Se estima que el movimiento de esta falla es de 3.0 a 4.5 mm/año (Winter et al., 1993). Sin embargo, existen otros estudios que indican que el movimiento es de 15 mm/año para la parte norte de Ecuador y de 13 mm/año para la parte sur de Colombia (Tibaldi y León, 2003).

En este contexto cabe destacar la presencia de la Cordillera de Carnegie, que se origina en el punto caliente (hot-spot) en las Galápagos, con una dirección aproximada E-W, que como parte de la zona de subducción, entra en una zona comprendida entre 1ºN y 2ºS de latitud, levantando el margen continental ecuatoriano a lo largo del área de colisión con la fosa (Witt et al., 2006). Cuatro grandes terremotos ocurrieron en el flanco Norte de la colisión (1906, 1942, 1958 y 1979) y uno ocurrió en el falco Sur (1901); ninguno de estos eventos parece haber roto a través de la cordillera misma (Gutscher et al., 1999).

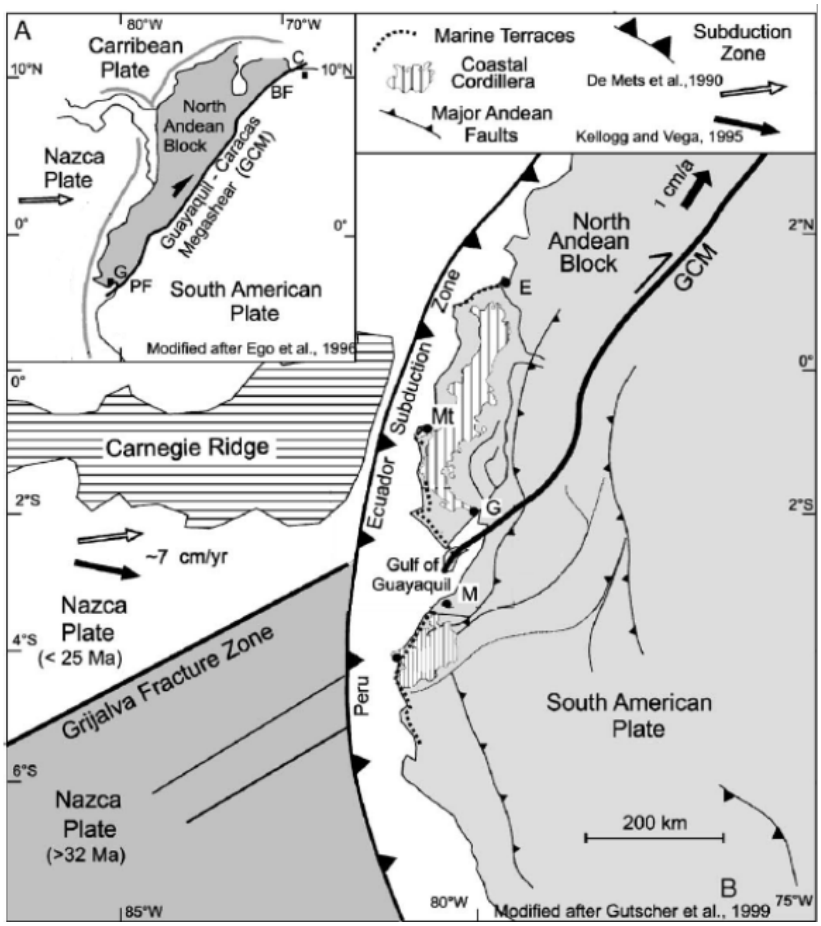

Figura 8-12 Esquema estructural simplificado de la Cordillera de Carnegie.

Fuente: Dumont et al. (2005).

No obstante, la existencia de fallas que producen terremotos presenta varios interrogantes, existiendo inclusive algunos sistemas no estudiados con detalle.

La experiencia con el último terremoto de Haití nos muestra que estas estructuras deben ser tomadas en cuenta dentro de los modelos de peligro sísmico. En tal sentido, el U.S. Geological Survey y la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador realizaron un proyecto de cooperación del que se obtuvo un mapa de fallas y pliegues cuaternarios del Ecuador.

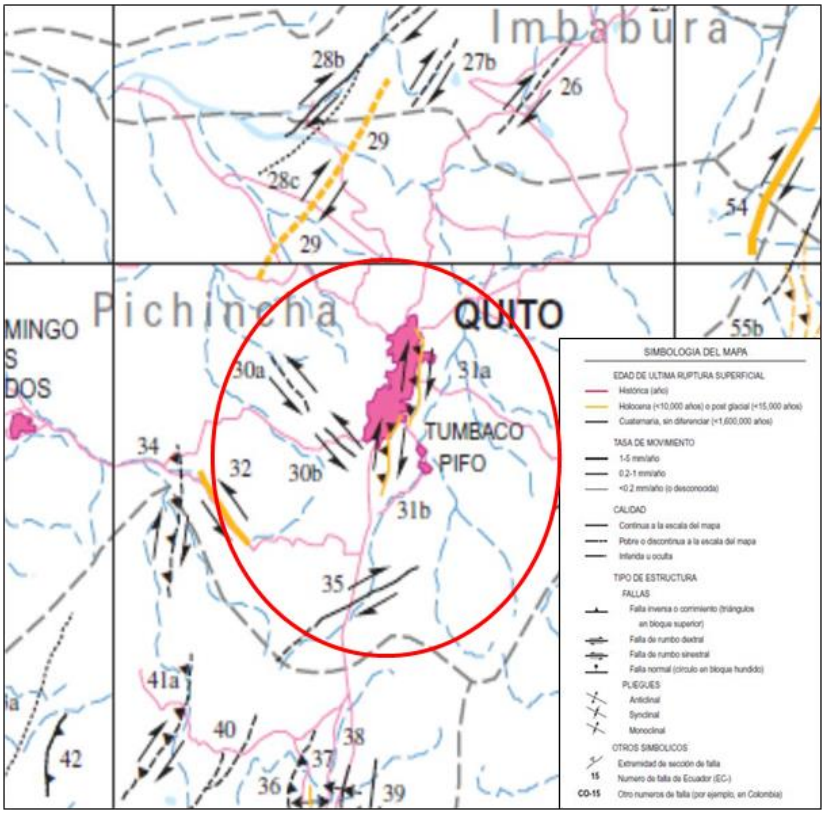

Figura 8-13 Plano de situación de las fallas del entorno del Estudio en un radio de unos 50 km alrededor.

Fuente: Mapa de fallas y pliegues cuaternarios del Ecuador. Eguez et al. (2003).

A partir del análisis del Mapa de Fallas y Pliegues cuaternarios del Ecuador (Arturo Eguez et al. 2003), se resume las fallas identificadas en un radio de aproximadamente 50 km alrededor de Quito. Eguez et al. (2003).

Se incluye a continuación una tabla con las fallas localizadas en un radio de 50 km alrededor de nuestra zona de estudio y con centro en la ciudad de Quito.

Tabla 8-4 Fallas localizadas en un radio de 50 km alrededor de la zona de Estudio.

Número	Nombre de la estructura	Sentido del movimiento	Edad del último movimiento	Tasa de movimiento (mm/año)
EC-29	Falla de Nanegalito	Dextral	<15 ka	1- 5
EC-30a	Falla el Cinto. Sección Guayacán	Sinistral	<1,6 Ma	< 1 (desconocido)
EC-30b	Falla el Cinto. Sección Río Cinto	Sinistral	<1.6 Ma	<1 (desconocido)
EC-31a	Fala de Quito. Sección Norte	Dextral, reversa	<15 Ka	0,2- 1,0
EC-31b	Falla de Quito. Sección Sur	Dextral, reversa	<15 Ka	0,2- 1,0
EC-32	Falla de Tandapi	Sinistral	<15 Ka	1- 5
EC-33	Falla de Papallacta	Dextral	<1.6 Ma	<1
EC-35	Falla de Machachi	Dextral	<1,6 Ma	<1 (desconocido)

Fuente: Base de datos del Mapa de fallas y pliegues cuaternarios del Ecuador. Eguez et al. (2003).

En la figura siguiente se representan los tipos de fallas que aparecen en la zona de estudio.

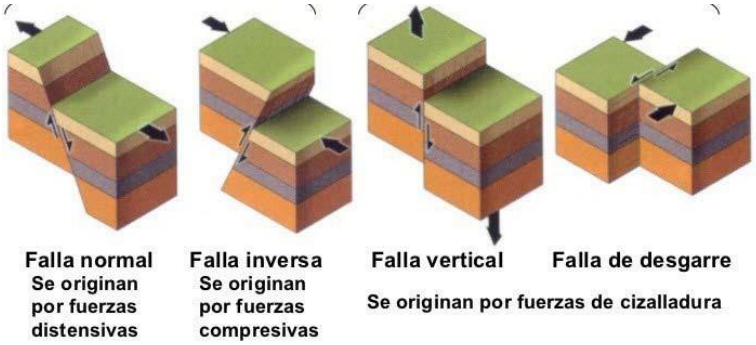

Figura 8-14 Tipos de fallas existentes en la zona de estudio.

8.6.1.1 Nivel de amenaza sísmica

El resultado de las condiciones y características anteriormente expuestas es que la República del Ecuador es un país de muy alto riesgo sísmico y volcánico. Las intensidades más altas, es decir, los mayores efectos causados por los terremotos, se han registrado en la zona de la Sierra Central y Norte, en directa relación con los terremotos de magnitud moderada, M 5 – M 7.5 (el 16 de abril de 2016, se produjo un terremoto en esta zona de intensidad M 7,8) ubicados en la zona de contacto entre la placa Sudamericana y el Bloque Norandino, y con el tipo de construcciones que ha predominado ancestralmente en estas áreas, esto es, el adobe que es uno de los materiales más débiles para soportar las fuerzas sísmicas (SNGR/ECHO/UNISDR, 2012).

El mapa de nivel de amenaza sísmica en el Ecuador, que sirve de referencia y ha sido incorporado al Código Ecuatoriano de Construcción de Ecuador (NEC, 2015), clasifica los cantones en cuatro categorías según su riesgo sísmico. La zona I corresponde a una zona de menor peligro mientras que la zona IV es la zona de mayor riesgo sísmico. La zonificación se estableció en base a la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño.

La zona de estudio corresponde a un área con Aceleración Sísmica Tipo “Muy Alta”, de acuerdo con el Mapa de aceleraciones sísmicas en el Ecuador (tomado del Código Ecuatoriano de la Construcción NEC-2015).

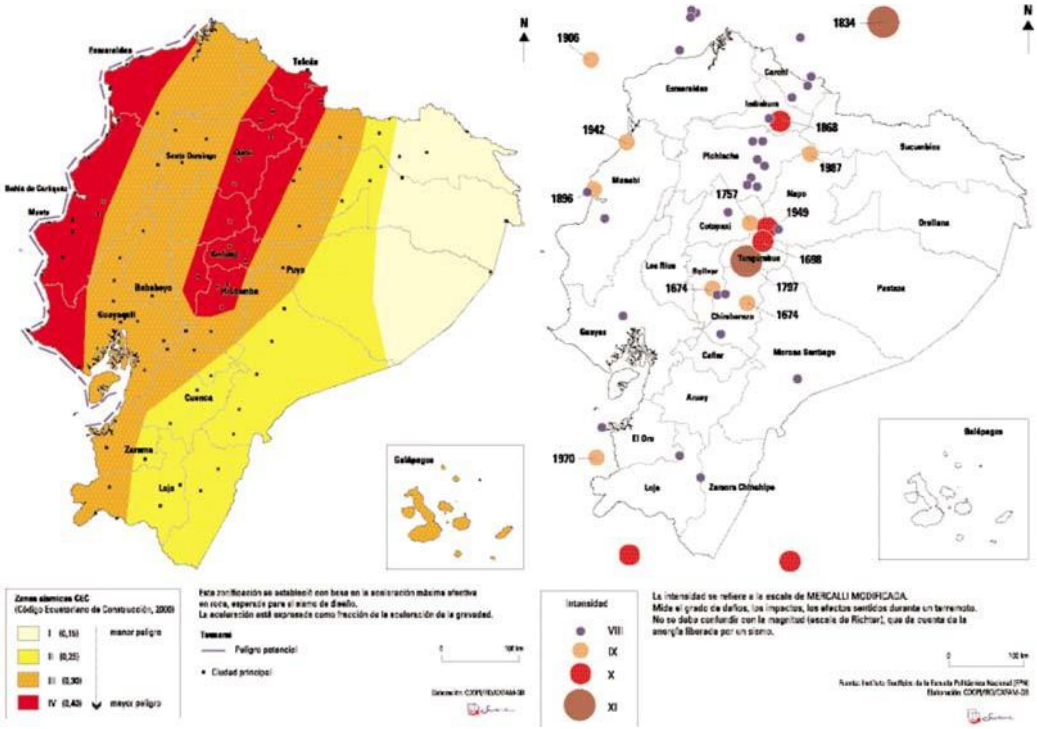

Figura 8-15 A la izquierda, amenaza sísmica en el Ecuador establecida en el Código Ecuatoriano de la Construcción cuya zonificación, de I a IV, se basa en la aceleración máxima efectiva en roca, esperada para el sismo de diseño. A la derecha, situación de terremotos con intensidades mayores a VII en el Ecuador (1541-2016). La intensidad se refiere a la escala de Mercalli Modificada.

Fuente: D' Ercole y Trujillo, 2003.

Por otra parte, en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC- 2015), publicada en Registro Oficial N° 413, del sábado 10 de enero de 2015, se incluyen las medidas a considerar en relación con el Peligro (Cargas) Sísmico y el Diseño Sismo Resistente (Cód. NEC - SE – DS), y de la Rehabilitación Sísmica de Estructuras (Cód. NEC-SE-RE).

Así mismo en la Norma se indican los Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. Al ubicar el emplazamiento del proyecto, se puede verificar que el lugar previsto para el proyecto con una "Caracterización de la amenaza sísmica Muy Alta" ver figura siguiente.

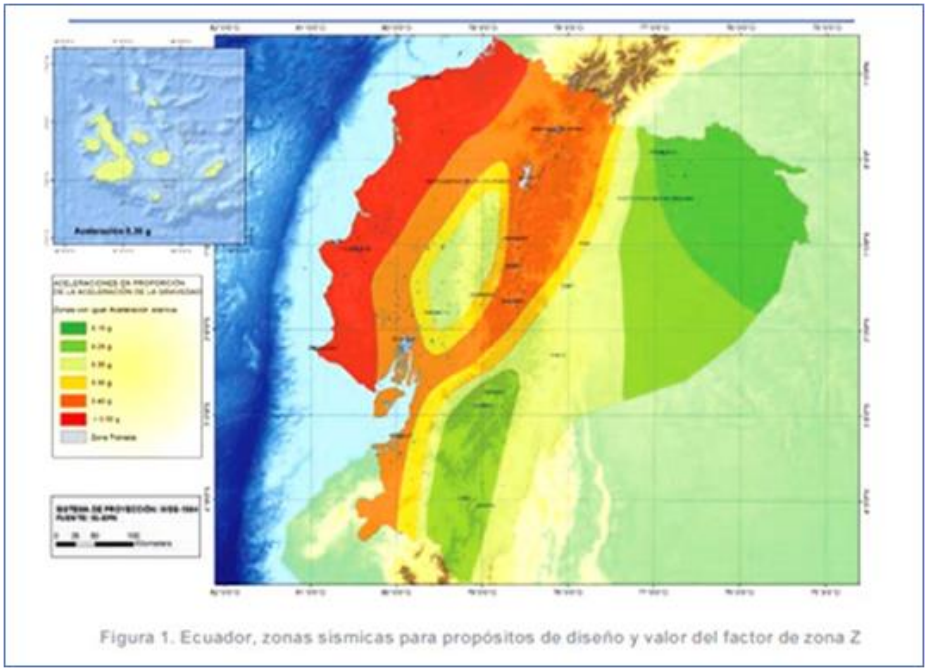

Figura 8-16 Mapa para Diseño Sísmico.

Fuente: NEC-2015.

La ubicación del Proyecto se encuentra en una zona de alta peligrosidad sísmica, según las referencias ante citadas, por lo que ha demandado el desarrollo de un estudio específico de caracterización del movimiento sísmico esperado en el emplazamiento. Este informe detalla el estudio realizado a tal efecto, estableciendo el cálculo de la peligrosidad, analizando su desagregación a fin de obtener las características (magnitud y distancia) de los sismos que controlan la peligrosidad en el emplazamiento. Finalmente, se presentan una serie de resultados (espectros de peligrosidad uniforme y específicos para los parámetros del terremoto de control) que representan el movimiento esperado en el emplazamiento, discutiéndose los resultados obtenidos.

