



***ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EXPOST DEL
SISTEMA DE TRANSMISIÓN CONFORMADO POR LAS L/T***

***GUANGOPOLO - VICENTINA, MULALÓ - SANTA ROSA -
VICENTINA - POMASQUI - IBARRA - TULCÁN A 138 kV Y SANTA
ROSA - SANTO DOMINGO Y POMASQUI – JAMONDINO I
(PASTO - QUITO I) A 230 kV***

INFORME BASE

CAPÍTULO IX

ANÁLISIS DE RIESGOS



CHARLIEG
Ingeniería y Remediación

9.	ANÁLISIS DE RIESGOS	9-1
9.1	INTRODUCCIÓN	9-1
9.1.1	Alcance	9-1
9.1.2	Objetivos	9-2
9.2	METODOLOGÍA	9-2
9.2.1	Riesgos del entorno al proyecto	9-2
9.2.1.1	Amenaza por procesos geofísicos	9-2
9.2.1.2	Amenaza por procesos geomorfológicos	9-4
9.2.1.3	Amenazas hidrometeorológicas	9-4
9.2.1.4	Amenaza del entorno social	9-5
9.2.1.5	Vulnerabilidad	9-5
9.2.1.6	Riesgos Naturales	9-6
9.2.2	Riesgos endógenos o del proyecto al entorno	9-7
9.2.2.1	Definiciones	9-7
9.2.2.2	Magnitud de riesgo personas	9-8
9.2.2.3	Magnitud de bienes físicos, operación y medio ambiente	9-9
9.3	ANÁLISIS DE RIESGOS DEL AMBIENTE HACIA EL PROYECTO	9-10
9.3.1	Riesgo sísmico	9-10
9.3.1.1	Sismicidad histórica	9-13
9.3.1.2	Zonificación sísmica	9-16
9.3.1.3	Evaluación de riesgo sísmico	9-18
9.3.2	Riesgo volcánico	9-18
9.3.2.1	Índice de explosividad volcánica	9-19
9.3.2.2	Información histórica	9-20
9.3.2.3	Evaluación de riesgo volcánico	9-27
9.3.2.3.1	Análisis de riesgo Volcán Cotopaxi	9-28
9.3.2.3.2	Análisis de riesgo Ninahuilca	9-29
9.3.2.3.3	Análisis de riesgo Volcán Antisana	9-30
9.3.2.3.4	Análisis de riesgo Volcán Guagua Pichincha	9-31
9.3.2.3.5	Análisis de riesgo Volcán Pululahua	9-32
9.3.2.3.6	Análisis de riesgo Volcán Cuicocha	9-33
9.3.2.3.7	Análisis de riesgo Volcán Imbabura	9-34
9.3.2.3.8	Análisis de riesgo Volcán Cayambe	9-35
9.3.2.3.9	Análisis de riesgo Volcán Reventador	9-36
9.3.3	Riesgos a inundaciones	9-37
9.3.4	Riesgos geomorfológicos	9-37
9.3.4.1	Inventario de deslizamientos	9-40
9.3.4.2	Estabilidad de torres	9-47
9.3.5	Riesgos al proyecto por condiciones sociales	9-48
9.4	ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO AL AMBIENTE	9-49
9.4.1	Potenciales riesgos en operación de la línea	9-49
9.4.2	Evaluación de riesgos en operación de la línea	9-49
9.5	MEDIDAS DE CONTROL	9-51
9.6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9-52

TABLAS

CONTENIDO

PAGINA

TABLA No. 9.1 RIESGOS – EVENTOS PRESENTES EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	9-1
TABLA No. 9.2 PELIGROS GEOFÍSICOS E INTENSIDADES	9-3
TABLA No. 9.3 FRECUENCIA Y PROBABILIDAD	9-3
TABLA No. 9.6 VULNERABILIDAD.....	9-6
TABLA No. 9.7 CONSECUENCIAS PARA LAS PERSONAS (C)	9-8
TABLA No. 9.8 ESTIMACIÓN DE EXPOSICIONES (E)	9-8
TABLA No. 9.9 ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD (P)	9-8
TABLA No. 9.10 NIVEL DE CRITICIDAD PARA PERSONAS	9-9
TABLA No. 9.11 CATEGORÍA DE CONSECUENCIAS	9-9
TABLA No. 9.12 CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD	9-9
TABLA No. 9.13 NIVEL DE CRITICIDAD	9-10
TABLA No. 9.14 MAGNITUD SÍSMICA DEL SISTEMA	9-13
TABLA No. 9.15 VALORES DE ZONAS SÍSMICAS	9-17
TABLA No. 9.16 ACELERACIÓN MÁXIMA	9-17
TABLA No. 9.17 RIESGO SÍSMICO.....	9-18
TABLA No. 9.18 CARACTERÍSTICAS DE VOLCANES	9-20
TABLA No. 9.19 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN CUICOCHA	9-21
TABLA No. 9.20 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN PULULAHUA	9-22
TABLA No. 9.21 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN GUAGUA PICHINCHA	9-23
TABLA No. 9.22 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN ÍMBABURA.....	9-24
TABLA No. 9.23 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN ANTISANA	9-25
TABLA No. 9.24 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN COTOPAXI.....	9-26
TABLA No. 9.25 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN ATACAZO	9-26
TABLA No. 9.26 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN CAYAMBE.....	9-27
TABLA No. 9.27 RIESGO VOLCÁNICO COTOPAXI	9-28
TABLA No. 9.28 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-29
TABLA No. 9.29 RIESGO VOLCÁNICO NINAHUILCA.....	9-29
TABLA No. 9.30 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-30
TABLA No. 9.31 RIESGO VOLCÁNICO ANTISANA	9-30
TABLA No. 9.32 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-31
TABLA No. 9.33 RIESGO VOLCÁNICO GUAGUA PICHINCHA	9-31
TABLA No. 9.34 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-32
TABLA No. 9.35 RIESGO VOLCÁNICO PULULAHUA	9-32
TABLA No. 9.36 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-33
TABLA No. 9.37 RIESGO VOLCÁNICO CUICOCHA	9-33
TABLA No. 9.38 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-34
TABLA No. 9.40 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-35
TABLA No. 9.41 RIESGO VOLCÁNICO	9-35
TABLA No. 9.42 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-36
TABLA No. 9.43 RIESGO VOLCÁNICO REVENTADOR	9-36
TABLA No. 9.44 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	9-37
TABLA No. 9.45 NIVEL DE AMENAZA POR PROCESOS HIDROMETEOROLÓGICOS	9-37
TABLA No. 9.46 RIESGO POR INUNDACIÓN	9-37

TABLA No. 9.47 COLUVIONES ANTIGUOS Y RECIENTES.....	9-38
TABLA No. 9.48 TERRAZAS ALUVIALES	9-40
TABLA No. 9.53 DESLIZAMIENTO LT IBARRA TULCÁN	9-45
TABLA No. 9.54 DESLIZAMIENTO LT POMASQUI JAMONDINO.....	9-46
TABLA No. 9.55 ESTABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS INSPECCIONADAS.....	9-47
TABLA No. 9.56 NIVEL DE CRITICIDAD POR OPERACIÓN DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN	9-50
TABLA No. 9.57 MEDIDAS DE CONTROL	9-51

FIGURAS

CONTENIDO

PAGINA

FIGURA No. 9.1. Matriz De Riesgo	9-7
FIGURA No. 9.2. Sismos Registrados en la Zona	9-11
FIGURA No. 9.3. Mapa de Magnitudes Sísmicas.....	9-12
FIGURA No. 9.4. Mapa de magnitudes sísmicas.....	9-17
FIGURA No. 9.5. Amenazas volcánicas potenciales en el Ecuador continental.	9-19
FIGURA No. 9.6. Amenazas volcán Cotopaxi.....	9-28
FIGURA No. 9.7. Amenazas volcán Ninahuilca.....	9-29
FIGURA No. 9.8. Amenazas volcán Antisana.	9-30
FIGURA No. 9.9. Amenazas volcán Guagua Pichincha.	9-31
FIGURA No. 9.10. Amenazas volcán Pululahua.	9-32
FIGURA No. 9.11. Amenazas volcán Cuicocha.	9-33
FIGURA No. 9.12. Amenazas volcán Cotopaxi.....	9-34
FIGURA No. 9.13. Amenazas volcán Cayambe	9-35
FIGURA No. 9.14. Amenazas volcán Reventador.....	9-36

ANEXOS

ANEXO 9.1 MAPAS DE RIESGOS ANEXO MAPAS ATLAS TEMÁTICO

9. ANÁLISIS DE RIESGOS

9.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de riesgo es un método sistemático de recopilación, evaluación, registro y difusión de información necesaria para formular recomendaciones orientadas a la adopción de una posición o medidas en respuesta a un peligro determinado.

El riesgo se evaluará de acuerdo con las condiciones propias que presenta el área de estudio en sus diferentes componentes ambientales y los niveles de riesgo visto desde dos escenarios distintos:

- Riesgos del entorno al proyecto.
- Riesgos del proyecto al entorno.

La evaluación del riesgo involucra la comparación del nivel de riesgo encontrado durante el proceso de análisis con criterios de susceptibilidad que presenta el entorno en cada uno de sus componentes ambientales y sociales.

Para esto se considerará la información dada por los diferentes técnicos, dependiendo de las características que presentan los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos.

La siguiente tabla muestra los Riesgos/ Eventos que se pueden presentar en el proyecto, los impactos exógenos que son los riesgos ambientales que podrían afectar el proyecto, y, los riesgos endógenos que se derriban de la operación del sistema eléctrico.

TABLA No. 9.1 RIESGOS – EVENTOS PRESENTES EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA

No.	Riesgo - Evento
Exógenos	
Eventos relacionados con la naturaleza y fuentes externas	
1	Sismos
2	Volcanismo
3	Geomorfológicos
Endógenos	
Eventos relacionados con las operaciones de L/T	
4	Incendios y explosiones
5	Caída de personas a distinto nivel
6	Ruido
7	Emisión de campos electromagnéticos
8	Contacto eléctrico

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.1.1 Alcance

Este capítulo se enmarca en el análisis de riesgos naturales y antrópicos, identificando los posibles peligros naturales y antrópicos debido a la transmisión de energía eléctrica.

9.1.2 **Objetivos**

Identificar los peligros naturales y antrópicos que puedan generarse en la zona de estudio, así como los que se pudieran provocar por labores propias de la transmisión de energía eléctrica.