En consecuencia, tanto la amenaza sísmica como su principal derivada, los terremotos, se consideran como una de las grandes unas amenazas para el proyecto, por lo que se pone esencial interés en su análisis en este estudio, así como en su consideración para el diseño de las diferentes estructuras que comprenden el proyecto

8.6.1.2 Consideraciones generales sobre los sismos.

El potencial destructivo de un sismo dependerá, entre otras cosas, de las siguientes características:

- Magnitud máxima probable, que corresponde a la cantidad de energía liberada por el evento sísmico.
- intensidad, medida en la escala Mercalli.
- probabilidad de ocurrencia.
- presencia de fallas activas relacionadas con antecedentes de sismos en la región.
- calidad y tipos de suelo y su potencial de licuefacción.
- condiciones del agua subterránea, nivel y variaciones.

La mayor peligrosidad se asocia a las áreas de fractura, fallas sísmicas y epicentros de terremotos destructivos. Los sismos pueden producir fallas en el subsuelo, hundimiento del terreno, derrumbes, deslizamientos de terreno, avalanchas de lodo y ablandamiento de los suelos saturados. Los daños que pueden causar los sismos son:

- Destrucción total o parcial de las estructuras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua.
- rotura de las tuberías y daños en las uniones.
- variación del caudal en captaciones subterráneas o superficiales.
- cambio de la salida del agua en manantiales.
- afectación de viviendas, edificios, puentes, vías, etc.

Las obras del Proyecto de Conexión Vial entre el Sistema Vial Valle de los Chillos y el Sector de "El Arbolito" en la Ciudad de Quito, se diseñan no solo considerando el evento probable de más alto riesgo: Zona sísmica IV, peligro sísmico muy alto y factor Z= 0,5 g, sino que, dada la ocurrencia del terremoto de 16 de abril de 2016, de intensidad 7,8, con un resultado destructivo muy elevado se ha optado por considerar en los cálculos estructurales dinámicos factores de hasta Z = 3g

Así mismo, frente a los eventos colaterales a los sismos, como deslizamientos y fisuramiento de taludes, se prevén también medidas de mitigación correspondientes.

En la zona de ubicación de las estructuras del proyecto el peligro por licuefacción asociado a los sismos es de grado bajo, debido a la inexistencia de materiales de tipo granular y a la ausencia de un nivel freático alto.

Entre los grandes sismos históricos en el Ecuador se encuentran: Ambato en 1698, Latacunga en 1757, Riobamba en 1797, Ibarra en 1868, nuevamente Ambato en 1949 y Nororiente en 1987. En la costa, asociados al proceso de subducción, se han producido también grandes terremotos con un impacto regional significativo como son los de: 1906 en Manabí-Sur- occidente de Colombia, 1942 en Manabí-Guayas, 1953 en el Oro-Guayas, 1958 en Manabí, 1970 en Loja, 1979 en el Sur-occidente colombiano y la parte Norte de Manabí, 1998 en Bahía de Caráquez y el más reciente el 16 de abril de 2016, de consecuencia desastrosas para ciudades como Portoviejo, Manta, Pedernales, Jama y otras.

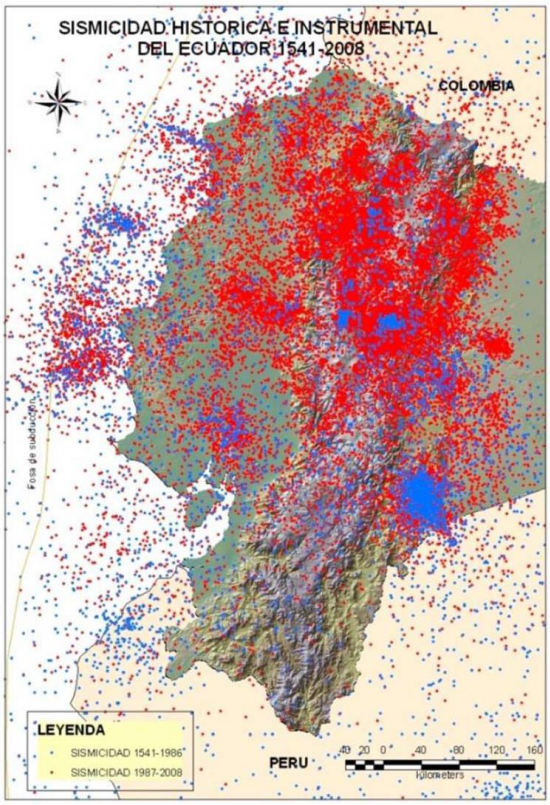

Figura 8-17- Mapa con la sismicidad histórica (1541-1986) e instrumental (1987-2008).

Fuente: elaboración IG-EPN.

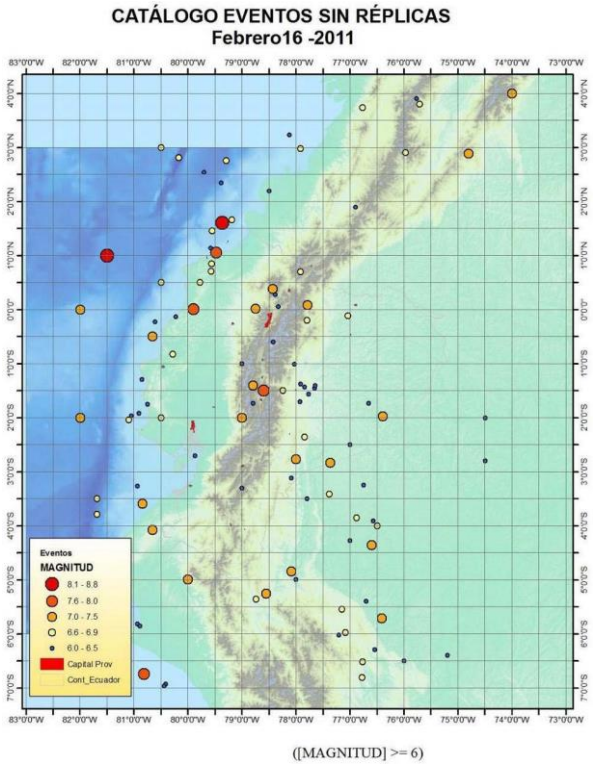

Figura 8-18 Mapa de los sismos mayores registrados instrumentalmente en el Ecuador desde 1900.

Fuente: elaboración IG-EPN.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por el IGEPN, los principales sismos en el Ecuador desde la época hispánica, de la cual se dispone de datos, son:

Tabla 8-5 Sismos del Ecuador con intensidades mayores de VIII

Nº	FECHA	EPICENTRO		PROF.	INT.	PROVINCIA DE REFERENCIA
		Lat.	Long			
1	1541 04 01	-0.10	-77.80		VIII	Napo
2	1587 08 31	0.00	-78.40		VIII	Pichincha
3	1645 03 15	-1.68	-78.55		IX	Chimborazo, Tungurahua
4	1674 08 29	-1.70	-79.00		IX	Chimborazo, Bolívar
5	1687 11 22	-1.10	-78.25		VIII	Tungurahua
6	1698 06 20	-1.45	-78.30		X	Tungurahua, Chimborazo
7	1736 12 06	-0.78	-78.80		VIII	Pichincha, Cotopaxi
8	1749 01 20	-4.00	-79.20		VIII	Loja
9	1755 04 28	-0.21	-78.48		VIII	Pichincha
10	1757 02 22	-0.93	-78.61		IX	Cotopaxi, Tungurahua
11	1834 01 20	1.30	-76.90		XI	Carchi, Nariño*
12	1786 05 10	-1.70	-78.80		VIII	Chimborazo
13	1797 02 04	-1.43	-78.55		XI	Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y parte de Bolívar y Pichincha
14	1859 03 22	0.40	-78.40		VIII	Pichincha, Imbabura, Cotopaxi
15	1868 08 15	0.60	-78.00		VIII	Carchi
16	1868 08 16	0.31	-78.18		X	Imbabura, Carchi, Pichincha
17	1896 05 03	-0.51	-80.45		IX	Manabí
18	1906 01 31	1.00	-81.30	25	IX	Esmeraldas, Nariño (Colombia)
19	1911 09 23	-1.70	-78.90		VIII	Chimborazo, Bolívar
20	1913 02 23	-4.00	-79.40		VIII	Loja, Azuay
21	1914 05 31	-0.50	-78.48		VIII	Pichincha, Cotopaxi
22	1923 02 05	-0.50	-78.50		VIII	Pichincha
23	1923 12 16	0.90	-77.80		VIII	Carchi, Nariño (Colombia)
24	1926 12 18	0.80	-77.90		VIII	Carchi
25	1929 07 25	-0.40	-78.55		VIII	Pichincha
26	1938 08 10	-0.30	-78.40		VIII	Pichincha
27	1942 05 14	0.01	-80.12	20	IX	Manabí, Guayas, Bolívar
28	1949 08 05	-1.25	-78.37	60	X	Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi
29	1953 12 12	-3.40	-80.60		VIII	Loja, norte del Perú
30	1955 07 20	0.20	-78.40		VIII	Pichincha, Imbabura
31	1958 01 19	1.22	-79.37	40	VIII	Esmeraldas
32	1961 04 08	-2.20	-78.90	24	VIII	Chimborazo
33	1964 05 19	0.84	-80.29	34	VIII	Manabí
34	1970 12 10	-3.79	-80.66	42	IX	Loja, El Oro, Azuay, norte del Perú
35	1987 03 06	-0.87	-77.14	12	IX	Napo, Sucumbios, Imbabura
36	1995 10 02	-2.79	-77.97	24	VIII	Morona Santiago
37	1998 08 04	-0.55	-80.53	39	VIII	Provincia de Manabí

RESUMEN

Número total de terremotos destructivos: 37

Período de años (1541-1999): 458

Promedio sismos/ años 12.4

** Intensidad máxima en Nariño, Colombia: XI*

Lat=Latitud: + = Norte, - = Sur.

Long. = Longitud: - = Oeste

Prof. = Profundidad focal en kilómeros

Int.= Intensidad máxima

Tomado de Gómez Achupallas, 2010.

Desde 1541, momento en que se tienen registros históricos, se sintieron en la capital siete terremotos con intensidad VII o mayor: 1587, 1627, 1698, 1755, 1797, 1859 y 186 (Chatelain et al., 1999). Este valor de intensidad de la escala MSK de intensidades, corresponde a un sismo en el que las personas se asustan y salen de su casa, y los edificios viejos, de barro, adobe o muros de mampostería se dañan severamente, y se producen pequeños deslaves (Rivadeneira et al., 2007).

Si consideramos que el número de terremotos con carácter destructivo (intensidades > VIII) ha sido de 37 en el período contemplado de 458 años (1541-1998), resulta una recurrencia de 1 terremoto cada 12,4 años.

8.6.2 Amenazas por erupciones volcánicas.

El arco volcánico ecuatoriano se caracteriza por ser muy ancho (100-120 km) y presentar varias alineaciones paralelas de volcanes. Los volcanes ecuatorianos pueden ser clasificados de dos formas: Según Hall y Beate (1991),

- La primera clasificación, definen cuatro alineaciones según el tipo de basamento/substrato que subyace a los volcanes: Cordillera Occidental, el Valle Interandino, la Cordillera Real y el Oriente.
- La segunda clasificación según Monzier et al. (1999), quienes en base a la geoquímica agrupan los volcanes en tres alineaciones de dirección NNE (el Frente Volcánico, el Arco Volcánico Principal y el Tras-arco), y los volcanes de Riobamba que constituyen la terminación sur del arco ecuatoriano.

En este agrupamiento geoquímico, el Arco Principal incluye los volcanes del Valle Interandino más los de la Cordillera Real. Según Hall et al. (2008) se encuentran alrededor de 35 volcanes potencialmente activos dentro de estas zonas.

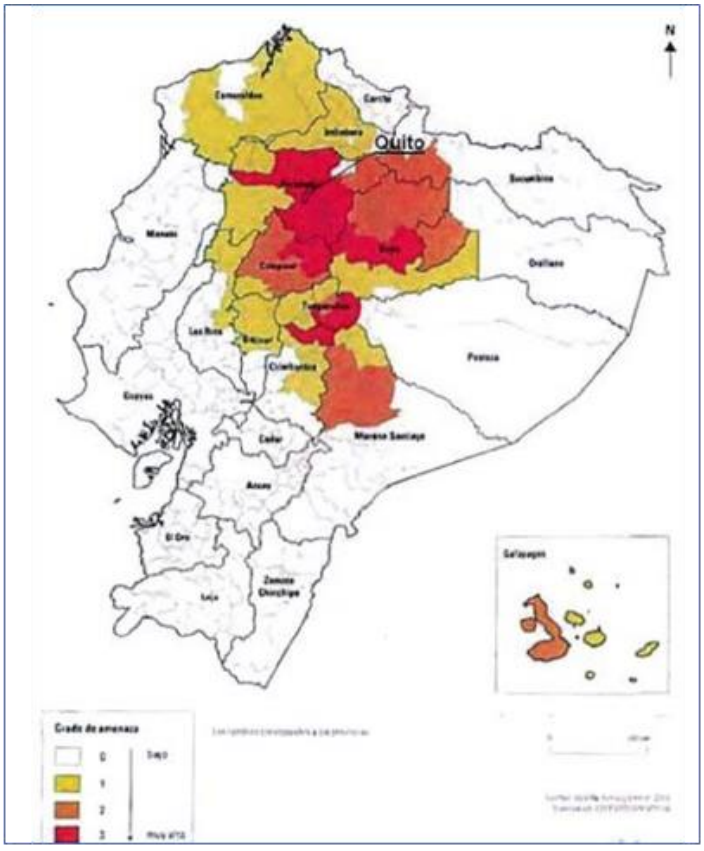

Figura 8-19 Grado de amenaza volcánica en la república del Ecuador con indicación de la ciudad de Quito.

Fuente: Institut de Recherche pour le Developpement, Instituto Geofísico EPN y Escuela Politécnica Nacional.

- **Volcanes extintos (pre-holocénicos).**

Una de las tareas más complicadas en vulcanología es definir si un volcán está extinto osolo en reposo de larga duración. Es común observar periodos de decenas hasta cientos de miles de años sin actividad eruptiva en la historia de un volcán que puede alargarse más de un millón de años, por eso los volcanes que no tuvieron erupciones recientes son considerados en reposo o extintos. En la comunidad geológica, el término "reciente" se corresponde con el Holoceno. Este periodo se extiende a los últimos 11.700 años AP (antes definido a los últimos 10 mil años). Es común observar evidencias de erosión glaciar en los volcanes pre- holocénicos. Debido a su falta de actividad reciente, los volcanes en reposo o extintos tienen una probabilidad muy baja, pero no nula, de reactivarse en un futuro cercano. En Ecuador la gran mayoría de los volcanes del arco continental (59 de los 84 volcanes) pertenecen a esta categoría, incluyendo el Rucu Pichincha y el Ilaló.

Dentro de la definición de volcanes extintos, en la zona de estudio se localizan el Casitagua (3519 m), el Rucu Pichincha (4696 m), el Ilaló (3188 m) y el Carcacha (3813 m).

- **Volcanes activos (históricos).**

La diferencia entre los volcanes potencialmente activos y los volcanes activos es la confirmación escrita de al menos una erupción durante el periodo histórico. El periodo histórico, definido por la aparición de una tradición escrita, empezó en Ecuador con la llegada de los conquistadores españoles en 1532 AD.

Los volcanes activos en el arco ecuatoriano tienen una frecuencia alta de erupciones y por eso tienen una mayor probabilidad de reactivarse en un futuro cercano. En consecuencia, estos son monitorizados muy de cerca. El Cayambe y el Guagua Pichincha.

El volcán activo más próximo a nuestra zona de estudio es el Guagua Pichincha (4776 m).

- **Volcanes del Valle Interandino.**

A lo largo del eje del valle interandino se encuentran una docena de centros volcánicos mayormente andesíticos.

- Cerca de Quito hay tres centros que son: el Ilaló, Pasochoa y Rumiñahui que definen una línea de edificios volcánicos del Pleistoceno medio.
- En otros lugares se agrupan donde hay una curva axial en la cordillera de los Andes, como cerca de Otavalo se ubican los volcanes Cusín, Mojanda-Fuya Fuya e Imbabura.
- Entre Ambato y Riobamba son el Igualata y los centros Mul-Mul y llimpi-Huisla. La mayoría son grandes estratovolcanes de 10-20 km de ancho con elevaciones de 3.800-4.700 m, que suelen tener calderas remanentes con domos de lava. La mayoría se han encontrado extinguidos (Hall et al., 2008).

En general su composición es de andesitas básicas con piroxenos, anfíbol y plagioclasa y químicamente tienen 57-60% de SiO_2 y 0,5-1,0% de K2O. Como grupo, representan un volcanismo andesítico (Hall et al., 2008).

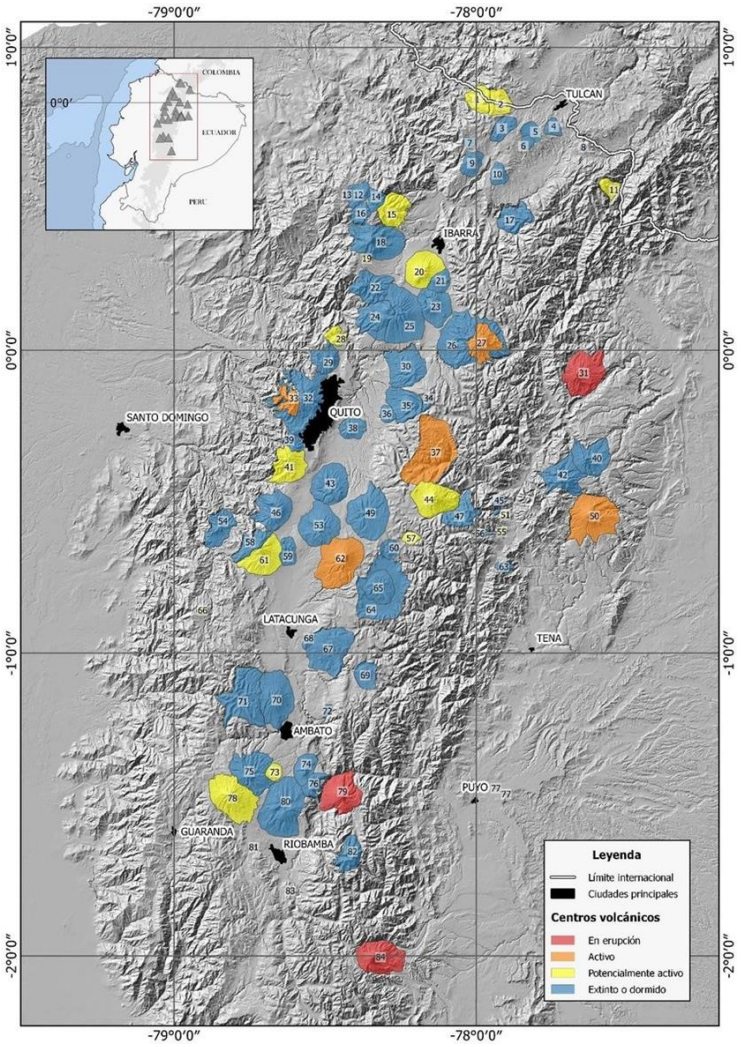

Figura 8-20 Mapa de volcanes cuaternarios del Ecuador.

Fuente: Institut de Recherche pour le Developpement, Instituto Geofísico EPN y Escuela Politécnica Nacional.

La siguiente Figura, muestra los principales edificios volcánicos del país y su actividad histórica desde el S XVI. El número de erupciones en los últimos 4 siglos se ha clasificado en tres rangos: ninguna; de 1 a 15 y más de 15. Como puede comprobarse, las erupciones han afectado principalmente a la Sierra Norte, a la zona sub-andina y a las islas Galápagos.

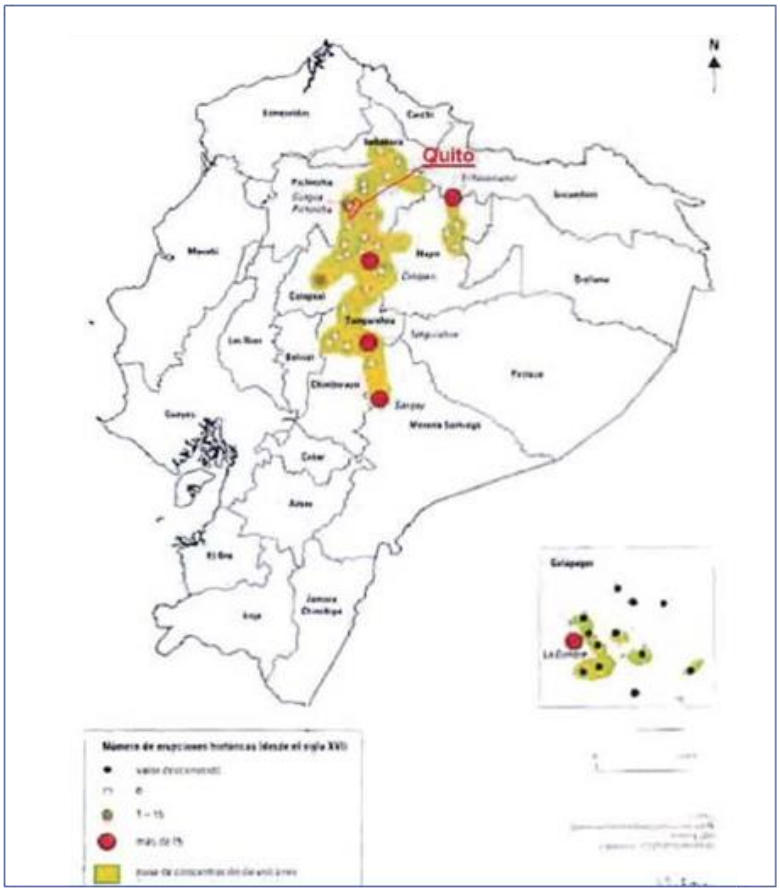

Figura 8-21- Erupciones volcánicas desde el siglo XGVI en la república del Ecuador.

Fuente Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador, 2003.

El número de volcanes continentales en el Ecuador potencialmente activos y que representan amenaza oscilan entre 11 y 13. Todos ellos se concentran en la sierra Central y Norte (figura siguiente). y en la parte sub-andina oriental, volcanes Cotacachi, Cuicocha, Imbabura y Cayambe, sin actividad reciente.

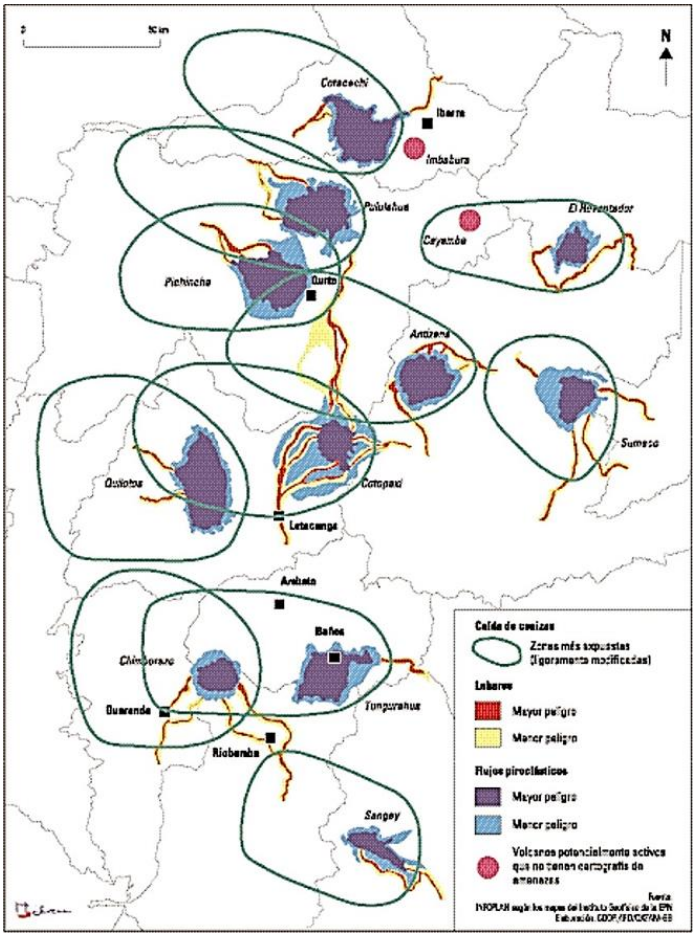

Figura 8-22 Amenazas volcánicas potenciales y áreas expuestas a caída de cenizas, lahares y flujos piroclásticos en el Ecuador continental.

Fuente: D' Ercole y Trujillo, 2003.

8.6.3 Movimientos o Fenómenos de Remoción en Masa (FRM).

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad" (Cruden, 1991). Dentro de este tipo de amenazas de riesgo se incluyen los movimientos de ladera asociados a inestabilidades gravitacionales, y otros movimientos favorecidos por la presencia de agua o humedad en grado alto de saturación.

A partir de las observaciones de campo efectuadas, se puede afirmar que dichas inestabilidades son de dos tipos, dependiendo principalmente de la litología afectada, pudiendo ser:

- Deslaves (Deslizamientos Rotacionales).
- Caídas de Bloques, Derrumbes.

qué son los de mayor frecuencia en Ecuador y diferencia zonas con distinto grado de amenaza en base a factores condicionantes y desencadenantes de los eventos.

Los factores condicionantes que influyen en los movimientos en masa son aquellos que se relacionan con las características intrínsecas del terreno, entre ellos:

- Topografía, grado de pendiente.

- Geomorfología, extensión de las vertientes.
- Geología, formaciones subyacentes, ocurrencia de sismos y presencia de fallas.
- Las precipitaciones (cantidad y repartición anual).
- Alteración superficial de la cobertura vegetal o por modificaciones artificiales en el uso de las geometrías estables.

Su relación define la susceptibilidad que presenta la zona de estudio. Los factores desencadenantes son aquellos que poseen la capacidad de provocar o disparar el evento,

Según información de D' Ercole y Trujillo, 2003, aproximadamente, en Ecuador un 30% del territorio nacional es propensa a los derrumbes y movimientos en masa En la siguiente figura se muestra el grado de amenaza de deslizamientos por cantón a nivel nacional, tomado de D' Ercole y Trujillo, 2003. Por la escala de trabajo y como observación preliminar de este análisis que se realiza a grandes rasgos y a nivel cantonal, puede decirse que en el ámbito del proyecto el peligro por deslizamientos sería más bien alto.

8.6.3.1 Amenaza de Deslaves (Deslizamientos).

Muchos de los sectores del DMQ son muy vulnerables a los deslaves debido a su historia de consolidación, donde los asentamientos humanos disparados e irregulares influyeron en las condiciones mecánicas de los materiales. Los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) que presentan los barrios tienen su origen en la actividad antrópica en la mayoría de los casos debido a los cortes elaborados para la construcción de viviendas y accesos.

De los tipos antes mencionados, la zona de estudio se caracteriza por la caída de material por desplome de taludes y laderas inestables.

Estas caídas están influenciadas por los propiedades geológicas y geotécnicas debido a la calidad del material aflorante (cangahuas como material disgregable) producto de la actividad volcánica y también por la hidrología ya que el agua infiltrada en el suelo puede saturar los materiales y aumentar la susceptibilidad del lugar, así también en superficie la erosión del río Machángara y la escorrentía superficial de las laderas puede socavar el terreno generando taludes inestables.

Se refieren a un elemento generalmente natural que dispara un FRM influenciado por los agentes condicionantes, se origina mediante el rápido incremento de esfuerzos o la reducción de la resistencia del material de una ladera (Wieczorek, 1996). Un agente detonante se caracteriza principalmente por la existencia de un corto lapso entre causa y efecto. Su clasificación se compone de dos elementos principales:

- Lluvias de gran intensidad.
- Sismicidad.

Fotografía 8-1 Vista general de un talud natural afectado por caídas de material por socavación de su base y desequilibrio.

Fotografía 8-2 Vista general de los fenómenos de caída de taludes naturales por la erosión por socavación producida por el río sobre la Unidad Cangahua limo- arcillosa.

La actividad antrópica es uno de los factores con mayor influencia en la zona, ya que, al intentar satisfacer las necesidades de los moradores, se llevan a cabo obras de infraestructura que requieren de modificaciones en la pendiente natural de la superficie.

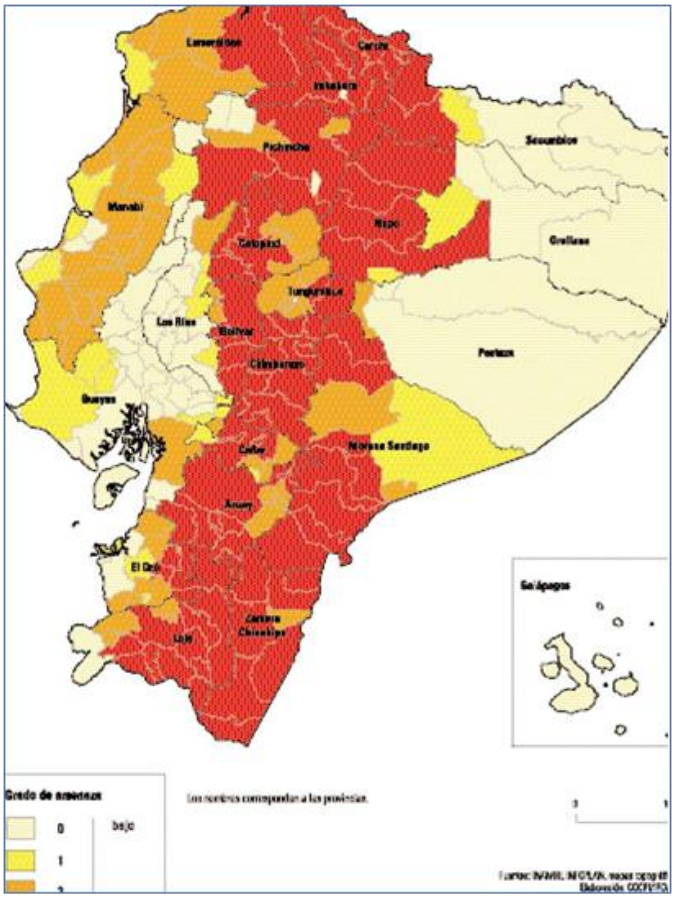

Figura 8-23 Nivel de amenaza a deslizamientos por cantón.

Fuente: D' Ercole y Trujillo, 2003.

La ubicación del Proyecto de Conexión Vial entre el Sistema Vial Valle de los Chillos y el Sector de "El Arbolito" en la Ciudad de Quito, corresponde a zonas que, por presentar fuertes pendientes, alta intensidad de precipitaciones, bajo grado de resistencia geomecánica de rocas y suelos, influencia de fallas geológicas, niveles freáticos superficiales, acción antrópica que origina procesos de escorrentía y erosión, deforestación y obras civiles sin normas de prevención, están sometidas a inestabilidad (deslizamientos, desprendimientos, derrumbes, hundimientos).

8.6.3.2 Evaluación de los movimientos en masa. Susceptibilidad.

La peligrosidad (hazard) implica la predicción espacial y temporal de los peligros expresada en términos probabilísticos, implica el cálculo de la probabilidad de ocurrencia. Esta evaluación es muy difícil y costosa en el caso de los movimientos en masa. Es necesario conocer aspectos como el volumen, velocidad, alcance de la masa movida, así como una gran cantidad de sucesos ocurridos. Ante esta dificultad se ha optado por un paso intermedio como es el análisis de la susceptibilidad.

La susceptibilidad se ha definido como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso expresado en términos cualitativos y relativos (González de Vallejo, 1999). Es por tanto, una valoración del grado de estabilidad, tanto de la posibilidad de movilización como de su movilidad. En el caso de los movimientos en masa se vincula a factores que condicionan la ocurrencia de procesos y a otros desencadenantes o detonantes.