Analizar cualitativamente y cuantitativamente los riesgos identificados

9.2 METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología propuesta para la evaluación de riesgos del ambiente hacia el proyecto y del proyecto al ambiente (Ver **Anexo Atlas Temático, Mapa de Riesgos Exógenos y Mapa de Riesgos Endógenos**).

9.2.1 **Riesgos del entorno al proyecto**

A continuación, se describe la metodología utilizada para evaluar las amenazas geofísicas (sismos y erupciones volcánicas), geomorfológicas (remoción en masa) e hidrometeorológicas (inundaciones).

9.2.1.1 **Amenaza por procesos geofísicos**

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]¹; “*Peligro o amenazas, se refiere a la posibilidad de que un determinado fenómeno natural, de una cierta extensión, intensidad y duración, con consecuencias negativas, se produzca*”.

De acuerdo con la CEPAL, existen varios enfoques para estimar el peligro de un sitio, uno de los más utilizados es el modelo frecuencia–intensidad para evaluar la magnitud del peligro.

Intensidad

La identificación de un peligro involucra la determinación de una medida de su intensidad o tamaño, de la frecuencia en la que ocurren los eventos y su área de influencia. La intensidad de un peligro es una medida de su tamaño o de su capacidad para generar daños. (CEPAL), como se detalla en la siguiente tabla:

¹ El impacto de los desastres naturales en el desarrollo: documento metodológico básico para estudios nacionales de caso. CEPAL. LC/MEX/L.694 de fecha 14 de diciembre 2005

TABLA No. 9.2 PELIGROS GEOFÍSICOS E INTENSIDADES

Peligro	Intensidad
Sismo	Información histórica Aceleración máxima del terremoto Zonificación sísmica
Erupción volcánica	Información histórica Índice de explosión volcánica [IEV] Dirección y velocidad del viento (caída de ceniza) Drenajes con tránsito de flujos de lodo

Fuente: CEPAL

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Frecuencia

Para definir la frecuencia² se utiliza el criterio de Petraschek (1995), que determina la frecuencia y probabilidad en tiempo en años con la que se puede presentar un proceso natural, como se detalla en la siguiente tabla:

TABLA No. 9.3 FRECUENCIA Y PROBABILIDAD

Frecuencia		Probabilidad	
Periodo de retorno en años	Términos	Probabilidad de ocurrencia en 50 años	Términos
1 hasta 30	A menudo	100% hasta 80%	Alta
30 hasta 100	Media	80% hasta 40%	Media
100 hasta 300	Rara	40% hasta 16%	Rara
Mayor que 300	Muy rara	Menor que 16%	Nula

Fuente: Petraschek, 1995

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Para efectos de análisis de procesos geofísicos se crea una matriz de doble entrada, en el eje de la X la intensidad y en el eje de la Y la frecuencia, la interacción de las dos variables determina el grado de amenaza, en Alto, Medio y Bajo.

² La calificación de que un fenómeno sea probable que ocurra, muchas veces es ambigua, en vista de que, la recurrencia de un fenómeno en ocasiones no es determinable con la exactitud que se requiere.

TABLA No. 9.4 MATRIZ DE AMENAZAS PARA PROCESOS GEOFÍSICOS E HIDROMETEOROLÓGICOS

Frecuencia	A menudo			
	Media			
	Rara			
	Muy rara			
		Baja	Media	Alta
		Intensidad		
	PELIGRO BAJO: Los procesos naturales no implican amenaza para los seres humanos ni para la infraestructura			
	PELIGRO MEDIO: Los procesos naturales implican un nivel de amenaza que necesita seguimiento con recursos tecnológicos y económicos			
	PELIGRO ALTO: Los procesos geológicos son una amenaza latente que puede producir pérdida de vida humanas y destrucción de infraestructura			

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.2.1.2 Amenaza por procesos geomorfológicos

La evaluación de la amenaza por procesos geomorfológicos se realiza considerando el caso particular de cada torre de la LT, en razón que los procesos geomorfológicos afectan exclusivamente a la estructura de sostenimiento. Para el presente caso se realizó un inventario de las torres que presentan signos de inestabilidad del terreno y que se catalogan como posiblemente **inestables**; en tanto las estructuras que no presentan signos de inestabilidad se consideran como **estables**.

En el área de influencia indirecta se realiza un análisis de susceptibilidad por procesos de remoción en masa, considerando los signos de inestabilidad que presenta el terreno en una franja de 5 kilómetros desde el eje de la L/T, tales como: cicatrices de deslizamiento, deslizamientos residuales, deslizamientos actuales.

9.2.1.3 Amenazas hidrometeorológicas

La evaluación de amenazas hidrometeorológicas se realiza considerando el inventario de torres que se encuentren expuestas a inundaciones, tomando como referencia las zonas determinadas por la INAMHI 2002, teniendo los siguientes resultados:

TABLA No. 9.5 NIVEL DE AMENAZA POR PROCESOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Determinación de zonas propensas a inundarse	Valor	Calificación
Rasgos topográficos favorecen inundaciones	3	Alta
Rasgos topográficos elevados disminuyen probabilidad de inundación	2	Media
Colinas medias	1	Baja
Colinas altas	0	Baja

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.2.1.4 Amenaza del entorno social

En la línea base se observa que la mayoría de los propietarios conocen sobre CELEC EP TRANSELECTRIC, donde cierto nivel de conflictividad se encuentra asociado “a la incertidumbre y falta de información sobre la normativa vigente para franjas de servidumbre. Hace falta aclarar que las L/T se encuentran operativas hace varias décadas por lo que se encuentre pocos propietarios originales de los terrenos donde se implantó la servidumbre de paso de las líneas, muchos de los terrenos han sufrido de parcelamiento y se encuentran en poder de personas que desconocen la normativa sobre las franjas de servidumbre. Cuando se encontró a herederos, recordaban que sus padres o abuelos recibieron la compensación económica por la franja de servidumbre, pero poco recuerdan las limitaciones que significa su presencia. La mayoría de los entrevistados están de acuerdo con la presencia de las L/T o les es indiferente.

Los problemas sociales detectados por desconocimiento de la normativa sobre franjas de servidumbre, son la construcción de algunas edificaciones y el crecimiento de árboles de altura; la primera condición no afecta al mantenimiento ni operación de las L/T pero si puede significar que las personas queden expuestas a los campos eléctrico y magnéticos (este tema se trata en los riegos del proyecto hacia el ambiente); en tanto que, la segunda condición implica que deba enviarse a las cuadrillas de mantenimiento para cortar los árboles pues de dejarlos crecer interferirían con la transmisión de energía eléctrica, esto es controlado con inspecciones periódicas a la franja de servidumbre y de trabajos de mantenimiento de la vegetación.

Cabe resaltar que no se han registrado amenazas sociales de afectación a las torres ni a las líneas de transmisión, no se han detectado actos de sabotaje o terrorismo que pongan en riesgo físico a los elementos de transmisión de energía y/o la continuidad del servicio.

9.2.1.5 Vulnerabilidad

De acuerdo con la CEPAL “*La estimación de la vulnerabilidad de un sistema ante un peligro dado depende de las características del fenómeno y es, a nuestro parecer, la que presenta mayor dificultad entre las actividades del análisis del riesgo.*”

Para el análisis de la vulnerabilidad física de un asentamiento humano o una ciudad, es necesario entender los procesos de daño debido a fenómenos naturales, en la infraestructura y bienes propios del lugar, para luego identificar y evaluar las características que determinan el grado de vulnerabilidad”.

El objetivo es medir el grado de daño a la infraestructura y/o probabilidad de pérdida de vidas, debido a la interacción del elemento en expuesto con los procesos naturales.

Los criterios utilizados para definir la vulnerabilidad están en función de las consecuencias que generaría el proceso geológico, se detallan a continuación.

TABLA No. 9.6 VULNERABILIDAD

Categoría	Consecuencias
6	Catástrofe, numerosas muertes, grandes daños, gran quebranto de las actividades productivas. Pérdidas que superan \$1.000.000
5	Varias muertes. Pérdidas económicas que oscilan entre \$500.00 a \$1.000.000
4	Muertes. Pérdidas económicas que oscilan entre \$100.000 a \$500.000
3	Lesiones extremadamente graves (invalides permanente). Pérdidas económicas que oscilan entre \$1.000 a \$100.000
2	Lesiones graves. Pérdidas económicas inferiores a \$1.000
1	Pequeñas heridas, contusiones, golpes, pequeños daños. Pérdidas económicas inferiores a \$1.000

Fuente: Fine William

9.2.1.6 Riesgos Naturales

El riesgo según la CEPAL “*representa la posibilidad de una pérdida que puede afectar a la vida humana, las propiedades o la capacidad productiva*”.

En los fenómenos físicos capaces de ocasionar daños y la vulnerabilidad que refleja las debilidades humanas, solo se registran los componentes negativos del riesgo, cuando en realidad este es un producto de un juego de fuerzas opuestas. El riesgo no solo es el resultado de la conjunción espacial de dinámicas negativas y dinámicas positivas que tienen el efecto de reducirlo.

La evaluación del riesgo es un proceso que consiste en determinar su naturaleza y extensión para obtener una medida de sus consecuencias en la sociedad. Uno de los enfoques consiste en el análisis de la interacción de los factores de riesgo: amenazas potenciales o peligros y de la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad existentes³.