Para la evaluación de la amenaza a los movimientos en masa se utiliza el método de Mora- Vahrson-Mora (MMVM -1993). Dicha metodología se basa en cinco factores (factores intrínsecos y factores externos) para evaluar la susceptibilidad para cada uno de los cuatro tipos de movimientos:

- Factores intrínsecos, dependen la naturaleza y forma del terreno

  a. Morfología o Relieve (pendiente), relacionado con las diferentes expresiones del terreno de acuerdo a la pendiente.
  b. Geología (Litología), probabilidad de sufrir roturas o desplazamientos viene asociada al comportamiento del suelo y las rocas según su composición, resistencia, deformabilidad, grado de alteración, fracturamiento, permeabilidad y porosidad.
  c. Aguas subterráneas (humedad del suelo) Reduce la resistencia del terreno por la generación de presiones intersticiales y favorece a la meteorización de suelos y rocas.

- Factores externos, que afectan al terreno acelerando los procesos de modificación de éste y son:

  d. Precipitaciones (Lluvia), donde el agua actúa como agente motor de los movimientos en masa.
  e. Sismicidad provoca el movimiento de cualquier terreno, dependiendo de sus características y la proximidad y magnitud del evento.

A cada factor se le otorga un peso de acuerdo con las características propias de la zona.

El grado de amenaza de las unidades geomorfológicas fue calculado en base a los factores señalados y clasificado en cuatro clases que van de nulo a alto. Los factores intervinientes en el análisis de susceptibilidad presentan diferentes ponderaciones de acuerdo con el tipo de movimiento en masa, no así los factores desencadenantes, cuya ponderación es la misma para los diferentes tipos de movimiento.

Así mismo, las características estructurales de algunas de las litologías presentes en el área de implantación del proyecto, y su disposición pueden tener incidencia negativa en las excavaciones a realizar en obra, existiendo un cierto riesgo de que se produzcan inestabilidades en los taludes de excavación. De acuerdo con esto, se considera para este elemento de riesgo una peligrosidad media-alta, debiéndose tener en cuenta tanto a la hora de definir los taludes estables en las excavaciones previstas como a la hora de analizar las cimentaciones proyectadas.

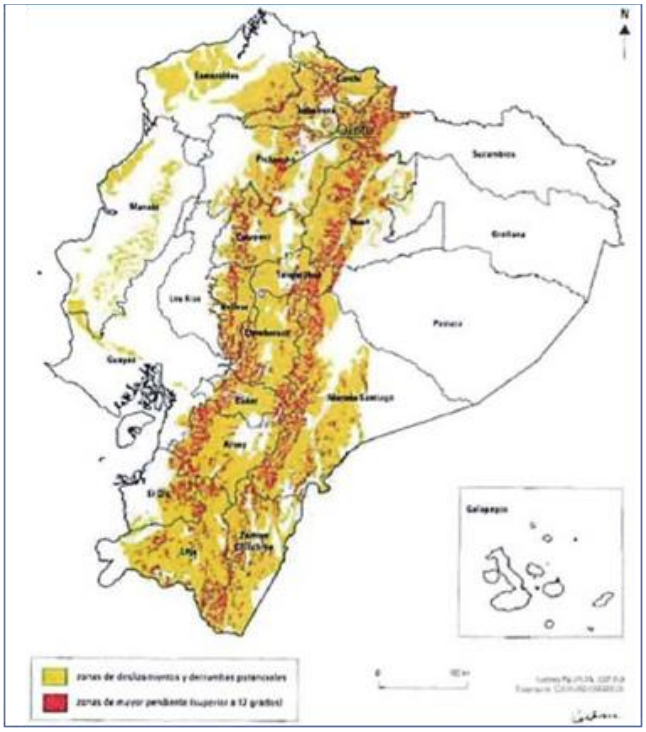

Figura 8-24 Zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador.

Fuente: Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador.2003.

A partir del mapa anterior, proviene el siguiente mapa, que representa los niveles de amenaza de deslizamiento por cantones en el Ecuador. Remarcada, aparece la ciudad de Quito, lugar donde se focaliza el presente documento.

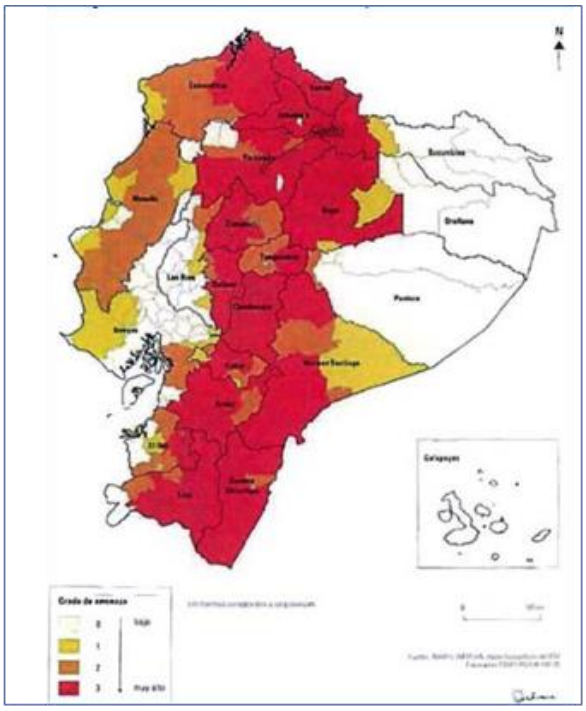

Figura 8-25-Nivel de amenaza de deslizamientos por cantones en el Ecuador

Fuente: Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador.2003.

Las características del terreno de la capital, la presencia de la falla geológica que separa la capital de los valles circundantes (Cumbayá - Tumbaco y Los Chillos) y las elevadas intensidades pluviométricas, generan condiciones propicias a los movimientos en masa en el Distrito Metropolitano de Quito. Más aún, la carencia de ciertas infraestructuras (tales como alcantarillado) en algunos barrios populares ubicados en lomas de fuertes pendientes, favorecen el advenimiento de deslizamientos y subsidencias.

8.6.4 Amenazas de Hundimiento y Subsidencia.

En la ciudad de Quito, se registran regularmente hundimientos y subsidencias asociadas a deslizamientos, principalmente durante la estación lluviosa, como ocurrió en abril y mayo del 2000 en los sectores de El Panecillo y La Libertad.

La excesiva humedad de los suelos sensibles a la erosión (Cangahua), provoca cíclicamente desprendimientos de material, y por ende, subsidencias y hundimientos. Esos desmoronamientos, generan perturbaciones significativas, entre otros, en el transito urbano (desvíos).

El mapa mostrado a continuación, muestra las zonas potencialmente sensibles a los deslizamientos y derrumbes. Este mapa, muy esquemático, de Susceptibilidad a los deslizamientos en Quito, fue realizado por la Dirección Metropolitana de Planificación Territorial, QUITO, IRD y el Departamento de Geología de la EPN, y divide las áreas según parámetros de susceptibilidad Muy alta, alta Mediana, Baja, Muy baja. Esos primeros datos, fueron cruzados con otra fuente de información que se disponía en ese momento (mapa de pendientes superiores a 12 grados), para poder realizar un estudio a nivel nacional. Dada la escala de la información topográfica (1/ 100.000), no se pudo llegar a grados de pendientes más precisos. Tampoco fue posible tomar en cuenta otros factores que condicionan igualmente el desencadenamiento de movimientos en masa.

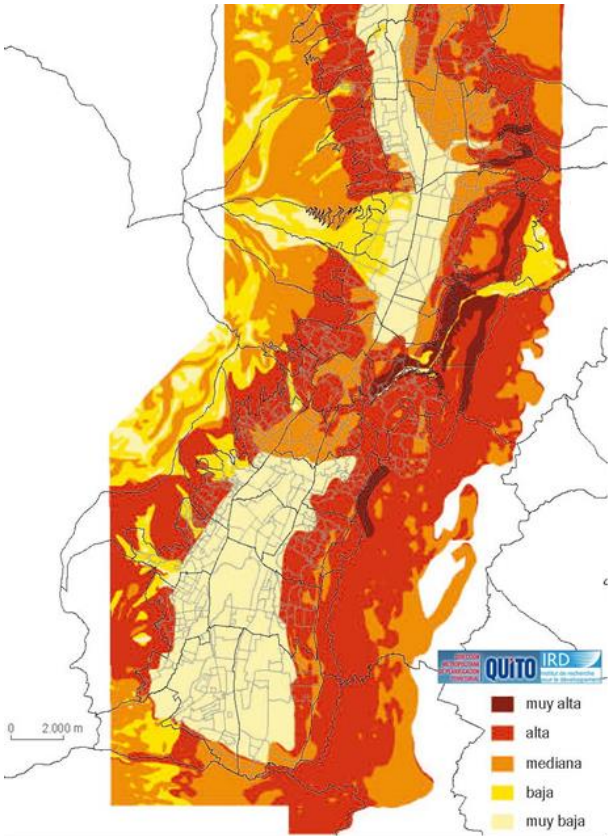

Figura 8-26 Zonas potencialmente sensibles a los deslizamientos y derrumbes. Susceptibilidad a los deslizamientos en Quito.

Fuente Dirección Metropolitana de Planificación Territorial, Quito, IRD y el Departamento de Geología de la EPN.

Como se aprecia en el mapa la región andina es potencialmente la más expuesta a las manifestaciones morfo- dinámicas de este tipo de riesgo geológico.

Esa diferencia tan marcada entre lo potencial y lo realmente ocurrido, tiene su explicación en las formaciones geológicas, más sensibles a las subsidencias en unas zonas que en otras, debido a factores externos (pluviometría, pendientes del terreno, inclinación de las capas, descalces debidos a causas antrópicas, etc.).

A la escala del estudio, es difícil establecer un diagnóstico más exacto, ya que la complejidad de las causas de esos fenómenos requiere de un análisis a nivel más local.

8.6.5 Amenaza de Licuefacción.

Este fenómeno se produce en suelos areno-limosos en estado saturado, al experimentar esfuerzos cortantes anómalos y rápidos (terremotos), permiten un aumento de las presiones intersticiales por falta de drenaje, hasta valores del orden de la presión total existente.

En este caso, la resistencia al corte desaparece y el material se comporta como un líquido, dando lugar a movimientos verticales y horizontales que pueden generar deslizamientos, grandes asientos y el fallo de las cimentaciones.

Los suelos potencialmente licuefactibles, son en general, arenas finas y limos mal graduados, con el nivel freático alto (muy cerca de la superficie) y el grado de compactación bajo (equivalente a valores de N de SPT inferiores a 20 golpes).

Además, en zonas afectadas por licuefacción se han dado las siguientes características:

- Terremotos de magnitud igual o superior a 5,5 con aceleraciones superiores a 0,3g.
- Por debajo de 15 m de profundidad no se ha producido el fenómeno.
- Nivel freático inferior a 3 m.

Además de los factores descritos anteriormente, para que se produzca el fenómeno de licuefacción, los materiales deben carecer de cohesión y su tamaño de grano debe ser de arena fina o limo.

8.6.6 Expansibilidad del suelo.

La capacidad expansiva de un suelo depende estrechamente de su naturaleza mineralógica, que deberá ser arcillosa en proporción significativa. El término expansividad alude a la capacidad de un suelo para experimentar cambios de volumen al modificarse las condiciones de humedad, o para generar presiones si este cambio le es impedido.

Para que un suelo pueda exhibir expansividad son necesarios dos requisitos fundamentales:

- Factores intrínsecos. Son propios del suelo, estableciendo la capacidad expansiva teórica, y se incluyen en ellos a la composición mineralógica, textura y estructura. Las arcillas son las más propensas a experimentar significativos cambios de volumen.
- Factores extrínsecos. Vienen impuestos por factores externos, determinando si el potencial expansivo puede o no desarrollarse. Se incluyen en ellos la climatología, hidrogeología, vegetación y la propia acción humana. Los cambios estacionales están vinculados a las variaciones climáticas a lo largo del año. Las oscilaciones periódicas de humedad en una franja superficial de terreno determinan la denominada capa activa, cuyo espesor depende del tipo de clima y en concreto de la relación precipitación/evaporación.

Las variaciones estacionales de humedad pueden ser valoradas mediante diferentes índices climáticos, destacando entre ellos el denominado índice de Thornthwaite, basado en la disponibilidad de agua del suelo a lo largo del año, estimada por períodos mensuales. De acuerdo a este índice se establecen 6 tipos climáticos, Per húmedo (I>100), Húmedo (I entre 100/20), Subhúmedo (20/0), Seco (0/-20), Semiárido (-20/-40) y Árido (I< -40).

Se menciona las amenazas de expansibilidad de suelos debido a que alrededor de las zonas volcánicas se encuentran depósitos de suelos residuales formados a partir de la meteorización a arcillas de cenizas volcánicas.

La caracterización adecuada de suelos derivados de cenizas volcánicas requiere de métodos diferentes a los convencionales (por ejemplo, USCS, ASTM). Criterios de diseño y construcción de estructuras geotécnicas, conocidos extensamente, resultan inaplicables en presencia de estos materiales. Las técnicas de experimentación utilizadas para determinar las propiedades de estos suelos pueden conducir a resultados que difieren significativamente de las propiedades in situ, debido, entre otras

cosas, a que estos suelos presentan una alta sensibilidad a la fabricación de la muestra y al método seguido durante el ensayo. Problemas de tipo geotécnico comúnmente asociados a estos suelos incluyen inestabilidad de taludes, alta sensibilidad, agrietamiento y problemas durante su Manejo como materiales de construcción (excesiva humedad, consistencia muy blanda).

La zona de ubicación del proyecto presenta pequeños depósitos de arcillas de meteorización de cenizas volcánicas cuya distribución y potencia (espesor) no es significante, y aunque el área climática donde se ubica el proyecto no es deficitaria en humedad, con climatologías bastante pluviosa y contrastes estacionales no muy acentuados, por lo cual su incidencia sobre el proyecto como amenaza de considera BAJA.

8.6.7 Procesos de Erosión.

La erosión es un fenómeno complejo que consiste en la degradación, disgregación y transporte de un suelo o material rocoso por acción de diversos agentes. La erosión implica movimiento y transporte de partículas, por parte del viento, del agua y otros agentes. La intensidad con que se manifiesta depende de una serie de factores que, a su vez y en última instancia, dependen de la geología y del clima de la región considerada, factores a los que hay que añadir la acción antrópica.

El factor climático más importante en la zona de estudio lo constituye el agua de lluvia. La erosión hídrica está relacionada con dos tipos de lluvia:

- Tormenta intensa de corta duración que supera la capacidad de infiltración del terreno.
- Aguacero de larga duración y baja intensidad, que satura el suelo.

Una vez el agua de lluvia llega al suelo, no solo se produce la erosión por el impacto de las gotas de lluvia, sino que cuando la intensidad de lluvia supera la capacidad de infiltración del terreno se origina la arrollada superficial y tienen lugar los procesos de erosión laminar, erosión en regueros y erosión en cárcavas.

La erosionabilidad, por su parte, está determinada por los siguientes factores:

a) Relieve: Es el factor de mayor influencia en los procesos erosivos, de manera que serán más fácilmente erosionables las áreas de pendientes longitudinales altas que las que presenten un perfil suave.

b) Tipo de terreno: La erosión ataca con más fuerza los materiales sueltos, no consolidados (cenizas volcánicas, arcillas, arenas, limos) que los suelos consolidados, cementados o los materiales rocosos. En el caso de los suelos residuales, que son los más abundantes en este proyecto, la erosión depende de su textura y estructura, resistencia al corte, contenido de humedad, capacidad de infiltración (que condiciona la escorrentía), presencia de componentes orgánicos y minerales y proporción de arcilla dispersiva, que hace que el suelo sea muy erosionable.

   En la zona de estudio se presentan formaciones cuya litología predominante corresponde a depósitos de cenizas volcánicas que presentan una baja compacidad y cementación, principalmente en las capas superiores, las cuales además se encuentran

altamente meteorizadas, obteniéndose como resultado suelos residuales, conformados por suelos arcillosos y rocas con alto grado de fracturación.

c) Cobertura vegetal*:* La vegetación actúa como una capa protectora o amortiguadora entre la atmósfera y el suelo. Sus componentes aéreos, como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, disminuyendo su efecto erosivo al no actuar directamente sobre el suelo. Los componentes subterráneos, como las raíces, contribuyen a aumentar la resistencia mecánica del suelo.

En cuanto a la susceptibilidad a la erosión, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto y considerando la climatología y la vegetación natural existente en las zonas más sensibles afectadas por el proyecto, que son los accesos desde la Autopista General Rumiñahui y las márgenes de la Quebrada de las Monjas y del río Machángara, están contempladasmedidas de reforestación y fijación de taludes y pendientes, por todo ello la incidencia sobre el proyecto como amenaza de considera baja.

En el siguiente cuadro se presenta una estimación del grado de erosionabilidad, de acuerdo con el tipo de suelo, considerando la clasificación SUCS.

Tabla 8-6 Grado de erosionabilidad de los diferentes suelos

Erosionabilidad	Símbolo	Descripción del suelo
Menos erosionables	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y de arena, con pocos finos o sin finos.
	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y de arena, con pocos finos o sin finos
	SW	Arenas bien graduadas, arenas con gravas, con pocos finos o sin finos.
	GM	Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo
	CH	Arcillas inorgánicas muy plásticas, arcillas grasas.
	CL	Arcillas inorgánicas poco plásticas o de plasticidad media, arcillas limosas.
Más erosionables	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas poco plásticas
	MH	Limos inorgánicos, con mica o arena fina de diatomeas o suelos limosos.
	SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena-arcilla
	SM	Arenas limosas, mezclas de arena-limo
	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas. Polvo de roca, limos arcillosos

Elaborado por: SAICA- GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente SUCS.

Se debe también elaborar un plan de Manejo para contemplar las buenas prácticas de conservación de suelos para evitar la pérdida de los suelos por causa de la erosión. Estas prácticas son muy diversas

y deben ser seleccionadas en función de la pendiente del terreno, del largo de ella, de la vegetación existente en cada lugar, y del costo. Estas se agrupan de acuerdo con tres principios fundamentales, que son la de crear cobertura vegetal en el suelo, mejorar la infiltración del agua en el perfil, y reducir o evitar que escurra sobre la superficie.

8.6.8 Fenómenos hidro-meteorológicos. Inundaciones.

Los eventos hidrológicos que generan los problemas más graves en el país son generalmente los eventos hidro-meteorológicos (inundaciones), relacionados con el fenómeno El Niño, debido al exceso de precipitaciones. Su mayor influencia, es lógicamente en la costa. Pero también se producen eventos hidrológicos importantes en otros lugares del país y en años en los que no ocurre dicho fenómeno, como lo demuestran las acaecidas durante junio del 2001 en las provincias del Oriente, que interrumpieron ejes viales vitales.

La presencia de anomalías oceanográficas como el fenómeno de El Niño y la ubicación geográfica de Ecuador, sobre la línea ecuatorial, son factores que influyen en las características climáticas, dando lugar a temporadas invernales cíclicas. Dicho fenómeno tiene como efecto el aumento de las precipitaciones provocando inundaciones que afectan a todos los sectores productivos del país, incluyendo al sector de agua potable y saneamiento.

8.6.8.1 Fenómeno climático de "El Niño- Oscilación del Sur".

"El Niño-Oscilación del Sur" es uno de los principales fenómenos climáticos que afectan al Ecuador y que presenta un ciclo de ocurrencia de 3, 5 y 7 años, generando alteraciones por incrementos de las precipitaciones (Fase "El Niño"), como por déficits de precipitación (Fase "La Niña"). Este fenómeno afecta directamente a toda la zona costera e insular del Ecuador produciendo inundaciones en las zonas bajas de la región, penetración del mar en las zonas del perfil costero por el incremento del nivel del mar, pro también sus efectos llegan hasta la cordillera occidental produciendo crecidas repentinas de los ríos y deslaves (deslizamientos) y desprendimientos en las zonas de pie del de las cadenas montañosas.

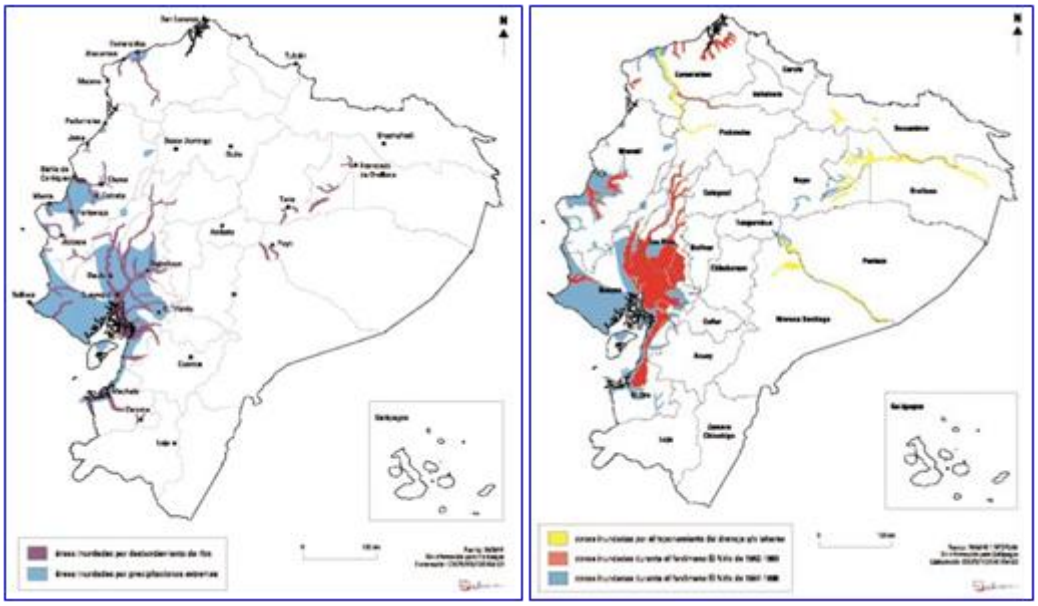

Figura 8-27 A la izquierda, inundaciones ocurridas en el Ecuador durante el fenómeno de "El Niño" 1997-1998. A la derecha, principales inundaciones ocurridas desde 1980, producidas por taponamiento de drenajes, lahares y fenómeno de El Niño de 1952-53 y 1997-98.

Fuente: D' Ercole y Trujillo, 2003.

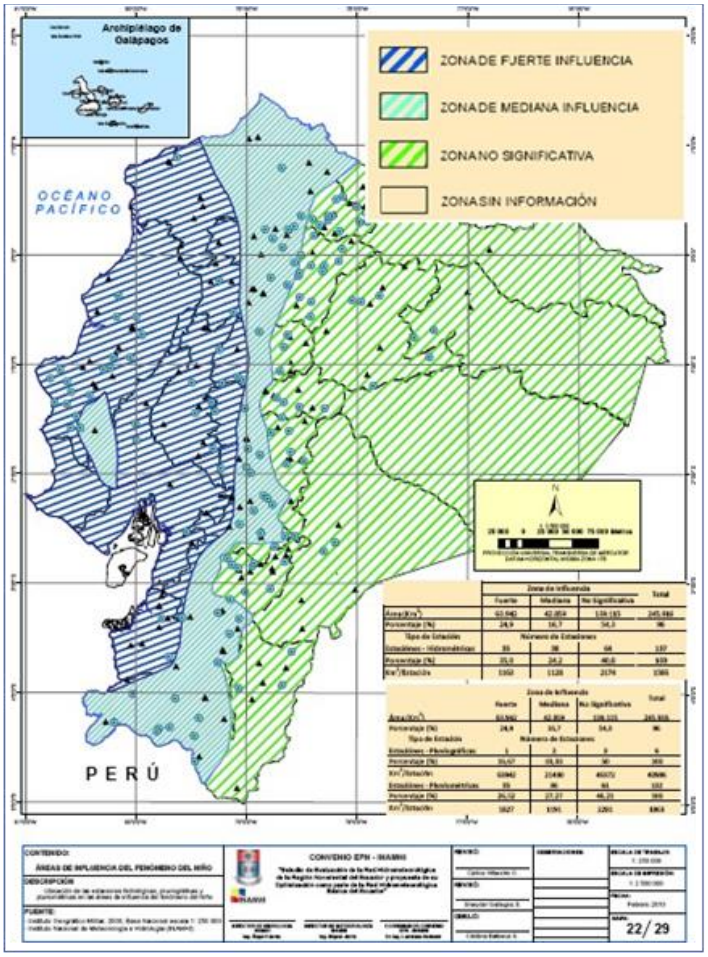

Figura 8-28 Áreas de influencia del fenómeno "El Niño". La ciudad de Quito estaría situada en la zona de influencia.

Fuente: INAMHI.

Según información del INAMHI, el ámbito de estudio queda fuera de la zona de fuerte influencia del fenómeno de "El Niño", pero su influencia si se deja sentir en episodios extremos.

8.6.8.2 Inundaciones.

Las inundaciones son fenómenos naturales que suelen deberse a factores meteorológicos y atmosféricos que ocasionan cambios climáticos severos, produciendo por acumulación y corrientes de agua y del nivel que alcancen las aguas, de la violencia y rapidez con que se desplacen y del área geográfica que cubran, eventos con daños diversos.

Así pues, para ser totalmente rigurosos en este aspecto, se deben distinguir 3 tipos de eventos hidrológicos (según el criterio usado por el INAMHI) producidos por:

- Inundaciones por precipitaciones extremas.
- Inundaciones por desbordamiento de ríos.
- Inundaciones por el taponamiento del drenaje o lahares.

El primero de ellos, no afecta al MDMQ, pero el segundo y fundamentalmente el tercero sí. Varias veces a lo largo de su historia, la ciudad ha evidenciado eventos hidrogeológicos importantes,

manifestados en forma de inundaciones debidas a un exceso de agua generado por los fuertes aguaceros.

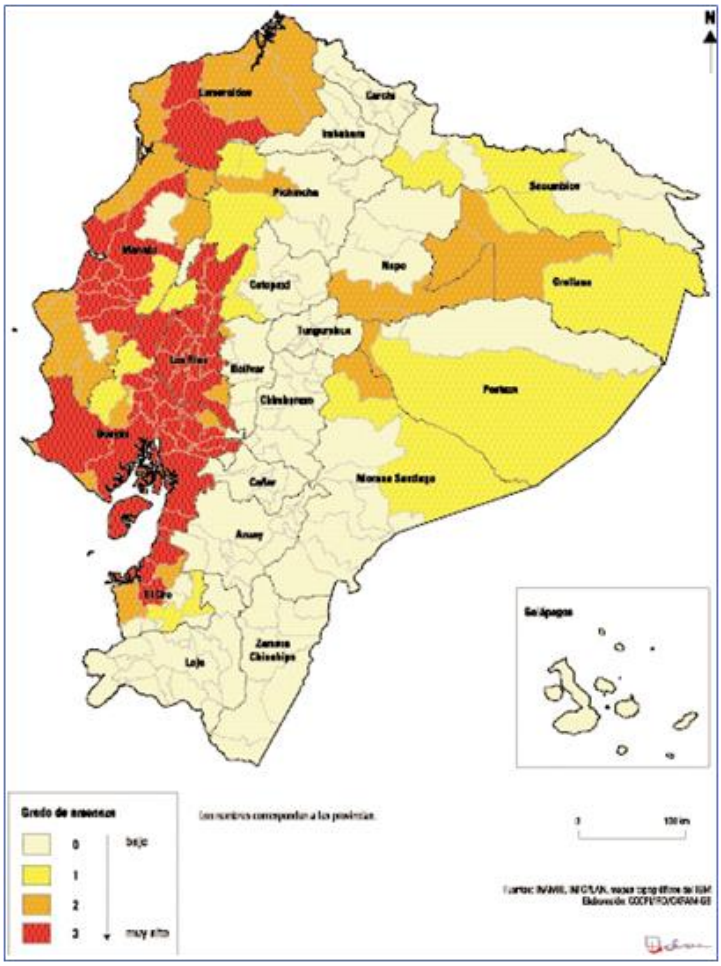

Figura 8-29 Grados de amenaza de inundación a nivel cantonal.

Fuente: D' Ercole y Trujillo, 2003.

Por otra parte, varios son los factores que han terminado provocando que el terreno que circunda a la metrópoli de Quito no pueda drenar el agua pluviométrica:

- La multitud de quebradas rellenas de material para salvar dichos accidentes naturales ha mermado sustancialmente la capacidad de drenaje natural del terreno mediante escorrentía subterránea.
- Las numerosas zonas de la corona externa de la capital se han visto impermeabilizadas por la actividad antrópica de desarrollo de la propia urbe, eliminando totalmente la capacidad del terreno de infiltrar agua.
- Y el insuficiente sistema urbano de colectores no es capaz de evacuar toda la escorrentía superficial que las dos actuaciones anteriormente descritas generan.

El problema de insuficiencia de los colectores es difícilmente solucionable, debido a la topografía del lugar, haciendo que la metrópoli andina esté bastante expuesta a inundaciones localizadas y de corta duración. Generalmente, su incidencia es muy local y su duración no supera las 48 horas en el peor de

los casos. No obstante, pese a sus características moderadas, tales inundaciones causan perturbaciones significativas, en particular en el ámbito del transporte urbano (congestión, desvíos, ele...).

El mapa sobre amenazas de inundaciones elaborado por el SNRG (con base topográfica 1:100.000 procedente del IGM), combina las áreas inundadas en el pasado junto a la consideración de zonas cuya altura es inferior a 40 m. Esto hace mucho más vulnerables a la zona costera. Sin embargo, cabe tomar en cuenta, como se observa la zonificación de la amenaza de inundaciones en el citado mapa, que las zonas alrededor de DMQ han sido calificadas con un grado de riesgo de inundación medio bajo, debido en general a suabrupta orografía, que proporciona cauces de evacuación.

En la zona de implantación del proyecto la probabilidad de inundaciones es baja (solo en el momento de las precipitaciones), no así en el fondo de las quebradas y ríos donde se acumulan toda el agua por las escorrentías.

Entre los daños que ocasionan las inundaciones a las infraestructuras se destacan:

- destrucción total o parcial de captaciones localizadas en ríos o quebradas.
- colmatación de componentes por arrastre de sedimentos.
- pérdida de captación por cambio del cauce del río.
- rotura de tuberías expuestas en pasos de ríos o quebradas.
- contaminación del agua en las cuencas.
- daños en el equipo de bombeo y eléctrico en general.
- destrucción y contaminación de pozos de agua.
- desestabilización de las laderas naturales por el incremento de saturación de los suelos.
- desestabilización de los taludes de corte de las carreteras.
- presencia de deslizamientos de terreno.
- afectación a zonas de cultivo.
- afectación de zonas habitadas.

En Ecuador el fenómeno de El Niño 1997-1998 provocó graves daños en el sector de agua potable y saneamiento, causando paralizaciones de los servicios y daños permanentes o temporales en los sistemas.

Las inundaciones que se presentan en varios sitios de la ciudad de Quito traducen directamente la insuficiencia de la red de drenaje cuando se producen fuertes precipitaciones. Las aguas que exceden la capacidad de las alcantarillas toman las calles en pendiente y se acumulan algún tiempo en transversales y en zonas bajas; alcanzan 30 a 60 cm. de altura. La extensión varía en algunas manzanas de barrios en pendientes débiles. Los daños son poco importantes: plantas bajas mojadas, algunas viviendas precarias dañadas o a veces destruidas, desgaste acelerado de las calzadas; en todos los casos, paralizan la circulación.

En general, la escasez o el exceso de agua resulta ser un problema para los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento. En caso de inundaciones, los componentes expuestos son los que se encuentran en los lugares de paso o de acumulación del agua.

Por otro lado, los efectos del cambio climático agravarían estas amenazas, porque pueden convertirse en eventos más frecuentes, haciendo aún más vulnerables las diversas obras de infraestructura.