La ecuación básica de riesgo, por tanto, considera dos parámetros principales: la amenaza del proceso natural y la vulnerabilidad física y social asociada, de este modo para el análisis de riesgos naturales cualitativos⁴ se tiene:

$$R = A \times V$$

Donde:

R = riesgo

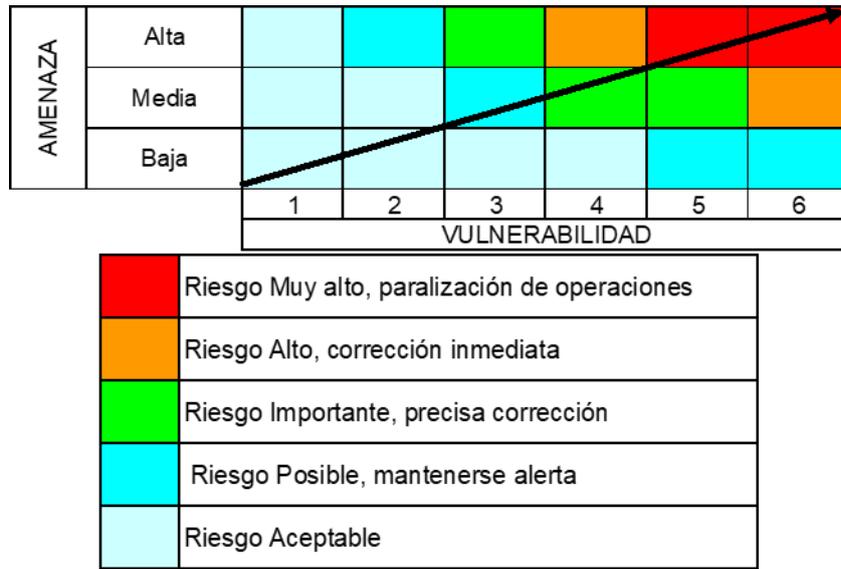
A = amenaza

V = vulnerabilidad

³ Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

⁴ Ogura Agostinho *et. al.* *Procesos y Riesgos Geológicos*, p. 116

FIGURA No. 9.1. Matriz De Riesgo⁵



Fuente: Adaptación de la evaluación de riesgos de Fine y D´ercole

9.2.2 Riesgos endógenos o del proyecto al entorno

El objeto del análisis es la identificación, análisis y evaluación de los factores que pueden influir en la manifestación del riesgo, con la finalidad de que con la información obtenida se pueda evaluar la clase y dimensión de ese riesgo para cuantificarlo, contrarrestarlo o asumirlo.

La identificación y evaluación de riesgos HAZOP⁶ se ha usado con éxito durante muchos años en una gran variedad de aplicaciones; este método cubre sistemáticamente todos los aspectos relacionados con la ingeniería. Su amplio campo de aplicación hace que sea una herramienta confiable, y permite una participación multidisciplinaria.

9.2.2.1 Definiciones

Análisis de riesgo: Es el proceso formal que se realiza durante la vida del proyecto mediante el cual se identifican los factores de riesgo, se analizan y evalúan sus defectos y se definen las acciones a seguir frente a los mismos, con el fin de disponer de una actuación planificada con vista a minimizarlos.

Riesgos: Es un evento probable cuya ocurrencia produce un daño a las personas, bienes físicos, procesos, y/o medio ambiente.

Consecuencia (C): Mide el nivel logrado de severidad que puede revestir los daños a las personas, a los bienes y perjuicios por paralización de la producción, como consecuencia de un incidente.

⁵ La matriz se adaptó de la evaluación de riesgos de Fine y D´ercole

⁶ Flores Juan, www.prevention-world.com

Probabilidad (P): Dice relación con la frecuencia de ocurrencia del evento no deseado y se expresa por medio de una escala de categorías que corresponden al nivel de frecuencia de ocurrencia.

Magnitud de riesgo (MR): Es una medición que permite evaluar y jerarquizar el riesgo en forma cuantitativa, en función de su probabilidad (P), exposición (E) y consecuencia (C).
Matriz de riesgo: Es una matriz que permite relacionar los componentes (procesos, equipos, instalaciones, insumos y suministros) o alternativas del proceso versus los riesgos operacionales.

9.2.2.2 Magnitud de riesgo personas

La magnitud del riesgo (MR), relacionada con las personas, se calcula utilizando las siguientes variables:

TABLA No. 9.7 CONSECUENCIAS PARA LAS PERSONAS (C)

Clasificación	Categoría	Consecuencia
Leve	1	Lesión (es) leve (s) no incapacitantes
Seria	2	Lesión (es) incapacitante (s) temporal (es) y permanente (es) parcial (es)
Grave	4	Pérdida de vida de un trabajador o incapacidad permanente total

Fuente. Flores Juan

TABLA No. 9.8 ESTIMACIÓN DE EXPOSICIONES (E)

Número de veces exposición del trabajador al riesgo			
Anual-semestral	Trimestral-mensual	Semanal	Diaria
1	2	3	4

Fuente. Flores Juan

TABLA No. 9.9 ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD (P)

Categoría	Definición
1	Casi improbable que ocurra
2	Puede ocurrir alguna vez
3	Ocurre regularmente
4	Ocurre la mayor parte de veces

Fuente. Flores Juan

La magnitud del riesgo (MR) permite clasificar el riesgo a las personas, de manera de focalizar y priorizar las acciones correctivas que se deben incorporar en las etapas del proyecto, con el fin de proteger a las personas y dar confiabilidad a los sistemas.

Magnitud del riesgo $MR=C \cdot E \cdot P$

De esta manera se obtiene un ranking priorizado del inventario de riesgo a las personas en el proyecto, el nivel de criticidad de la magnitud del riesgo.

TABLA No. 9.10 NIVEL DE CRITICIDAD PARA PERSONAS

Nivel de criticidad	Rango (MR)
Grave	24 a 64
Serio	16 a 18
Leve	1 a 12

Fuente. Flores Juan

9.2.2.3 Magnitud de bienes físicos, operación y medio ambiente

La magnitud de riesgo relacionado con los bienes físicos con un incidente desencadenado, se aplica las siguientes orientaciones de evaluación.

Clasificación de las consecuencias (C)

Consecuencias probables del sistema, considerando los impactos a los que se encuentra sometido el sistema.

TABLA No. 9.11 CATEGORÍA DE CONSECUENCIAS

Categoría	Definición
1	Insignificante o mínimo impacto
2	Baja severidad - acción local
3	Mediana severidad – apoyo de otras áreas
4	Severa – compromete a toda la organización
5	Muy severa – se afecta a la comunidad

Fuente. Flores Juan

Estimación de la probabilidad (P)

Es relación con la probabilidad de ocurrencia del evento no deseado, que tiene el potencial de producir daño a los bienes físicos y al medio ambiente.

TABLA No. 9.12 CATEGORÍAS DE PROBABILIDAD

Categoría	Definición
6	Se espera que ocurra al menos una vez al año, ocurre la mayor parte de las veces
5	Se espera que ocurra al menos una vez cada 3 años, ocurre regularmente
4	Se espera que ocurra al menos una vez cada 10 años
3	Se espera que ocurra al menos una vez cada 15 años, es raro que ocurra
2	Se espera que ocurra al menos una vez cada 25 años, ha ocurrido
1	Se espera que ocurra al menos una vez cada 90 años, casi imposible que ocurra

Fuente. Flores Juan

Evaluación de la magnitud de riesgo (MR)

La magnitud del riesgo permite clasificar los riesgos para priorizar las acciones de control en las etapas de diseño de los proyectos.

$$MR = C \times P$$

Donde:

MR magnitud de riesgo

C consecuencias

P probabilidad

Para visualizar la clasificación se construye la matriz de gravedad de riesgo, utilizando la categoría de la consecuencia y la probabilidad de ocurrencia del evento, como dimensiones de la matriz

De acuerdo a la magnitud del riesgo se definen 3 niveles de criticidad grave, serio, y leve, según los rangos que se muestran a continuación.

TABLA No. 9.13 NIVEL DE CRITICIDAD

Nivel de criticidad	Rango MR
Grave	15 a 30
Serio	5 a 12
Leve	1 a 4

Fuente. Flores Juan

9.3 ANÁLISIS DE RIESGOS DEL AMBIENTE HACIA EL PROYECTO

La evaluación de riesgos 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 antrópicas.

El análisis de riesgos constituye una herramienta importante para la evaluación de la posible afectación social. Los riesgos pueden ser de dos tipos: endógenos y exógenos.

Se denominan riesgos endógenos a los que se generan dentro de la misma actividad hacia el entorno, mientras que los riesgos exógenos son los que pueden afectar el medio, es decir los riesgos que se puedan producir externamente y puedan afectar la actividad del sistema.

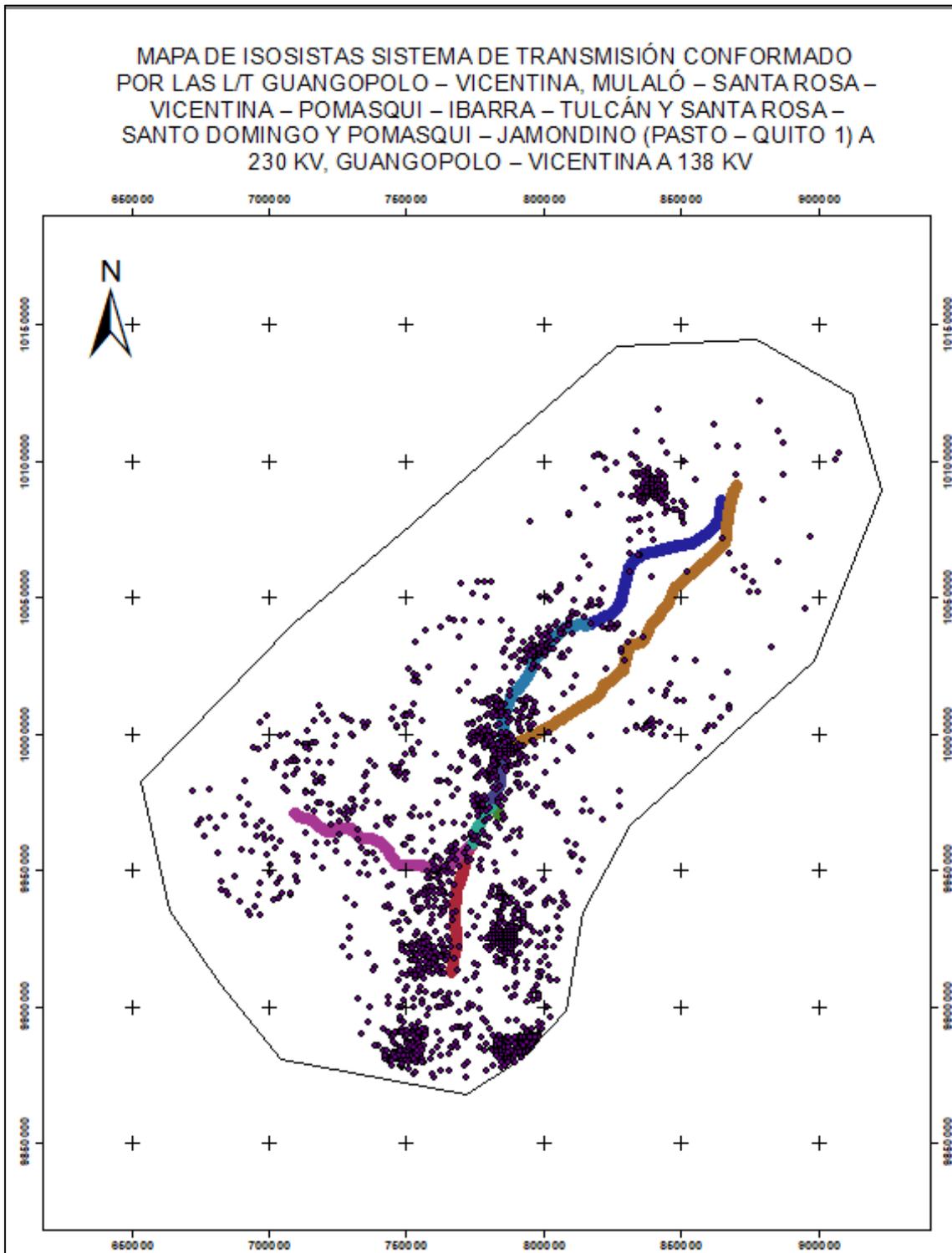
9.3.1 Riesgo sísmico

El Ecuador está ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, borde continental activo, en el que se desarrollan procesos tectónicos complejos. La sismicidad es una consecuencia directa de estos procesos, por lo tanto, el país está expuesto a diferentes grados de riesgo sísmico; el margen a lo largo de la zona de subducción comprendida entre la latitud 4°N y la latitud 3°S corresponde a una zona sísmicamente activa capaz de producir grandes terremotos.

El Ecuador por estar ubicado en el borde continental de una margen activa convergente (choque de las placas de Nazca y Sudamericana), está sometido a un esfuerzo compresivo regional originado por los esfuerzos que se generan al subducirse la placa oceánica (Nazca) bajo la placa continental (Sudamericana).

Se toma como referencia los datos históricos de 2031 sismos proporcionados por el Instituto Geofísico de la EPN desde los años 1933 hasta el 2015, donde se registra la profundidad y la magnitud.

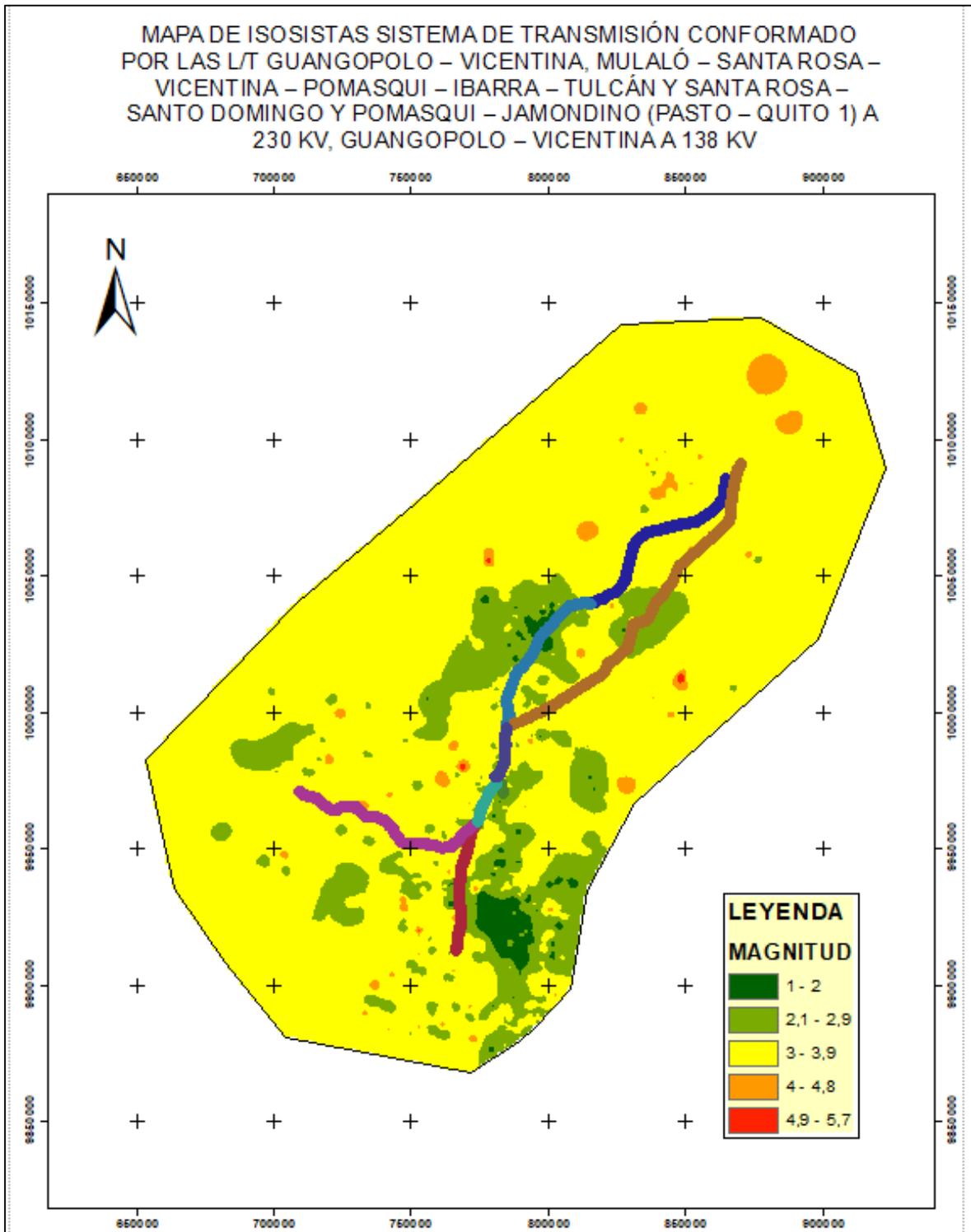
FIGURA No. 9.2. Sismos Registrados en la Zona



Fuente: Escuela Politécnica Nacional
 Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Con la base de datos sísmicos, se procede a generar un mapa de isosistas con cinco niveles donde se identifica que las líneas de transmisión tienen la siguiente incidencia:

FIGURA No. 9.3. Mapa de Magnitudes Sísmicas



Fuente: Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

En la siguiente tabla se identifican las magnitudes sísmicas relacionadas con las líneas de transmisión:

TABLA No. 9.14 MAGNITUD SÍSMICA DEL SISTEMA

LT	Magnitud sísmica				
	1 a 2	2,1 a 2,9	3 a 3,9	4 a 4,8	4,9 a 5,7
SANTA ROSA – SANTO DOMINGO A 230 kV			X		
MULALÓ – SANTA ROSA A 138 kV	X	X	X		
SANTA ROSA – VICENTINA A 138 kV		X	X		
GUANGOPOLO – VICENTINA A 138 kV			X	X	
VICENTINA – POMASQUI A 138 kV			X		
POMASQUI – IBARRA A 138 kV	X	X	X		
IBARRA – TULCÁN A 138 kV			X		
POMASQUI – JAMONDINO I A 230 kV		X	X		

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.1.1 Sismicidad histórica

La sismicidad histórica no señala directamente la ubicación de las estructuras sismo genéticas, sino más bien el grado de afectación sufrida por las poblaciones de acuerdo a los sistemas de comunicaciones

Terremotos de Ibarra de 15 agosto 1868

Los terremotos de Ecuador de 1868 se produjeron el 15 de agosto de 1868 a las 19:30 UTC y el 16 de agosto de 1868 a las 06:30 UTC. Tenían una magnitud estimada de 6,3 y 6,7 MW. Causaron un total estimado de 40.000 hasta 70.000 víctimas (entre muertos y heridos)[cita requerida] y severos daños en la parte noreste de Ecuador y en el suroeste de Colombia. El terremoto del 15 de agosto se produjo cerca de El Ángel, provincia de Carchi, cerca de la frontera con Colombia, mientras que el del 16 de agosto se produjo cerca de Ibarra en la provincia de Imbabura. Los informes de estos terremotos se confunden a menudo con los efectos del terremoto del 13 de agosto en Arica.

Los procesos tectónicos de Ecuador son dominados por los efectos de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa. El alto grado de acoplamiento en el borde de las placas donde la dorsal de Carnegie está siendo seducida bajo el norte de Ecuador produce una deformación intraplaca inusualmente intensa. Las fallas conocidas que se encuentran dentro de la zona de los epicentros incluyen las fallas de San Isidro, El Ángel, Río Ambi y Otavalo, todos con una tendencia SSO-NNE y todas consideradas fallas de desgarre dextrales, a veces con movimiento inverso.

Las localidades de El Ángel y La Concepción fueron severamente sacudidos por el primer terremoto y se describió El Ángel como En ruinas.

El segundo terremoto dejó la ciudad de Ibarra completamente devastada; todos los edificios fueron destruidos y sólo quedaron en pie unas pocas paredes. En la ciudad de Otavalo todas las casas fueron destruidas y murieron 6000 personas. En la provincia de Imbabura se estimó el número de víctimas mortales en 15.000-20.000 personas.

Hubo un sismo premonitor la tarde anterior posiblemente el evento sísmico del 15 de agosto, mientras que el sismo principal se produjo a las 01:30 hora local en la madrugada del 16 de agosto. El temblor del 16 de agosto duró un minuto.

Los esfuerzos de auxilio fueron organizados por Gabriel García Moreno, quien había sido encargado por el gobierno federal. En Ibarra, que había sido totalmente destruido por el terremoto de 1868, se celebra la fiesta del retorno el 28 de abril de cada año para conmemorar el regreso de los habitantes sobrevivientes en el año 1872, tras una ausencia de cuatro años.

Terremoto de Ecuador y Colombia de 31 de enero 1906

El Terremoto de Ecuador y Colombia de 1906 fue un terremoto que azotó las costas de Ecuador y Colombia cerca de la ciudad de Esmeraldas el día 31 de enero de 1906 a las 10:36 . Tuvo una magnitud de 8,8 (Mw) y provocó un tsunami.

El terremoto se produjo a lo largo del límite entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana. Es probable que el terremoto haya sido causado por el proceso normal de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Las zonas costeras de Ecuador y Colombia han sido el epicentro de la mayoría de los terremotos originados entre esos dos países.

La mayoría de los daños se produjeron por culpa del Tsunami en los pueblos de Río Verde en Ecuador. Se estima que el número de muertes es entre 1000 y 1600. El terremoto causó la ruptura de 500 a 600 Km de largo e influyó los terremotos de 1942(7.2), 1958(7.7) y el de 1979(8.2). La coincidencia entre los tres acontecimientos sugiere la presencia de barreras de propagación de menor tamaño en la ruptura de las placas. (A pesar de que estos tres eventos sucedieron en la misma zona de ruptura, solo alcanzaron una quinta parte de la energía liberada por el terremoto de 1906). Además produjo un Tsunami En Tumaco, Colombia las olas del Tsunami alcanzaron una altura de 5 metros. Fueron las olas que alcanzaron mayor altura registrada del tsunami. En Hilo, Hawái las olas alcanzaron una altura de 5,8 metros de altura.