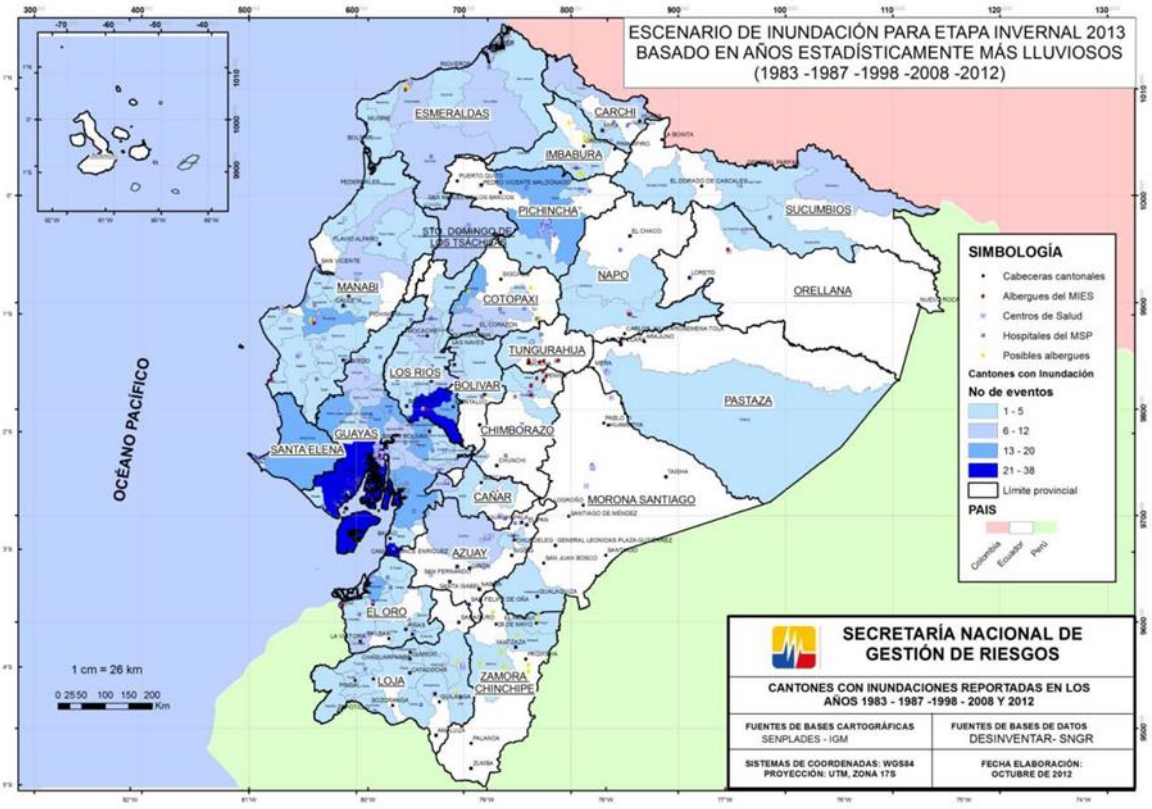

Figura 8-30 Cantones con inundaciones reportadas de los años estadísticamente más lluviosos.

Fuente: DESINVENTAR-SNGR, 2018.

8.6.9 Amenazas antrópicas.

Entre las acciones antrópicas que pueden provocar impactos directos e indirectos en la zona del proyecto, se pueden mencionar:

- La contaminación del agua, debido al vertimiento de aguas negras no tratadas en los cauces, lo que disminuye la disponibilidad del recurso para otras poblaciones aguas abajo.
- además, el uso de quebradas y ríos como vertederos de basura provoca la contaminación del agua, formando focos de insalubridad, que generan incluso contaminación de las aguas subterráneas.
- actos vandálicos y la exposición de las fuentes de abastecimiento de agua que pueden dar lugar a verdaderas crisis de salubridad debido a la contaminación de las fuentes y también por paralizaciones del servicio en las poblaciones.
- la explotación maderera del bosque primario, que incrementa la erosión de los suelos;
- la construcción de obras civiles sin la adecuada dirección técnica.
- la ausencia de planes de ordenamiento territorial.
- incendios forestales, la quema de vegetación voluntaria e involuntaria.

- la excavación de taludes en zonas inestables, sin diseños técnicos adecuados.
- La gestión y Manejo del recurso agua sin una adecuada sustentabilidad y sostenibilidad.

8.7 EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL AMBIENTE AL PROYECTO.

Una vez identificados los peligros o amenazas (P) a las que está expuesto el ámbito del proyecto, se realiza el análisis de vulnerabilidades (V), y se procede a una evaluación conjunta para calcular el riesgo (RG), es decir, estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, etc.) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o antrópico.

Existen diferentes métodos para el cálculo del riesgo:

- Método analítico, se fundamenta en la aplicación o el uso de la siguiente ecuación:

RIESGO = Peligro ó Amenaza (Exposición + Vulnerabilidad)

Dicha ecuación es la referencia básica para la estimación del riesgo, a partir de cada una de las variables: Amenaza o peligro (P), vulnerabilidad (V) y, consecuentemente, Riesgo (RG).

- Método descriptivo, se basa en el uso de una matriz de doble entrada: "Matriz de Amenaza y Vulnerabilidad.

En este estudio propone utilizar un método complementario de los dos, Valoración (cuantitativa-cualitativa) del riesgo inicial, previo a la adopción de medidas de prevención y Manejo del riesgo, clasificando y calificando las amenazas y requiere que previamente se hayan realizado los análisis de amenazas y los análisis de vulnerabilidad, respectivamente.

- Se han utilizado criterios de valoración susceptibles de ser evaluados a base de una matriz de riesgo que sirva para identificar la ubicación de los principales lugares en donde el riesgo de cada componente sea mayor. Está valoración es fundamental para los riesgos físicos (inundación, deslizamientos, sísmicos), los de más difícil predicción y basados en estudios estadísticos.
- En relación con la exposición se tendrá especialmente en cuenta los usos del suelo, tanto los actuales como los previstos en desarrollos futuros.

Entre los factores principales causantes o en estrecha relación con la vulnerabilidad también se han considerado:

- Factores económicos: la pobreza es quizás la principal causa de vulnerabilidad, pero también lo es la utilización inadecuada de los recursos económicos disponibles.
- Factores físicos: relacionados con la ubicación de las poblaciones y sus infraestructuras, el nivel de exposición a los fenómenos potencialmente peligrosos y la calidad de las estructuras y su capacidad de resistencia frente al impacto del evento peligroso.
- Factores sociales: se refieren a la capacidad que tiene o no una comunidad para organizarse y la forma en que se estructura para enfrentar el riesgo.

- Factores políticos: se refiere al nivel de autonomía que posee una comunidad para tomar decisiones sobre los problemas que la afectan, así como la capacidad de negociación de la comunidad frente a los actores políticos exógenos.

8.7.1 Componentes del proyecto a evaluar.

El análisis de riesgos se lleva a cabo para cada uno de los principales componentes o elementos principales del proyecto en sus diferentes áreas geográficas. Los componentes evaluados han sido los siguientes:

Tabla 8-7 Componentes evaluados del proyecto.

Componentes del Proyecto de Conexión Vial entre el Sistema Vial Valle de los Chillos y el Sector de "El Arbolito" en la Ciudad de Quito
• Rampas de ingreso y salida de la Autopista General Rumiñahui,
• Viaducto sobre el río Machángara,
• Túneles bitubo entre la Avenida Velasco Ibarra y
• Ramales de entrada y salida en los parques de El Arbolito y El Ejido.

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

Figura 8-31 Planta con los diferentes elementos del proyecto sobre ortofoto.

Fuente: Google y Equipo Consultor C. Little Tree.

8.7.2 Análisis de amenazas o peligros.

Para obtener una evaluación de las amenazas (peligros) más importantes que pueden afectar al proyecto se ha procedido a una calificación indicativa de los peligros, para ello la siguiente ecuación:

PELIGRO O AMENAZA (P) = INTENSIDAD (I) + FRECUENCIA (F) + TERRITORIO AFECTADO (EX)

Esta calificación para cada una de las amenazas, teniendo en cuenta los valores obtenidos en cada una de las variables mencionadas anteriormente, permitirá obtener intervalos de calificación de muy alta, alta, media y baja.

Los peligros identificados en la zona de estudio han sido evaluados utilizando las tres variables fundamentales que los definen:

- la intensidad del peligro o amenaza.
- la frecuencia o recurrencia de este.
- la extensión del territorio afectado frente a la ocurrencia de los fenómenos amenazantes.

Para cada una de las amenazas se ha determinado y evaluado el nivel de intensidad, frecuencia y afectación del territorio.

8.7.2.1 Intensidad (I).

La Intensidad (I), se refiere al vigor con que se manifiesta el cambio por las acciones del proyecto. Basado en una calificación subjetiva se estableció la predicción del cambio neto entre las condiciones con y sin proyecto. El valor numérico de la intensidad se relaciona con el índice de calidad ambiental del indicador elegido.

- Valor de la intensidad del impactoproducido:

Tabla 8-8.- Calificación de Intensidad del impacto

INTENSIDAD (I)			
Nula (0)	Baja (1)	Media (2)	Alta (3)
Impactos inexistentes	Impactos leves o imperceptibles	Bajo Impacto	Mayor impacto

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

8.7.2.2 Frecuencia (F).

La Frecuencia (F), se refiere al tiempo que trata en presentarse la afectación y que puede ser temporal, permanente o periódica, considerando, además, las implicaciones futuras o indirectas. Establece el período de tiempo durante el cual las acciones propuestasinvolucran cambios ambientales.

- Valor numérico de la frecuencia de presencia del evento:

Tabla 8-9 Calificación de Frecuencia (presencia) del evento

FRECUENCIA (F)			
Momento (0)	Corto plazo (1)	Medio Plazo (2)	Largo Plazo (3)
Instantánea	Menos de 5 años	5 a 10 años	Más de 10 años

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

8.7.2.3 Extensión del territorio afectado (EX).

La Extensión (EX), se refiere al área de influencia del impacto ambiental en relación con el entorno del proyecto. Es la superficie afectada por las acciones del proyecto de incidencia tanto directa como indirectamente o el alcance global sobre el componente ambiental.

- Valor de la extensión del territorio afectado frente a la ocurrencia de los fenómenos amenazantes:

Tabla 8-10 Calificación de la Extensión del Territorio afectado

EXTENSIÓN - TERRITORIO AFECTADO (EX)			
Inexistentes	Puntual	Local	Regional
0	1	2	3

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

8.7.2.4 Calificación de Amenazas/Peligros en el área del proyecto.

En la siguiente de MATRIZ de CALIFICACIÓN de AMENAZAS / PELIGROS se califica el nivel de cada peligro en relación con su potencial afección al área de ubicación del proyecto y a sus elementos estructurales.

Los resultados obtenidos se han calificado conforma los valores de la tabla siguiente:

Tabla 8-11 Calificación de Peligros o Amenazas

CALIFICACIÓN DE PELIGROS	
1-3	Baja
4-6	Media
7-9	Alta
10-12	Muy alta

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

A lo largo del estudio se han tenido en cuenta los peligros geológicos y naturales que potencialmente pueden presentarse en la región. Se ha efectuado un análisis de las amenazas en base a su recurrencia histórica, a las consecuencias de su manifestación y a desastres de tales eventos en el pasado. El análisis ha intentado concretar el nivel de amenazas en la zona y determinar así su potencial influencia sobre el proyecto.

Se llega a la conclusión de que, los peligros evaluados que finalmente, se consideran sí podrían afectar al proyecto en su actual ubicación y que deben ser consideradas en el estudio son las susceptibles presentar riesgos de **nivel alto o muy alto** son las siguientes:

Tabla 8-12 Calificación de Peligros o Amenazas del Ambiente al Proyecto

MATRIZ de CALIFICACIÓN de AMENAZAS / PELIGROS						
	Riesgo	Intensidad	Frecuencia	Territorio afectado	Sumatoria	Calificación
Amenazas potenciales del Ambiente hacia el Proyecto	**Afección o presencia de fenómenos naturales**					
	Fenómenos geológico-geotécnicos extremo					
	Mov. Sismo- Tectónicos, Terremotos y Fallas Geológicas,	3	2	3	8	Alto
	Erupciones volcánicas	3	3	2	8	Alto
	Movimientos en masa, Deslaves, Subsidencia,	3	3	1	7	Alto
	Expansibilidad y Estabilidad de Suelo,	2	1	2	5	Medio
	Erosión	1	2	2	5	Medio
	Fenómenos Climáticos (Hidro-meteorológicos					
	Fenómeno del niño/niña	1	1	3	5	Medio
	Inundaciones,	2	1	1	4	Medio
	Periodos de Sequia	1	1	2	4	Medio
	Amenazas biológicas					
	Flora y Fauna del sector afectando a proyecto	3	1	1	5	Medio
	Amenaza o peligros antrópicos y tecnológicos					
	Incendios;	2	1	1	4	Medio
	contaminación de agua	2	2	2	6	Medio
	Uso de materiales nocivos para el medio ambiente	1	2	1	4	Medio
	daños (sabotaje)	2	1	1	4	Medio
	Amenazas económicas, financieras y sociales					
	Amenazas económicas, financieras y sociales	2	2	2	6	Medio
Media de Riesgos del Ambiente al Proyecto						Medio

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

8.7.3 Análisis de Vulnerabilidades

En consecuencia, para definir el nivel de vulnerabilidades que poseen las obras a realizar en el desarrollo del Proyecto de Conexión Vial entre el Sistema Vial Valle de los Chillos y el Sector de "El Arbolito" en la Ciudad de Quito, se analizaron aquellas que se mencionan a continuación, en especial tomando en cuenta las capacidades internas de los actores involucrados.

- Vulnerabilidades Físicas, expresa las características de ubicación del sistema en relación con las amenazas a las que se encuentra expuesto, así como también su capacidad para asimilar los efectos de las mismas.
- Vulnerabilidades Económicas, tiene en este caso directa relación con las capacidades económicas de los actores involucrados para llevar adelante actividades de operación y mantenimiento del sistema, así como también sus capacidades económicas para asegurar las obras.
- Vulnerabilidades Políticas, se relaciona con el nivel de autonomía que la unidad de control del sistema tendrá para asignar recursos y tomar decisiones por sí solo en caso de la ocurrencia de un evento adverso.
- Vulnerabilidades Institucionales, tiene que ver con el esquema operativo que tienen los Organismos Públicos afectados y en especial la MDMQ, en relación con un sistema de gestión de riesgo, al grado de preparación que tiene la organización para responder ante un evento adverso, sus acciones de mitigación, y en general también sus recursos y equipamiento (tecnología). En este tipo se puede incluir la capacidad de resiliencia (recuperación de sus funciones básicas) que tendrá el sistema si ocurre un evento adverso.

Los niveles de vulnerabilidad que han sido definidos para el Proyecto se muestran en diferentes matrices incluidas a continuación, calificándose conforme a los siguientes índices de Vulnerabilidad.

Índices de VULNERABILIDAD			
Sin Vulnerabilidad	Baja	Media	Alta
2	1	2	3

En el caso de la Vulnerabilidad, un índice Bajo indica un sistema más positivo en relación con la respuesta ante las amenazas.

Indicadores de Vulnerabilidad Física	Accesos desde autopista General Rumiñahui	Viaducto sobre rio Machángara	Túneles bajo cerro Itchimbía	Ramales salida/entrada parques de "El Ejido" y "El Arbolito"	Total
Área propensa a sismos	3,00	3,00	2,00	3,00	2,75
Área propensa a deslizamientos	1,00	2,00	1,00	1,00	1,25
Área propensa a lluvias fuertes, crecidas, flujos de lodos	3,00	1.5	1,00	2,00	1,50
Área propensa a eventos volcánicos	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Área propensa a afectaciones por terceros	1,00	2,00	1,00	2,00	1,50
Facilidad de movilización y reparación	2,00	1,00	1,00	1,00	1,25
Calidad de materiales de construcción	2,00	1,00	1,00	1,00	1,25

Diseño seguro / construcción / fiscalización	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Elementos complementarios en buen estado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
El sistema es independiente	1,00	2,00	1,00	2,00	1,50
Medidas de mitigación implementadas durante la construcción	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	1,73	1,55	1,27	1,64	1,55
Valoración	MEDIA-BAJA	MEDIA-BAJA	MEDIA-BAJA	MEDIA-BAJA	MEDIA-BAJA

Recursos previstos para operación y mantenimiento	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Recursos previstos implementación y mantenimiento sistema de gestión de riesgos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Recursos previstos para aseguramiento de las obras en su totalidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Esquema sostenible de financiamiento	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Total	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Valoración	MEDIA-BAJA	MEDIA-BAJA	MEDIA-BAJA	MEDIA-BAJA	MEDIA-BAJA

Existe una unidad de operación y mantenimiento autónoma para el sistema	2	2	2	2	2
La unidad tiene capacidad de toma de decisiones y asignación de recursos	2	2	2	2	2
Las decisiones responden a un sistema vertical central participativo	2	2	2	2	2
Total	2	2	2	2	2
Valoración	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA

Indicadores de Vulnerabilidad Institucional	Accesos Autopista General Rumiñahui	Viaducto Rio Machángara	Túneles	Ramales El Ejido y El Arbolito	Total
Sistema de gestión de riesgos implementado en el GAD del MDMQ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Plan de contingencia operativo para todos los elementos del sistema	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Equipo básico disponible las 24 h para atención emergente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Personal capacitado y disponible las 24 h (soldadores, operadores, etc.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Material de reposición disponible en bodega (válvulas, tubería, etc.)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sistema remoto de transmisión de datos SCADA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Convenios vigentes con otras organizaciones que operan en la zona	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vigilancia permanente de los elementos del sistema	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cuenta con una unidad capacitada en resolución de conflictos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tiene programas activos de responsabilidad comunitaria en la zona	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Total	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Valoración	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA

Indicadores de Vulnerabilidad Social	Accesos Autopista General Rumiñahui	Viaducto sobre Rio Machángara	Túneles	Ramales El Ejido y El Arbolito	Total
Afectaciones a la propiedad por la construcción del proyecto	2,00	1,00	1,00	2,00	1,50
Afectaciones a la agricultura por la construcción del proyecto	2,00	1,00	1,00	2,00	1,50
Afectaciones a la vivienda por la construcción del proyecto	2,00	1,00	1,00	1,00	1,25
Afectaciones a la escolaridad por la construcción del proyecto.	2,00	1,00	1,00	1,00	1,25
Afectaciones a la familia por la construcción del proyecto	2,00	1,00	1,00	1,00	1,25

Afectaciones a la mujer por la construcción del proyecto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Afectaciones a la niñez por la construcción del proyecto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	1,71	1,00	1,00	1,29	1,25
Valoración	Media-Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

Para establecer la calificación de la vulnerabilidad total frente a cada una de las amenazas priorizadas en la zona de proyecto, se determinará la calificación de cada una de las vulnerabilidades mencionadas anteriormente. Cada una de las tablas de calificación de vulnerabilidad establece para las variables analizadas los valores de muy alta, alta, media y baja.

La vulnerabilidad total será suma de las vulnerabilidades parciales según la expresión:

$$Vt = Vf + Va + Vc + Vs$$

- Vt: Vulnerabilidad Total.
- Vf: Vulnerabilidad Física.
- Va: Vulnerabilidad Ambiental.
- Vs: Vulnerabilidad Social.
- Vc: VulnerabilidadCientífico-tecnológica.

El valor obtenido será utilizado para determinar si la vulnerabilidad es muy alta, alta, media o baja, calificándose en base al grado de vulnerabilidad, de la siguiente forma:

Tabla 8-13 Calificación de Vulnerabilidades.

CALIFICACIÓN DE VULNERABILIDADES	
1-3	Baja
4-6	Media
7-9	Alta
10-12	Muy alta

Tabla 8-14 Vulnerabilidades Total del Sistema.

Indicadores Totales de Vulnerabilidad del Sistema	Accesos desde autopista General Rumiñahui	Viaducto sobre rio Machángara	Túneles bajo cerro Itchimbía	Ramales salida/entrada parques de "El Ejido" y "El Arbolito"	Total (promedio)
Física	1,73	1,55	1,27	1,64	6,18

Económica	1,50	1,50	1,50	1,50	6,00
Política	2,00	2,00	2,00	2,00	8,00
Institucional	1,20	1,20	1,20	1,20	4,80
Social	1,71	1,00	1,00	1,29	5,00
Total	8,14	7,25	6,97	7,62	
Valoración	Alta	Alta	Alta	Alta	

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

Del análisis de estos resultados obtenidos, se tienen las siguientes consideraciones:

- El sistema tiene un valor de vulnerabilidad medio ponderado de ALTA, tanto para los accesos y ramales de distribución como para el viaducto y túneles. Sin embargo, en el análisis particular de los tipos de vulnerabilidad, la vulnerabilidad física de todo el sistema tiene una calificación de MEDIA con tendencia a la baja.
- Los componentes que más contribuyen a la valoración de la vulnerabilidad física tienen relación directa con la ubicación del sistema, con las características físicas de donde se asienta la zona, con vulnerabilidad ALTA a la ocurrencia de deslizamientos, sismos, etc.
- Es necesario destacar que la vulnerabilidad, institucional y aún la económica de la MDMQ son MEDIAS lo que contribuye enormemente a que el sistema tenga una vulnerabilidad MEDIA con tendencia a la baja.
- Destaca así mismo que la vulnerabilidad política sea ALTA, debido fundamentalmente a la incertidumbre en los cambios de Gobierno que contribuye enormemente a que el sistema tenga una vulnerabilidad con tendencia al ALTA.

8.7.4 Determinación de los niveles de riesgo.

Con los valores estimados de ocurrencia de los peligros identificados y del análisis de vulnerabilidad como datos de entrada en la matriz de peligro y vulnerabilidad y en la intersección de ambos valores en dicha matriz podrán estimarse los niveles de riesgo esperado para cada escenario de peligro identificado

RIESGO = Peligro o Amenaza (Exposición + Vulnerabilidad)

8.7.4.1 Calificación del nivel de riesgos del ambiente al proyecto.

La calificación del Riesgos del ambiente al proyecto se determina conforme a la matriz de valoración siguiente:

Tabla 8-15 Matriz de peligro y vulnerabilidad para estimación del nivel de riesgo.

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto

Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

	Riesgo Bajo		Riesgo Medio		Riesgo Alto		Riesgo Muy Alto

8.7.5 Riesgos por fenómenos naturales.

Tabla 8-16 Riesgo Sísmico

Riesgo SISMICO para él, Proyecto de "Conexión Vial entre el Sistema Vial Valle de los Chillos y el Sector de "El Arbolito en la Ciudad de Quito			
Componentes del proyecto	Probabilidad	Consecuencias	Calificación del Riesgo
Rampas de ingreso y salida de la Autopista General Rumiñahui,	3	E	ALTO
Viaducto sobre el río Machángara,	3	E	ALTO
Túneles bitubo bajo el cerro Itchimbía	3	E	ALTO
Ramales de entrada y salida en los parques de El Arbolito y El Ejido.	3	E	ALTO
Rampas de ingreso y salida de la Autopista General Rumiñahui,	3	E	ALTO
Viaducto sobre el río Machángara,	3	E	ALTO
Túneles bitubo bajo el cerro Itchimbía	3	E	ALTO
Ramales de entrada y salida en los parques de El Arbolito y El Ejido.	3	E	ALTO

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

8.7.5.1 Estimación de consecuencias de los riesgos.

Tabla 8-17 Estimación de consecuencias de los riesgos.

Directriz afectada	Situación de riesgo - Etapas de Construcción y Operación		
	Acciones	Probabilidad	Consecuencias
Seguridad	Lesión que requiere tratamiento menor	Alta	Ligeramente Dañino
	Lesión que requiere tratamiento y asistencia médica con posibles efectos reversibles. Potencial para lesiones modernas	Media	Dañino
	Cuasi fatalidad de alto potencial (donde se justifica investigación completa)		
	Lesión grave con discapacidad permanente	Baja	Extremadamente Dañino
	Incidente donde se causen una o varias fatalidades		
Salud	Un caso enfermedad leve que no requiere tratamiento médico	Alta	Ligeramente Dañino
	Caso de enfermedad que requiera tratamiento médico	Media	Dañino

Directriz afectada	Situación de riesgo - Etapas de Construcción y Operación		
	Acciones	Probabilidad	Consecuencias
	Pequeño número de casos de enfermedades que requieren tratamiento médico		
	Un solo caso de enfermedad que causa discapacidad permanente. Múltiples casos de enfermedades de menor gravedad pero con un impacto generalizado en las operaciones	Baja	Extremadamente Dañino
	Enfermedad que ocasiona la muerte, Múltiples casos de enfermedad menor, pero que ocasionan un impacto en el tiempo de ejecución de la obra.		
Medio Ambiente	Área pequeña de poca importancia con daños fáciles de reparar	Alta	Ligeramente Dañino
	Daño menor localizado y reversible	Media	Dañino
	Daño reversible moderado a corto plazo		
	Daño grave con reversibilidad a medio plazo	Baja	Extremadamente Dañino
	Graves daños al ecosistema con un impacto a largo plazo amplio irreversible.		
Seguridad Robos	Pérdida menor por una sola ocasión de material de poco valor	Alta	Ligeramente Dañino
	Pérdida una sola vez de material de intermedio valor	Media	Dañino
	Perdida reiterada de material de intermedio valor		
	Perdida reiterada de material de alto valor. Violación mayor de la seguridad.	Baja	Extremadamente Dañino
	Pérdida repetida de material de alto valor. Problema de seguridad sistémico.		

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

8.7.6 Riesgos biológicos.

La evaluación de los riesgos biológicos y sociales que pueden afectar al proyecto ha sido realizada mediante la aplicación de la siguiente Matriz de Evaluación de Riesgos que indica el procedimiento utilizado para identificar riesgos significativos y probabilidades:

Tabla 8-18 Matriz de Evaluación de Riesgos

Severidad	Personas	Ambiente	Probabilidad				
			Nunca sucede en la obra civil	Se ha escuchado de estos riesgos en la obra civil	Han ocurrido en el Ecuador	Han ocurrido varias veces al año en el Ecuador	Ocurren frecuentemente en el Ecuador

Baja	Efectos leves a la salud/heridas	Efectos leves	Manejo para mejoramiento continuo
Media	Efectos graves a la salud/heridas	Efectos localizados	Se incorporan medidas para reducción de riesgos
Alta	Muertes	Efectos regionales	Riesgos intolerables

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA.
Fuente: HSE aspects in contracting environment, 2001.

8.7.6.1 Análisis de amenazas biológicas.

La evaluación del riesgo de los aspectos biológicos incluye aquellas amenazas que la flora y la fauna del sector podría ocasionar al proyecto. En este caso, se reduce a la posible presencia de animales vectores que podrían afectar sus actividades y sobre los trabajadores en fase de obra o explotación. Mamíferos, pájaros, artrópodos e insectos, todos tienen el potencial de transmitir diferente tipo de enfermedades a los humanos. Las plagas que transmiten enfermedades se denominan vectores.

El vector recibe el organismo patógeno de un portador infectado, animal o humano, y lo transmite o bien a un portador intermediario o directamente a un portador humano. La transferencia ocurre directamente por mordiscos, picaduras o infección de tejidos, o indirectamente a través de transmisión de enfermedad. Los mosquitos y las garrapatas son los vectores de enfermedades más notables ya que el modo de transmisión más importante es a través de alimentación sanguínea. A estas enfermedades se las llama zoonosis y se cuentan entre ellas, por ejemplo, el paludismo, dengue, alacranismo, oncocercosis, leishmaniosis y ricketiosis, cuyos agentes son las moscas, alacranes, escorpiones, pulgas, chiches y gusanos que se encuentran en la tierra y que entran al sistema humano a través de la piel.

También existen enfermedades transmitidas por animales de mayor tamaño, como, por ejemplo: la rabia, la toxoplasmosis, triquinosis, enfermedad de Creutzfeldt-Jakob y el hanta; enfermedades cuyos agentes vectores son: el perro, el gato, el cerdo, las vacas y el ratón de cola larga.

Así, estas enfermedades adquieren cada vez mayor importancia debido al constante aumento de la población humana, lo que supone que aumentan las posibilidades de transmisión de enfermedades conocidas, así como el surgimiento de otras desconocidas o aún sin tratamiento, producto de que cada vez más la civilización conquista o comparte hábitats que antes pertenecían a los animales y a los insectos, los mismos que amenazan a las personas que viven en la zona y a las que trabajan en el proyecto.

8.7.6.2 Evaluación de riesgos Biológicos.

Los resultados de la evaluación sobre los riesgos biológicos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8-19 Evaluación de Riesgos Biológicos

RIESGOS BIOLÓGICOS	Actividades del Proyecto		
	Construcción	Operación	TOTAL
Animales Vectores	Bajo	Bajo	Bajo

RIESGOS BIOLÓGICOS	Actividades del Proyecto		
	Construcción	Operación	TOTAL
Categorías: Bajo			

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

En general, el riesgo biológico en el área del Proyecto es bajo respecto a la presencia de algunos vectores como moscas, mosquitos, ratas, ratones, perros, cerdos, etc.

8.7.7 Riesgos Sociales.

En esta sección los riesgos potenciales se definen como aquellos conflictos sociales que, debido a su naturaleza impredecible y errática, podrían afectar las actividades del proyecto. La evaluación del riesgo de los peligros sociales incluye las particularidades que pudieran amenazar al proyecto, aspectos que se describen a continuación:

Paralización de Actividades.

Este punto se refiere al surgimiento de grupos o movimientos sociales contrarios a la ejecución de la obra. Estos grupos organizados formalmente o no, podrían generar una matriz de opinión adversa al proyecto y ejecutar acciones (pacíficas) para interrumpir los trabajos temporal o definitivamente.

Debido a situaciones de crisis económica, desacuerdos con las autoridades locales, paralizaciones de actividades por causas ajenas al proyecto que indirectamente causen el impedimento del paso de personal, usuarios, insumos para la construcción, medios de

transporte, se podría amenazar seriamente el desenvolvimiento normal de las actividades del proyecto. También lo podrían hacer por conflictos directos con el mismo, propios o inducidos, afectando directamente sus actividades.

Huelgas de trabajadores.

Los trabajadores como integrantes principales en el desenvolvimiento del proyecto también pueden constituirse en un riesgo potencial al normal funcionamiento de este, el riesgo radica en paralizaciones temporales de un grupo o de todos los trabajadores de la empresa que lleve a cabo su construcción.

Asaltos y Robos.

El personal del proyecto y los usuarios pueden ser asaltados por delincuentes comunes. Esto representa una amenaza para la integridad y la vida de las personas. De igual manera, delincuentes comunes pueden robar equipos del proyecto, lo cual también se convierte en una amenaza para el desenvolvimiento normal de las actividades. Existe también la posibilidad de asaltos a las instalaciones del proyecto.

Secuestros y amenazas de atentado.

Por el clima de conflictividad social, de incremento de la delincuencia, de la evidencia de estos eventos en varias zonas del país, existiría el riesgo de secuestros a integrantes de la empresa o amenazas de atentar contra funcionarios e instalaciones del proyecto.

8.7.7.1 Evaluación de riesgos sociales.

Los resultados de la evaluación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8-20.- Evaluación de Riesgos Sociales

Riesgos Sociales	Actividades del Proyecto		
	Construcción	Operación	TOTAL
Paralización de Actividades por parte de la población (acción directa o indirecta del proyecto)	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Huelgas de trabajadores	Bajo	Bajo	Bajo
Asaltos y robos	Moderado	Bajo	Moderado
Secuestros y amenaza de atentado	Bajo	Bajo	Bajo
Categorías: MODERADO, BAJO Y MUY BAJO			

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

El riesgo de paralización es MUY BAJO, sobre todo por las particularidades sociales existentes en área del proyecto. El proyecto se percibe por la población como una oportunidad laboral y de prosperidad económica para las áreas que abastece, pero también para la región al promover otro tipo de actividades como las turísticas. En conjunto, permitirá mejoras sustanciales de servicios a través del abastecimiento de agua para su consumo para una parte sustancial de la población del cantón, el regadío y el desarrollo de actividades agrarias para la comarca e indirectamente promoverá el desarrollo de otras actividades ya sean turísticas o de otra índole en tramos costeros hoy en día poco desarrollados o deprimidos. Eventualmente, el riesgo se daría por acciones indirectas, más que por acciones directas del proyecto que pueden ser mejor controladas.

El riesgo de huelgas provocadas por trabajadores es considerado BAJO, sin embargo, su nivel estará en relación directa con la política laboral y las relaciones con los trabajadores de las empresas que intervengan.

Los riesgos de asaltos y robos son entre BAJO y MODERADO, por las condiciones propias de la inseguridad existente de manera general. En áreas aisladas, durante la fase de construcción, equipos e instalaciones pueden sufrir altercados en este sentido.

El riesgo de secuestros y amenaza de atentado se considera BAJO.

8.7.7.2 Resultados Riesgos Sociales.

Huelgas de trabajadores.

Los trabajadores como integrantes principales en el desenvolvimiento del proyecto también pueden constituirse en un riesgo potencial al normal funcionamiento de este, el riesgo radica en paralizaciones temporales de un grupo o de todos los trabajadores de la empresa que lleve a cabo su construcción.

El riesgo de huelgas provocadas por trabajadores es considerado *BAJO*, sin embargo, su nivel estará en relación directa con la política laboral y las relaciones con los trabajadores de las empresas que intervengan.

Asaltos y Robos.