Se ha planteado la idea de que un posible terremoto de una fuerte magnitud podría reazotar a estos países por culpa de la energía que quedó acumulada del terremoto de 1906. Sin embargo, análisis sugieren que, con los tres terremotos posteriores a éste, se liberó gran cantidad de la energía acumulada por el primer terremoto.

Sismo de Quito 10 de agosto 1990

La última vez que Quito sufrió daños por un terremoto fue en 1990, en la noche del 10 de Agosto, en que un temblor de magnitud Mw 5.3 (Mw es una escala universal de magnitud que relaciona la energía sísmica liberada por el terremoto con las características físicas de la falla geológica que lo produce) ubicado a escasos dos kilómetros al norte del epicentro del temblor del día 12 de Agosto de 2014 (Mw 5.1), destruyó casas de adobe y tapial en un radio de 12 km a la redonda, además de algunas construcciones modernas sobre todo en las zonas de Pomasquí y Pusuquí.

Estos dos eventos sísmicos están relacionados con la estructura geológica conocida como la falla o el sistema de fallas de Quito, que corre al Este de la ciudad a lo largo de las pendientes que miran hacia los Valles de Tumbaco y los Chillos, colinas que marcan el borde oriental

de la ciudad y que las conocemos como las lomas del Tablón frente a Amaguaña, Puengasí, Ilumbisí, El Batán, La Bota y Bellavista-Catequilla en el extremo Norte de la estructura pasando Calderón. Se trata de una falla inversa, es decir que uno de los bloques (el de Quito) se levanta respecto del otro (los valles) en contra de la fuerza de gravedad por fuerzas de compresión tectónica que empujan al continente desde el Occidente. Es esta la razón por la que Quito, a fuerza de sismos repetitivos en la historia geológica de su cuenca se levanta unos 400 metros sobre el nivel del Valle Interandino.

Pero éstos no son los únicos sismos provenientes de la falla de Quito que han sacudido a la Capital. El 16 de Mayo de 1923 un patrón de daños más acentuados en las iglesias de un Quito que se extendía a duras penas desde la Villa Flora hasta la Colón hace presumir que el epicentro en esa ocasión se encontró más hacia el centro de la estructura, en el segmento de Ilumbisí. Coincidentemente en Agosto, el día 9 del año 1938, un fuerte temblor sacudió el Valle de los Chillos, especialmente a Alangasí, Sangolquí y el Tingo, sin que pueda descartarse que también se trate de una ramificación oriental del sistema de fallas de Quito. En el siglo XVIII descripciones que pierden claridad por el tiempo transcurrido, dan cuenta de daños menores en las iglesias de la época en 1787 por un sismo local de la falla de Quito.

Pero en 1755 se reporta un evento que sale del patrón típico de comportamiento de los sismos de la falla de Quito que empieza con un movimiento fuerte y súbito seguido de réplicas menores por varios días. El 26 de Abril de dicho año empiezan los quiteños a sentir temblores fuertes y frecuentes que causan temor y ciertos desperfectos, pero es el 28 de Abril, es decir dos días después de haber empezado la secuencia sísmica, que se suelta gran parte de la energía acumulada y daña todos los templos y casas de Quito, provocando que muchos habitantes salgan de la ciudad buscando protección en el campo. Al no haberse reportado otros estragos en pueblos circundantes, es plausible suponer que fue nuevamente la falla de Quito la causante de estos efectos. Las réplicas perduraron al menos por ocho semanas más.

En 1662 hay posiblemente otro evento atribuible a la falla de Quito. En la fachada de la iglesia de San Agustín se lee: “Año de 1660, reventó el volcán de Pichincha. Año de 1662, ocurrió el terremoto”, aunque su relación temporal cercana con la erupción del Guagua Pichincha y la descripción de un deslizamiento importante en el Sincholagua por esas épocas hacen dudar sobre el origen del mencionado sismo que dañó nuevamente iglesias y viviendas.

Finalmente, o más propiamente para iniciar la historia sísmica de la ciudad, está el terremoto de 1587, nuevamente en Agosto, cuando “no vino el temblor avisándonos..., sin ruido; duró obra de dos o tres credos, que si más duraba no quedaba casa ni pared enhiesta” según el padre Provincial de la Compañía de Jesús Juan de Atienza (Burgos, H) y que estuvo ubicado en el extremo Norte de la falla. Investigaciones últimas de sismología histórica le atribuyen una magnitud alrededor de 6.4 (Beauval, Yepes y otros) lo que lo hace cerca de 100 veces más poderoso que el registrado este 12 de Agosto.

En definitiva, en todos los siglos a excepción del XIX, hay uno o más sismos con características alarmantes o destructoras en el sistema de fallas geológicas de Quito, siendo el temblor de este Agosto de 2014 solo una muestra del verdadero potencial sísmico que tienen estas fallas. Otros terremotos provenientes de otras fallas geológicas han causado también muchos estragos en la capital, pero ese es tema para otra discusión.

Sismo Pomasqui 10 agosto de 1990

El 10 de agosto de 1990 a las 22h00 (tiempo local), se produjo un sismo de profundidad somera y magnitud 5.0 en la escala de Richter, localizado a 4 kilómetros al Noreste de Pomasqui, 4.8 kilómetros al Sureste de San Antonio de Pichincha, 10 km al Noroeste de Guayllabamba y 15 kilómetros al Noreste del aeropuerto de Quito.

A pesar de ser un sismo de magnitud moderada, sus efectos fueron notorios: 3 personas muertas y 417 familias damnificadas (5000 personas afectadas aproximadamente), 900 viviendas afectadas con un costo de reparación de alrededor de 770 millones de sucres; daños a monumentos e iglesias coloniales en las zonas de Pomasqui, San Antonio de Pichincha y Calderón; 118 deslizamientos de tierra producidos a lo largo de la Panamericana Norte - entre Guayllabamba y el río Pisque - por lo que dicha vía fue cerrada por tres días en una longitud de 12 kilómetros. Las canteras ubicadas en la zona de Pomasqui fueron cerradas indefinidamente por temor a posibles deslizamientos y colapsos por efecto de las réplicas, lluvias e inestabilidad natural del material.

Los daños causados por este sismo son muy grandes para la magnitud relativamente baja del mismo. Esto se debe a varios factores: la mala calidad del material de construcción (adobe y bahareque), falta de control y vigilancia en el diseño y construcción de las obras; y, efectos de amplificación de la señal sísmica por geología local (suelo arenoso y poco consolidado, lo que produjo una intensidad VII MSK en la zona epicentral).

Fragmentos tomados de: Informes de Actividades del Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional. 1989 - 1990. Junio, 1991

Fuente: Instituto Geofísico

9.3.1.2 Zonificación sísmica

Zonificación sísmica y factor de zona Z para los edificios de uso normal, se usa el valor de Z , que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizada por el valor del factor de zona Z , de acuerdo el mapa de la siguiente figura y tabla:

9.3.1.3 Evaluación de riesgo sísmico

Los potenciales impactos en caso de terremoto:

- Caída de torres
- Ruptura de tensores
- Caída de alambres energizados
- Suspensión de transmisión de energía eléctrica por falta de abastecimiento del Sistema Interconectado
- Pérdida de vidas humanas
- Incendios

En la siguiente tabla se muestra el análisis de riesgo sísmico para el sistema de transmisión (Ver Anexo 9.1 Mapas de Riesgos):

TABLA No. 9.17 RIESGO SÍSMICO

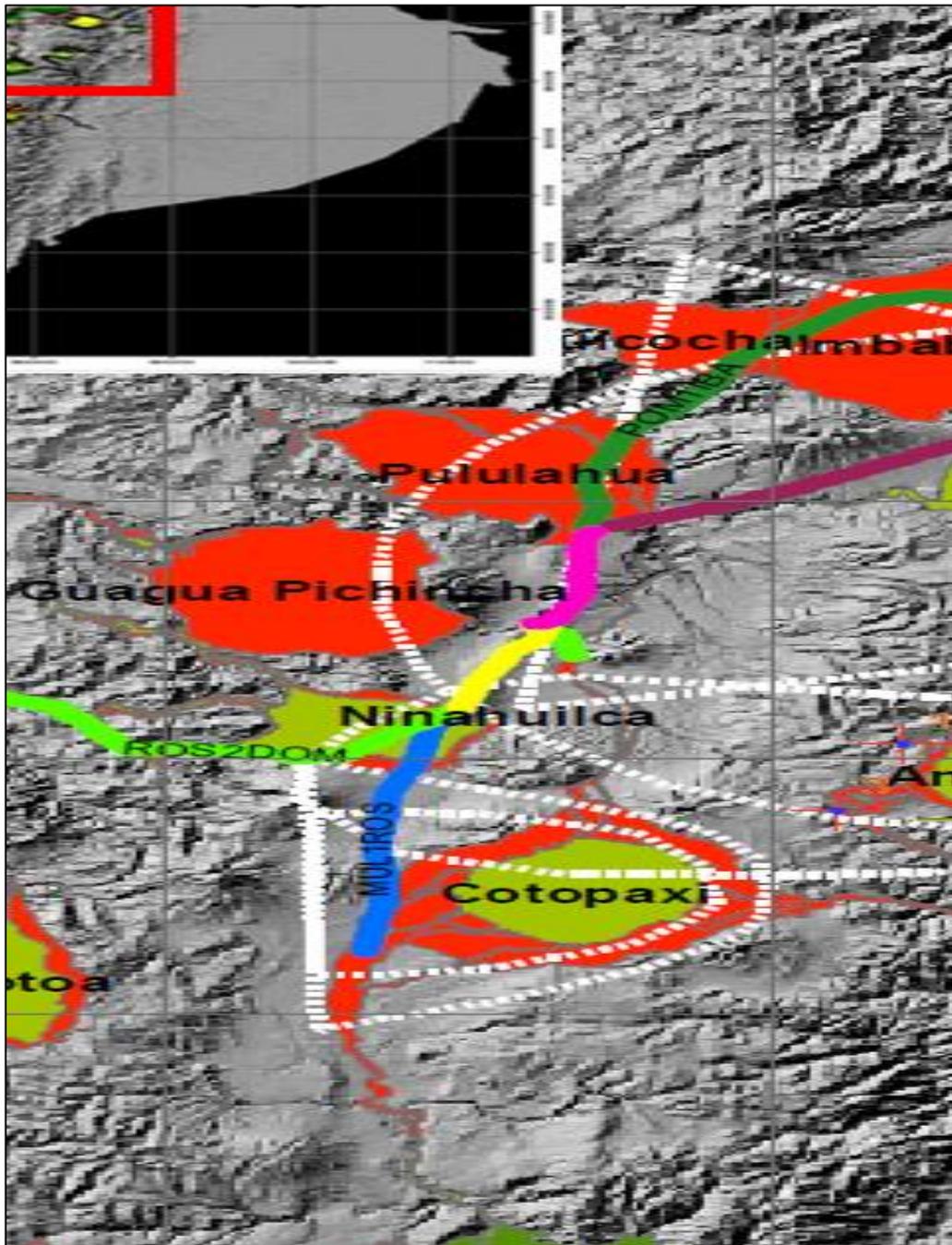
Amenaza (Peligro)					Vulnerabilidad	Riesgo
Nivel de amenaza sísmica (NEC 2015)	Aceleración máxima del terreno (NEC2015)	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Alta	0,35 – 0,40 g	Alta	A menudo	Alto	4	Alto, corrección inmediata

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2 Riesgo volcánico

En el Ecuador continental existen 10 volcanes activos, con relación a la extensión territorial y la porción efectivamente habitada la densidad de los volcanes activos del Ecuador es una de las más altas del mundo.