El personal del proyecto y los usuarios pueden ser asaltados por delincuentes comunes. Esto representa una amenaza para la integridad y la vida de las personas. De igual manera, delincuentes comunes pueden robar equipos del proyecto, lo cual también se convierte en una amenaza para el desenvolvimiento normal de las actividades. Existe también la posibilidad de asaltos a las instalaciones del proyecto.

Los riesgos de asaltos y robos son entre *BAJO* y *MODERADO*, por las condiciones propias de la inseguridad existente de manera general. En áreas aisladas, durante la fase de construcción, equipos e instalaciones pueden sufrir altercados en este sentido.

Secuestros y amenazas de atentado.

Por el clima de conflictividad social, de incremento de la delincuencia, de la evidencia de estos eventos en varias zonas del país, existiría el riesgo de secuestros a integrantes de la empresa o amenazas de atentar contra funcionarios e instalaciones del proyecto.

El riesgo de secuestros y amenaza de atentado se considera *BAJO*.

8.8 EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO AL AMBIENTE.

El análisis en este caso hace referencia a los peligros ambientales endógenos, es decir, los que tienen que ver con origen en el proyecto. Se analizan con ello los riesgos a los que están expuestos los componentes ambientales dentro de las áreas de influencia, y en base al análisis de los aspectos que incurren en la construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

8.8.1 Identificación de Amenazas del Proyecto al Ambiente.

Así pues, el objetivo principal es identificar los peligros que pueden producirse en el entorno de las obras, su naturaleza y gravedad, que permita evaluar los riesgos físicos y ambientales del proyecto al ambiente.

Se han identificado los siguientes riesgos que puede ejercer el proyecto al ambiente: Para identificar estas amenazas se ha recopilado datos relativos a:

- Acciones que puedan conllevar riesgos en fase de construcción y operación.
- Acciones relacionadas con las obras auxiliares, extracción de materiales para la obra, vertederos, etc.
- Elementos o instalaciones dentro del proyecto que puedan suponer riesgos.
- Posibilidad de derrames y vertidos contaminantes.
- Posibilidad de incendios oexplosiones.
- Cualquier otra informaciónrelevante.

La precisión de la información obtenida en este grado de desarrollo y detalle en el que se encuentre el proyecto deberá ser completada a medida que se vaya realizando la fase de ejecución de las obras.

Entre los peligros que se considera deben ser evaluados se encuentran:

- Degradación del suelo por compactación o erosión a causa del movimiento de tierras.

- Contaminación de aguas y suelo por:
  - la generación de desechos y afectación al área paisajística por presencia de maquinarias ajenas al entorno.
  - derrames de combustibles y aceites.
  - Manejo inadecuado de residuos.
  - uso de letrinas.
- Contaminación al aire por:
  - ruido y emisiones de gases contaminantes durante la etapa de construcción y operaciones de desbroce.
  - Emisión de material particulado y gases contaminantes durante el mantenimiento y limpieza de maquinarias e infraestructuras.
- Incendios y explosiones.
- Molestias y presión sobre la población local.
- Accidentes tráfico y atropello.

8.8.2 Calificación de amenazas del ambiente al proyecto.

Tabla 8-21 Calificación de Peligros o Amenazas del Proyecto al Ambiente

MATRIZ de CALIFICACIÓN de AMENAZAS / PELIGROS						
	Riesgo	Intensidad	Frecuencia	Territorio	Sumatoria (peligro)	Calificación
Amenazas del Proyecto al Ambiente	**Degradación del suelo**					
	Degradación del suelo (movimiento de tierras)	2	3	2	7	Alto
	afectación al área paisajística por maquinaria de obra	2	1	1	4	Medio
	Manejo inadecuado de residuos	2	2	2	6	Medio
	Contaminación de aguas					
	generación de desechos	2	2	2	6	Medio
	derrames de combustibles y aceites	2	1	1	4	Medio
	Manejo inadecuado de residuos	1	2	2	2	Bajo
	uso de letrinas	1	1	1	3	Bajo
	Contaminación al aire					
	ruido y emisiones de gases.	2	3	2	7	Alto
	emisión de material particulado	2	1	1	4	Medio

	Incendios y explosiones					
	Incendios y explosiones	2	1	1	4	Medio
	Molestias y presión sobre la población local					
	Molestias y presión sobre la población local	1	2	1	4	Medio
	Accidentes tráfico y atropello.					
	Accidentes tráfico y atropello.	1	1	1	3	Bajo
Media Riesgo del Proyecto al Ambiente						Medio

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

8.8.3 Valoración de Riesgos del Proyecto al Ambiente.

Los riesgos identificados hacia el ambiente se pueden establecer en base a la exposición al riesgo y a su probabilidad de ocurrencia.

La valoración de la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias se establece conforme a la siguiente matriz.;

Tabla 8-22.- Matriz de riesgos de probabilidad y consecuencias

PROBABILIDAD							
	5	Muy probable (más de una vez al año)					
	4	Bastante probable (una vez al año)					
	3	Probable (una vez cada 10 a 100 años)					
	2	Poco probable (una vez cada 10 a 1000 años)					
	1	Improbable (menos de una vez cada 1000 años)					
			No importantes	Limitadas	Serias	Muy serias	Catastróficas
			A	B	C	D	E
			CONSECUENCIAS				

Riesgo Bajo | Riesgo Moderado | Riesgo Alto | Riesgo Muy Alto

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

En relación con la realización de las actividades y su interacción con el medio ambiente se determina que:

- La posibilidad de daños por colapso o destrucción de los elementos estructurales, vías, viaducto, túneles, etc. por fallos en la ejecución es remota pero posible y su probabilidad de ocurrencia del accidente es extremadamente remota pero concebible.
- En caso de haber afectación al suelo por excesiva compactación en actividades de almacenamiento y desalojo de materiales de excavación y escombros y por movilización y permanencia de personal y maquinaria por el promotor, la exposición ante el riesgo sería ocasional y su probabilidad de ocurrencia sería extremadamente remotamente pero concebible.
- Con respecto a la afectación al área paisajística por la presencia de elementos ajenos al entorno como maquinarias, etc. El riesgo es frecuente, pero su probabilidad de ocurrencia es una coincidencia remotamente posible.
- El riesgo por contaminación a causa del ruido por maquinarias, y efectuase vibraciones por los mismo el riesgo es ocasional y su probabilidad de ocurrencia es considerada como una coincidencia remotamente posible.
- El riesgo de ocurrir algún derrame de las letrinas uso en la obra y esto afectara al recurso suelo es raro, y su probabilidad sería una coincidencia remotamente posible.
- El riesgo de contaminación de la calidad de aire por emisión de material particulado y gases contaminantes durante la limpieza y mantenimiento de maquinarias e infraestructura es de exposición posible y su probabilidad de ocurrencia es remotamente posible.

8.9 EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL (SSO)

Se propone identificar y evaluar los riesgos cualitativos a la salud y seguridad ocupacional de los trabajadores que se deriven de la implementación y operación del Proyecto.

Como objetivos específicos se tratará de:

- Cumplir con la Normativa Legal vigente en cuanto a Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Identificar los principales riesgos preliminares que podrían generarse a consecuencia de las actividades a ejecutarse en el proyecto.
- Evaluar esos riesgos con el fin de impedir accidentes y efectos nocivos para la salud de quienes trabajan en el proyecto, así como las enfermedades derivadas de ese trabajo.
- Sugerir las medidas que se podrían implementar durante la ejecución del proyecto para minimizar los riesgos, para su incorporación y estructuración detallada en el Plan de Manejo Ambiental.
- Crear una cultura de seguridad y mejorar al ambiente laboral de la construcción.

El alcance cubre la identificación preliminar y la posterior evaluación de riesgos a la seguridad y salud de los trabajadores, que podría derivarse de la ejecución del proyecto.

En base a la ponderación realizada se expresan en la siguiente matriz los riesgos de seguridad y salud ocupacional:

Tabla 8-23 Evaluación de riesgos a la seguridad y salud ocupacional

Directriz afectada	Evaluación Riesgos Seguridad y Salud Ocupacional		
	Acciones		Alcance
Seguridad	Lesión que requiere tratamiento menor	Trivial	
	Lesión que requiere tratamiento y asistencia médica con posibles efectos reversibles. Potencial para lesiones modernas	Tolerable	
S	Cuasi fatalidad de alto potencial (donde se justifica investigación completa)	Moderado	
	Lesión grave con discapacidad permanente	Importante	
	Incidente donde se causen una o varias fatalidades	Intolerable	
Salud	Un caso enfermedad leve que no requiere tratamiento médico	Trivial	
	Caso de enfermedad que requiera tratamiento médico	Tolerable	
	Pequeño número de casos de enfermedades que requieren tratamiento médico	Moderado	
	Un solo caso de enfermedad que causa discapacidad permanente. Múltiples casos de enfermedades de menor gravedad, pero con un impacto generalizado en las operaciones	Importante	
	Enfermedad que ocasiona la muerte, Múltiples casos de enfermedad menor, pero que ocasionan un impacto en el tiempo de ejecución de la obra.	Intolerable	
Medio Ambiente	Área pequeña de poca importancia con daños fáciles de reparar	Trivial	

Directriz afectada	Evaluación Riesgos Seguridad y Salud Ocupacional	
	Acciones	
	Daño menor localizado y reversible	Tolerable
	Daño reversible moderado a corto plazo	Moderado
	Daño grave con reversibilidad a medio plazo	Importante
	Graves daños al ecosistema con un impacto a largo plazo amplio e irreversible.	Intolerable
Seguridad Robos	Pérdida menor por una sola ocasión de material de poco valor	Trivial
	Pérdida una sola vez de material de intermedio valor	Tolerable
	Perdida reiterada de material de intermedio valor	Moderado
	Perdida reiterada de material de alto valor. Violación mayor dela seguridad	Importante
	Pérdida repetida de material de alto valor. Problema de seguridad sistémico.	Intolerable

Elaboración: SAICA-GROUP CIA. LTDA., 2021
Fuente, C. Little Tree., 2021

8.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En aspectos generales, en base a la determinación de riesgos y peligros se puede concluir que el riesgo promedio del área de implantación de proyecto es MODERADO-ALTO, sin embargo, aplicando las medidas preventivas pertinentes (especificadas en el plan de Manejo ambiental en el subplan de contingencias) para las actividades a realizar antes, durante y después de una situación de emergencia y crisis se pueden obtener los menores daños posibles. Es necesario cumplir con las medidas descritas para la minimización de riesgos.

Así mismo se sugiere implementar un plan de evaluación de medidas de contingencias para determinar la efectividad de las respuestas durante una situación de emergencia o crisis y una vez terminada la crisis reevaluar las medidas propuestas en el plan de contingencias para mejorar la respuesta y reducir los daños.

8.11 PLAN DE GERENCIA DE RIESGOS.

El Plan de Gerencia de Riesgos se desarrolla para ayudar a comprender la visión, gestión y Manejo de los riesgos que puedan presentarse durante la vida útil, etapas de construcción y operación del Proyecto de Conexión Vial entre el Sistema Vial Valle de los Chillos y el Sector de "El Arbolito" en la Ciudad de Quito

Las estrategias de contención ante los posibles efectos de uno de los riesgos descritos y prevención de amenazas se establecen en el plan de Manejo ambiental en el subplan de contingencias.

La estructuración y contenido del plan es el siguiente:

- DEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN ESPECÍFICA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO. Con establecimiento de objetivos generales y específicos a conseguir, proponiendo la creación de un comité de seguimiento del desarrollo y cumplimiento del plan. En la prevención y administración de los riesgos y asignación de responsabilidades, se especifican y describen los recursos o herramientas necesarias para ejecutar dichas tareas.
- PLAN DE MANEJO Y GESTIÓN DE RIESGOS. Dentro de las tareas relativas al desarrollo de los estudios, se deberá proponer la adopción estructurada y sistemática de Planes de Manejo de Riesgos – PMR para el proyecto, cuyos principales contenidos podrían ser, entre otros, los siguientes:
- ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS. Se definirá el conjunto de riesgos generales, los cuales a su vez contendrán aquellos otros que puedan aparecer durante la construcción y funcionamiento del Proyecto. Se llevarán a cabo las siguientes tareas:
    - Identificación de los fenómenos naturales, económicos, financieros y sociales potencialmente capaces de engendrar impactos sobre el Proyecto;
    - Definición de la probabilidad de ocurrencia de tales acontecimientos;
    - Valoración (cuantitativa-cualitativa) del riesgo inicial, es decir, previo a la adopción de medidas de prevención y Manejo del riesgo.
- **Determinación de Normas para el Reconocimiento y Monitoreo del Riesgo**, favoreciendo la Gestión Prospectiva sobre el riesgo aún no existente pero que se puede crear a través de nuevas iniciativas de inversión y desarrollo; la Gestión Correctiva, de actuaciones antrópicas diversas desplegadas en el tiempo pasado; la Gestión Reactiva, se refiere al conjunto de acciones de preparación, respuesta y rehabilitación que se desarrollan para hacer frente a la situación de crisis potenciada por un riesgo y la Gestión Compensatoria y Fortalecimiento organizacional.
- **Elaboración de Planes de Implementación de Medidas Específicas**: Dentro del plan de Manejo o gestión del riesgo se elaboran planes de medidas adecuadas a cada uno de los riesgos previstos, concretados y valorados en el área de influencia.

Para ello se identifican las medidas idóneas de planificación, prevención y protección para el control, para reducir la exposición al riesgo (MMCR: Medidas de Mitigación y Control del Riesgo), y procediéndose a la definición de una estrategia de contención de los efectos, priorización de escenarios, análisis, monitoreos y prevención de las amenazas, detallándose los procedimientos, procesos y tareas de mitigación.

La definición de las estrategias a seguir y las directrices para los procesos de identificación, valoración, priorización, y plan de acción de mitigación de los riesgos.

Los planes incluirán la Gestión de la Amenaza (prevención) como de la vulnerabilidad, para reducir las debilidades de los elementos expuestos (mitigación). Igualmente, establecerá los Gestión de la Emergencia o definición de actividades de preparación y respuesta. También incluirá la Gestión de Reconstrucción o actividades de recuperación.

- Medidas de protección: Red de advertencia y respuesta inmediata a desastres, así como para evitar estados de crisis, se basa en intervenciones técnicas y logísticas que incluyen: Monitoreo (estaciones meteorológicas, sismógrafos, entre otros); Comunicación del riesgo y alertas a la comunidad; Sistemas de alerta temprana; Preparación y capacitación en el Manejo del desastre.
- Medidas de reducción del riesgo: Inversiones físicas que permitan prevenir o reducir el impacto negativo de los desastres
- Medidas de transferencia del riesgo: Mecanismos financieros para transferir el riesgo de una a otra parte, por ejemplo, el establecimiento de seguros.

Estas medidas tanto estructurales (p. ej., canalizaciones, obras de defensa, reforestación, etc.), como no estructurales (p.ej. sensibilización respecto de los peligros naturales) se propondrá su difusión a la sociedad considerando prioritario su divulgación (p. ej. a través de proyectos de educación en las escuelas, etc.) y serán las que se deban adoptar para limitar los efectos adversos de las amenazas (peligros) naturales.

- Valoración del Riesgo Residual después de la Adopción de las Medidas Propuestas. Como conclusión del plan se establecerá una valoración del riesgo residual después de la adopción de las medidas propuestas que permita someter a discusión con los agentes afectados su idoneidad, o incluir modificaciones o alternativas motivadas.

Los riesgos residuales son los riesgos restantes, después de considerar y evaluar la eficacia y la eficiencia de los controles. Son los riesgos remanentes una vez que se toman en cuenta los controles (el riesgo neto, o el riesgo después de los controles). De manera similar a los riesgos inherentes, los riesgos residuales se expresan en términos de su impacto y posibilidad de ocurrencia, tras considerar las acciones de gestión de riesgos existentes (la reducción de los riesgos a través de controles mitigantes o de la transferencia del riesgo). Las acciones de aceptación del riesgo por la administración no se consideran en la evaluación de los riesgos residuales. Para los fines de la evaluación de riesgos, la evaluación de los riesgos residuales debe mantenerse sin cambios y con la aceptación de la administración.

- **PROGRAMA DE REVISIÓN PERIÓDICA DE CADA UNO DE LOS ANTERIORES**. Monitorización en fase de ejecución obra, para ello se procederá a la definición de las condiciones para el control y seguimiento de la construcción y posterior uso de las infraestructuras.