FIGURA No. 9.5. Amenazas volcánicas potenciales en el Ecuador continental.



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.1 *Índice de explosividad volcánica*

El Índice de Explosividad Volcánica (IEV), tiene 8 grados, con la que los vulcanólogos miden la magnitud de una erupción volcánica; el índice es el producto de la combinación de varios factores, tales como volumen de productos expulsados, altura de la columna eruptiva, duración de la erupción y productos expulsados.

Considerando el trazado de la línea de transmisión los volcanes que tienen influencia son: El Cuicocha, Pululahua, Cotopaxi, Guagua Pichincha.

TABLA No. 9.18 CARACTERÍSTICAS DE VOLCANES

	Lat.	Long.	Erupción	Fatl	Prop	Exp	Piro	ExpFr	Lava	IEV
			1	2	3	4	5	6	7	8
Cuicocha	00.30N	078.37W	<2900 AP					x		0-6
Pululahua	00.05N	078.48W	Holoceno			x	x	x		0-6
Guagua Pichincha	00.17S	078.60W	1881			x	x			2-4
Imbabura	0,256N;	78,182° W	<8000 AP			x	x			0-2
Cotopaxi	00.65S	078.43W	1942	x	x	x	x		x	0-4
Atacaso	0,361° S;	78, 62° W	Hace 2300 años				x		x	0-5
Cayambe	0,03° N;	77,988° W	1786			x	x		x	0-4
Antisana	00.48S	078.13W	1802			x			x	0-2

Fuente: Simkin, T. et al. Volcanoes of the World. (Stroudsburg, Pennsylvania: Hutchinson Ross Publishing Company, 1981). Tomado de Guías para la Mitigación de Riesgos Naturales en las Instalaciones de la Salud de los Países de América Latina (Pan American Health Organization (PAHO) / Organización Panamericana de la Salud (OPS), 1999, 67 p.)

1. Fecha de la última erupción
2. Fatalidades ocasionadas por una o más erupciones
3. Destrucción de tierras agrícolas u otros daños a la propiedad ocasionados por una o más erupciones
4. Una o más erupciones explosivas
5. Flujos piroclásticos y/o explosiones laterales
6. Explosión freática
7. Flujo de lava, domos de lava
8. IEV: Índice de Explosividad Volcánica, combina el volumen total de productos, altura de la nube eruptiva, duración de erupción. 0 (no explosivo), 1 (pequeña), 2 (moderada), 3 (moderadamente larga), 4 (larga), 5 (muy larga), 8 (cataclísmica)

9.3.2.2 Información histórica

Complejo volcánico Cotacachi-Cuicocha

El Complejo volcánico Cotacachi-Cuicocha se encuentra localizado en la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos a 10 km al Este de la ciudad de Cotacachi. Consiste en un estrato-volcán principal (Cotacachi) rodeado de cuatro centros eruptivos: Muyurcu, Loma Negra, Piribuela y Cuicocha. La actividad de este complejo se extiende desde hace alrededor de 0.6 millones de años y su más reciente actividad ocurrió hace 2900 años antes del presente.

El Cuicocha es el centro eruptivo más joven del Complejo Volcánico y se habría desarrollado en los últimos 10.000 años (Von Hillebrandt, 1989); consiste de una caldera con cinco domos dacíticos localizados dentro y alrededor del lago cratérico interno, y tiene un diámetro de aproximadamente 3.5 km.

El volcán Cuicocha empezó con el crecimiento del Domo Cuicocha en el flanco sur del Cotacachi. Durante este periodo ocurrieron colapsos parciales del domo que formaron flujos piroclásticos de bloques y ceniza. Este episodio estaría asociado con importantes caídas de ceniza que afectaron a las comunidades de Otavalo hace aproximadamente 3500 años AP (Athens, 1998). Tras esta actividad el volcán entró en una pequeña pausa hasta hace 3100 años, cuando experimentó una erupción altamente explosiva, que generó importantes flujos piroclásticos y caídas de ceniza, cuyo volumen se estimó en al menos 5 km³. A esta erupción se le atribuye el origen de la caldera actual (Von Hillebrandt, 1989).

Los episodios eruptivos, después de la formación de la caldera, consistieron inicialmente en la generación de oleadas piroclásticas y caídas de ceniza, que fueron seguidas por una fase final de crecimiento de domos dentro de la caldera, que actualmente forman las islas Yeroví y Wolf. La última actividad fue datada hace 2900 años AP y corresponde al domo Wolf.

TABLA No. 9.19 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN CUICOCHA

Nombre	Cuicocha
Coordenadas	0, 368° N; 78, 347° W
Altura	3250 msnm
Diámetro	2 km (Cuicocha) 21 km (Cotacachi)
Tipo de volcán	Caldera Volcánica / lago cratérico (Cuicocha) Estrato-volcán compuesto (Cotacachi)
Última erupción	< 2900 años AP (Cuicocha) Desconocida (Cotacachi)
Estado	Potencialmente activo (Cuicocha) Dormido o inactivo (Cotacachi)
Actividad reciente	Actividad hidrotermal (Cuicocha y Cotacachi)
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales, temperatura

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

Volcán Pululahua

El complejo del Pululahua se encuentra localizado a unos 20 km al norte del perímetro urbano de Quito, prácticamente sobre la línea ecuatorial, colindante con las poblaciones de San Antonio de Pichincha, Calacalí y Pomasqui. El punto más alto de este complejo corresponde a la cumbre de la loma Sincholahua que tiene 3356 msnm. A diferencia de otros volcanes más famosos del Ecuador, el Pululahua no se presenta como una gran montaña de forma cónica, sino que está conformado por varios domos de lava dispersos en una superficie de ~40 km² y por un gran cráter de 3-4 km de diámetro situado entre dichos domos.

El desarrollo geológico del Pululahua puede ser dividido en dos periodos de tiempo característicos: el periodo Pre-Holoceno y el periodo Holoceno. Durante el pre-Holoceno, el Pululahua se caracteriza por formar dos grupos de domos de lava. Estos dos grupos de domos fueron erupcionados en un periodo de tiempo que va entre aproximadamente los 20 mil y los 12 mil años AP, pero no se conoce la cronología detallada de su emplazamiento (Andrade, 2002). Durante el Holoceno, es decir desde hace 11.800 años, la actividad eruptiva del Pululahua se caracteriza por la ocurrencia de al menos seis grandes erupciones explosivas

que dieron lugar a la formación del gran cráter del volcán, entre 2600 y 2400 años antes del presente. Estas erupciones provocaron la migración masiva de la cultura Cotocollao, que se desarrollaba al norte de Quito y que fue seriamente afectada por el proceso eruptivo del Pululahua. En seguida, dentro del cráter recién formado se emplazó otro grupo de domos de lava, entre 2400 y 2200 años antes del presente. Luego de la erupción de estos domos, el Pululahua ha permanecido inactivo hasta la actualidad (Andrade et al., 2012).

TABLA No. 9.20 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN PULULAHUA

Nombre	Pululahua
Coordenadas	0,044° N; 78, 48° W
Altura	3356 msnm
Diámetro	9,7 km
Tipo de volcán	Complejo de domos
Última erupción	Aprox. 2200 años antes del presente
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

Volcán Guagua Pichincha

El volcán Guagua Pichincha se encuentra ubicado a 12 km al oeste de la ciudad de Quito, en la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos. Consiste de un domo, denominado Cristal, ubicado dentro de escarpe de deslizamiento que tiene forma de herradura abierta hacia el occidente. Otros centros eruptivos más antiguos y mucho más voluminosos como Toaza, Guagua Basal y Rucu se encuentran al oriente del centro volcánico activo cuyas fumarolas suelen ser muy notables.

El Guagua Pichincha está formado en su mayoría por rocas de composición dacítica. Varias de las erupciones de los últimos diez mil años fueron muy explosivas y provocaron caídas de cenizas, flujos piroclásticos, así como a domos de lava que posteriormente colapsaron.

Durante la época prehistórica las erupciones de mayor magnitud fueron las ocurridas hace 3700 y hace 1000 años. La erupción histórica del año 1660 fue también muy importante, aunque de menor magnitud que las precedentes. En todos los eventos hubo caídas de ceniza importantes en la ciudad de Quito, así como flujos piroclásticos, colapsos de domos y generación de lahares secundarios en varios sectores del volcán (Robin et al., 2010).

Durante las investigaciones realizadas en excavaciones en el valle de Quito se ha encontrado una amplia evidencia de depósitos de estas caídas de cenizas y lahares secundarios. La caída relacionada con la erupción de 1000 años tiene un espesor de 12 cm en la zona de la Universidad Central. En el Centro Histórico, la caída asociada con la erupción de 1660 tiene un espesor de 4 cm.

TABLA No. 9.21 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN GUAGUA PICHINCHA

Nombre	Guagua Pichincha
Coordenadas	0, 171° S, 78, 609° W
Altura	4776 msnm
Diámetro	13 km (Guagua Pichincha) 26 km (Ruco Pichincha)
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	1999 - 2001
Estado	Activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal y fumarólica
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

Volcán Imbabura

El Imbabura es un tipo de edificio volcánico conocido como “estrato-volcán compuesto”, y se caracteriza por presentar un gran edificio principal de forma cónica alrededor del cual han ido desarrollándose otros edificios más pequeños. En el caso del Imbabura, el edificio principal es conocido con el nombre de Taita Imbabura, y los dos principales edificios más pequeños se los conoce como Loma Artesón (al norte) y Huarmi Imbabura (al sur). La cumbre del Taita Imbabura se encuentra a 4621 msnm.

El desarrollo del Taita Imbabura consistió principalmente de erupciones de coladas de lava y explosiones de pequeña magnitud, que fueron construyendo el edificio poco a poco el gran edificio principal. Debido a su gran tamaño, y por estar atravesado por una falla activa, el edificio del Taita Imbabura experimentó en dos ocasiones la ocurrencia de enormes deslizamientos (volumen > 1 km³) que implicaron amplios segmentos del flanco norte y noroeste del volcán, los cuales destruyeron parcialmente el edificio (Andrade, 2009).

La parte más joven del volcán corresponde al pequeño edificio del Huarmi Imbabura, ubicado al sur del complejo y que empezó a formarse hace aproximadamente 30 mil años, inicialmente con erupciones muy explosivas y luego con emisiones más pasivas de domos de lava. Hay evidencias que muestran que el Imbabura ha tenido erupciones incluso hace 8 mil años (Le Pennec et al., 2010). En vista de esta actividad tan reciente y por estar rodeado de centros urbanos, el Imbabura es clasificado como un volcán potencialmente activo y requiere ser vigilado.

TABLA No. 9.22 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN IMBABURA

Nombre	Imbabura
Coordenadas	0, 256°; 78, 182° W
Altura	4621 msnm
Diámetro	16 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	> 8000 años AP
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	-
Monitoreo	Sismicidad, deformación

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

Volcán Antisana

El Antisana es un gran estrato volcán compuesto, potencialmente activo, cubierto por glaciares y ubicado en la Cordillera Real del Ecuador, unos 50 km al sureste de Quito. Su cumbre alcanza 5758 m con un edificio basal de 13 km de diámetro ligeramente elongado en sentido E-O. Se reconocen dos edificios volcánicos en el Antisana: el Antisana I, que es un edificio viejo y erosionado ubicado en la parte oriental del complejo, y el Antisana II que representa el edificio joven potencialmente activo. La parte superior del edificio es fundamentalmente lávica, con flujos de lava que afloran radiales a la cumbre y cuyos frentes se pueden ver bajo el pie del glacial. En base a los estudios estratigráficos realizados en la zona se ha concluido que el edificio habría crecido durante y posteriormente a la última glaciación del Pleistoceno. Los flancos inferiores del edificio están cubiertos por morrenas y flujos de lava, sin embargo, en las laderas occidentales afloran secuencias espesas de depósitos de flujos piroclásticos y flujos de escombros.

Según Hall et al. (2012) el Antisana II habría experimentado una actividad eruptiva regular desde hace más de 14000 años, registrándose al menos 40 erupciones pequeñas a moderadas en este periodo de tiempo. Este tipo de actividad se habría detenido hace aproximadamente 1000 años o al menos no se tiene un registro geológico claro de actividad más reciente.

En el periodo histórico se presume que han ocurrido al menos 4 erupciones: 1590-1600, 1760, 1773 y 1802. Sin embargo, debido a la situación remota del volcán no existen relatos detallados de las mismas. Las erupciones de 1760 y 1773 fueron erupciones efusivas (flujos de lava) que actualmente han sido asociadas a la Caldera de Chacana y no al Antisana propiamente dicho. La supuesta erupción de 1802 corresponde a un relato de Alexander von Humboldt que refería la presencia de humo cerca del volcán, sin embargo, no existe otra confirmación de este fenómeno.

Actualmente no se observa ningún tipo de actividad fumarólica en el Antisana, sin embargo, algunos montañistas han reportado olor a azufre en las partes altas.

TABLA No. 9.23 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN ANTISANA

Nombre	Antisana
Coordenadas	0, 488° S; 78, 141° W
Altura	5758 msnm
Diámetro	13 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	1590-1600
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal, sismos volcánicos
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Volcán Cotopaxi

El Cotopaxi se encuentra sobre la Cordillera Oriental (Real), a una distancia de 35 km al Noreste de Latacunga y de 45 km al Sureste de Quito. Su edificio forma un cono simétrico con pendientes de hasta 35° y un diámetro basal de ~20 km, mientras que el diámetro del cráter varía entre 800 m en sentido Norte-Sur y 650 m en sentido Este-Oeste. El Cotopaxi está rodeado por páramos que bordean los 3000 msnm y por otros volcanes como Sincholhua (4873 msnm), Quilindaña (4876 msnm) y Rumiñahui (4722 msnm).

El Cotopaxi es considerado uno de los volcanes más peligrosos del mundo debido a la frecuencia de sus erupciones, su estilo eruptivo, su relieve, su cobertura glaciaria y por la cantidad de poblaciones potencialmente expuestas a sus amenazas. Desde el inicio de la conquista española, el Cotopaxi ha presentado cinco grandes periodos eruptivos: 1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1853-1854 y 1877-1880. Dentro de cierto rango, todos los episodios han dado lugar a fenómenos volcánicos muy peligrosos, y no hay duda de que episodios similares volverán a repetirse en el plazo de las décadas. Los cuatro últimos periodos han dado lugar a muy importantes pérdidas socio-económicas en el Ecuador. La peligrosidad del Cotopaxi radica en que sus erupciones pueden dar lugar a la formación de enormes lahares (flujos de lodo y escombros) que transitarían por drenajes vecinos a zonas densamente pobladas como el Valle Interandino entre Mulaló y Latacunga, y una parte del valle de los Chillos. Se ha estimado que actualmente más de 300.000 personas viven en zonas amenazadas por lahares en caso de que se repitan erupciones similares a las ocurridas en los siglos XVIII y XIX. Adicionalmente, la caída de ceniza producida durante una erupción del Cotopaxi podría afectar una parte muy significativa de la Sierra y la Costa del Ecuador.

El Cotopaxi es también uno de los volcanes más vigilados del Ecuador y al cual se dedican una gran parte de los recursos disponibles para el monitoreo. De hecho, la primera estación sísmica permanente dedicada a vigilar un volcán en Sudamérica fue instalada en el Cotopaxi, en 1976. Desde entonces, la red de monitoreo de este volcán ha crecido constantemente hasta la configuración actual, que asegura una vigilancia adecuada de este peligroso volcán.

TABLA No. 9.24 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN COTOPAXI

Nombre	Cotopaxi
Coordenadas	0,683° S; 78,436° W
Altura	5897 msnm
Diámetro	20 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	2015 hasta el presente.
Estado	Activo
Actividad reciente	Actividad fumarólica
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales, desgasificación

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

Volcán Atacazo - Ninahuilca

El Atacazo - Ninahuilca es un volcán poco conocido por la ciudadanía. Su edificio principal, llamado Atacazo, es bastante antiguo y puede ser visto claramente desde el sur de Quito. La parte más joven y potencialmente activa de este complejo, llamada Ninahuilca, está ubicada al Sur-Occidente del Atacazo y conformada por un grupo de domos de lava concentrados al interior de una depresión topográfica de forma rectangular, que cubre una superficie de ~20 km². Por su ubicación, estos domos han pasado prácticamente desapercibidos por la ciudadanía durante mucho tiempo.

El Complejo Volcánico Atacazo - Ninahuilca está compuesto por dos edificios antiguos, La Carcacha y el Atacazo cuyas edades son de 1.3 millones de años para el primero y entre 200 y 80 mil años AP para el segundo. La Carcacha es un edificio principalmente lávico, mientras que el Atacazo tiene varias secuencias de lavas andesíticas y caídas de piroclastos asociadas a su construcción y correspondiente actividad. Los domos más jóvenes han presentado actividad desde hace aproximadamente 12 mil años AP. Estos son de composición dacítica y los productos son principalmente caídas de tephra y depósitos de flujos piroclásticos que han rellenado las diferentes quebradas que circundan al Atacazo y en los drenajes del edificio, donde en la actualidad aún se los puede ver. Parte de estos depósitos de flujos y caídas piroclásticas afloran en la vía Aloag-Santo Domingo y en el sur de Quito. La última actividad de este complejo volcánico corresponde al emplazamiento del domo Ninahuilca Chico II, la misma que se produjo hace 2700 años AP (Hidalgo et al., 2008).

TABLA No. 9.25 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN ATACAZO

Nombre	Atacazo - Ninahuilca
Coordenadas	0.361° S; 78, 62° W
Altura	4455 msnm
Diámetro	18 x 16 km
Tipo de volcán	Complejo volcánico
Última erupción	Hace aprox. 2300 años
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal y fumarólica
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

Volcán Cayambe

El volcán Cayambe está ubicado en la parte Norte de la Cordillera Real del Ecuador, a 60 km al Nor-Oriente de Quito y a tan sólo 15 km al Oriente de la ciudad de Cayambe (20000 habitantes). El Cayambe es un volcán compuesto, formado por varios domos, presentando así varias cumbres, de las cuales la máxima alcanza 5790 m.

Sobre los 4800 m el volcán está cubierto por un importante casquete glaciar que cubre un área aproximada de 22 km² y que alcanza un espesor de alrededor de 30 a 50 m en la zona de la cumbre. Es uno de los complejos volcánicos más grandes del país, cubriendo un área de 24 km en dirección Este-Oeste y 18 km en dirección Norte-Sur. Morfológicamente la zona oriental presenta altas pendientes y topografía accidentada, correspondiendo al edificio joven; mientras que la occidental tiene un relieve más suave y constituye el edificio antiguo.

El Nevado Cayambe es un edificio que ha presentado actividad volcánica en los últimos 11800 años (Hall y Mothes, 1994). Los productos observados en los estudios de campo son principalmente domos o flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares y caídas de lapilli y ceniza (Samaniego et al., 2004). El registro de la actividad más reciente del Cayambe incluye 18 a 20 erupciones en los últimos 4000 años, las mismas que están distribuidas en tres periodos de actividad volcánica (Samaniego et al., 1998). El primer periodo se habría dado entre 3800 y 3500 años AP; el segundo entre 2500 y 1700 años AP; y el último inició hace 1100 años. La última erupción del Cayambe ocurrió en los años 1785-1786 (Ascázubi, 1802) y se la describe como una erupción subglaciar que habría producido caídas moderadas de ceniza en Cayambe y la misma habría terminado con un flujo de lava o un lahar en 1786.

TABLA No. 9.26 CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN CAYAMBE

Nombre	Cayambe
Coordenadas	0,03° N; 77,988° W
Altura	5790 m msnm
Diámetro	24 x 18 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	1785 - 1786
Estado	Activo
Actividad reciente	Fumarolas, sismos volcánicos
Monitoreo	Sísmicidad, deformación, desgasificación

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

9.3.2.3 Evaluación de riesgo volcánico

Los potenciales impactos en la línea de transmisión ante la eventual caída de ceniza volcánica son:

- Si la ceniza acumulada llega a un espesor mayor de 2 milímetros y se mezcla con agua, afectaría los aisladores del cableado⁷
- Material particulado en el ambiente, genera problemas respiratorios y oculares en personal que labora supervisando la línea

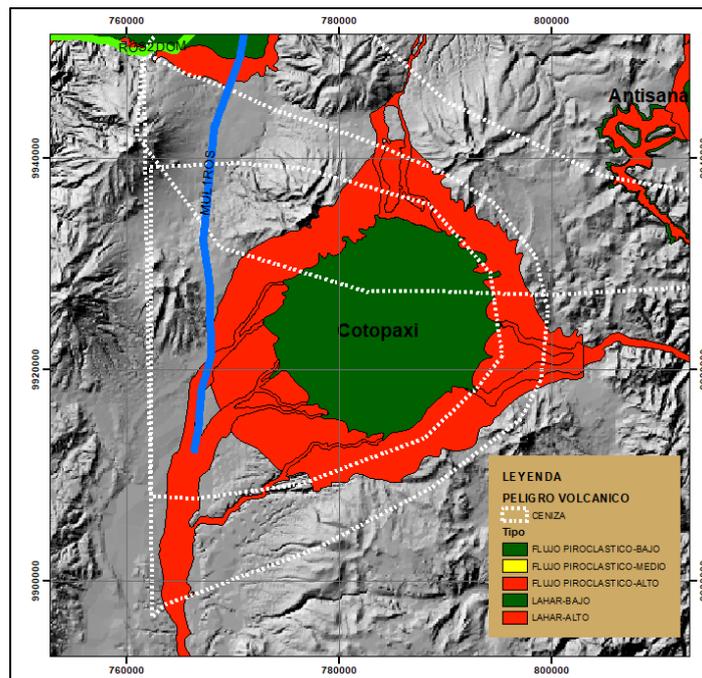
⁷ Estudian efectos de erupciones en la red eléctrica en Costa Rica. www.diarioextra.com

- El depósito de ceniza en aisladores, conductores y equipos eléctricos provoca reducción del nivel de aislamiento y posible caída de conductores⁸
- Daño a los sistemas automáticos de apertura y cierre

Se realiza el análisis de riesgo volcánico en relación a las líneas de transmisión, considerando la presencia de flujos piroclástico y la exposición a caída de ceniza volcánica, por cada uno de los volcanes:

9.3.2.3.1 Análisis de riesgo Volcán Cotopaxi

FIGURA No. 9.6. Amenazas volcán Cotopaxi.



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

TABLA No. 9.27 RIESGO VOLCÁNICO COTOPAXI

Amenaza (Peligro) Volcán Cotopaxi					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Flujo piroclástico	IEV<4	media	rara	Medio	6	Importante
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<4	media	rara	medio	2	Posible

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Los posibles peligros causados por el volcán Cotopaxi en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

⁸ Manual de Procedimientos ante caída de cenizas volcánicas. Caselli A., et al. 2011

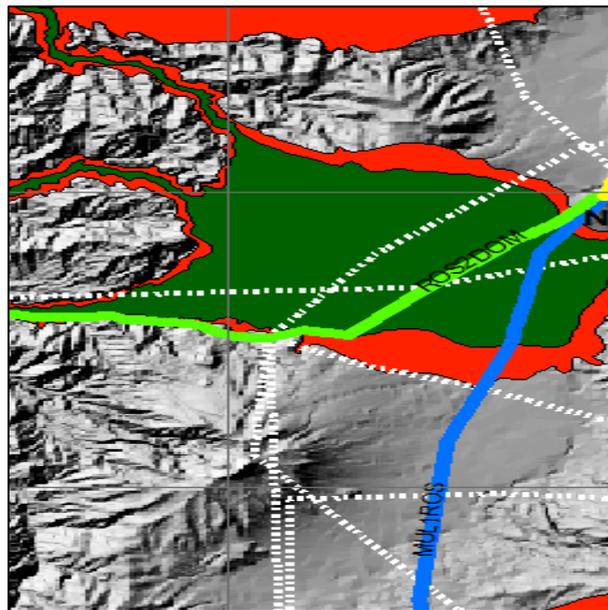
TABLA No. 9.28 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Cotopaxi		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujo piroclástico
LT Mulalo - Santa Rosa 138 kV	x	x
LT Santa Rosa - Santo Domingo	x	

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.3.2 **Análisis de riesgo Ninahuilca**

FIGURA No. 9.7. Amenazas volcán Ninahuilca.



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

TABLA No. 9.29 RIESGO VOLCÁNICO NINAHUILCA

Amenaza (Peligro) Ninahuilca					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Flujo piroclástico	IEV<5	alta	Muy rara	Bajo	6	Posible
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<5	alta	Muy rara	Bajo	2	Aceptable

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Los posibles peligros causados por el volcán Ninahuilca en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

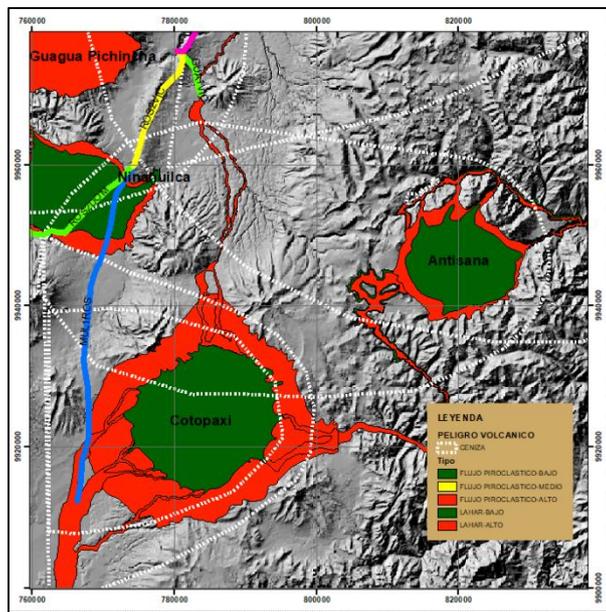
TABLA No. 9.30 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Ninahuilca		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujo piroclástico
LT Mulaló - Santa Rosa 138 kV	X	X
LT Santa Rosa - Santo Domingo 230kV	X	X
LT Santa Rosa - Vicentina 138 kV	X	

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.3.3 Análisis de riesgo Volcán Antisana

FIGURA No. 9.8. Amenazas volcán Antisana.



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

TABLA No. 9.31 RIESGO VOLCÁNICO ANTISANA

Amenaza (Peligro) Antisana					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<2	Media	Muy rara	Bajo	2	Aceptable

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Los posibles peligros causados por el volcán Antisana en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

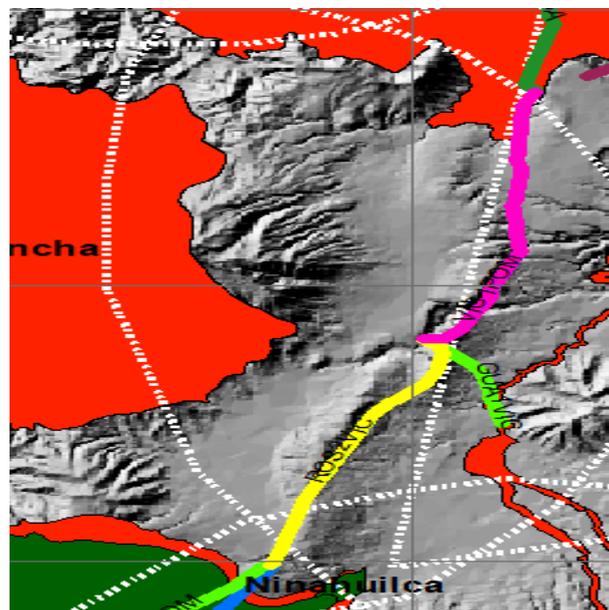
TABLA No. 9.32 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Antisana		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujo piroclástico
LT Mulalo - Santa Rosa 138 kV	x	
LT Santa Rosa - Santo Domingo 230kV	x	
LT Santa Rosa - Vicentina 138 kV	x	

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.3.4 Análisis de riesgo Volcán Guagua Pichincha

FIGURA No. 9.9. Amenazas volcán Guagua Pichincha.



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

TABLA No. 9.33 RIESGO VOLCÁNICO GUAGUA PICHINCHA

Amenaza (Peligro) Guagua Pichincha					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<4	Media	Muy rara	Bajo	2	Aceptable

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Los posibles peligros causados por el volcán Guagua Pichincha en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

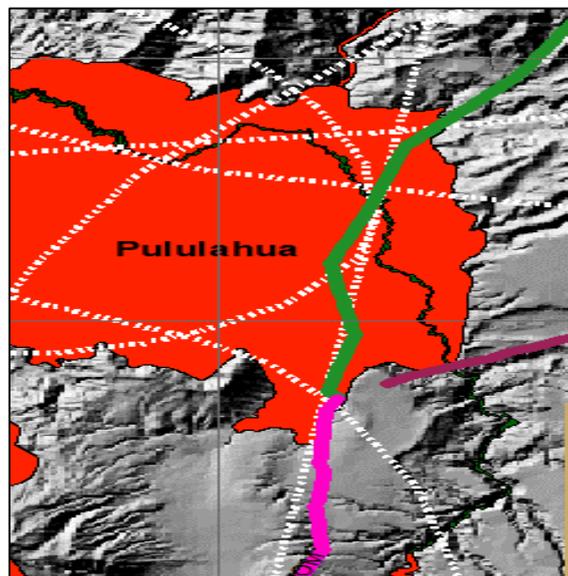
TABLA No. 9.34 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Guagua Pichincha		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujo piroclástico
LT Mulaló - Santa Rosa 138 kV	x	
LT Santa Rosa - Santo Domingo 230kV	x	
LT Santa Rosa - Vicentina 138 kV	X	
LT Guangopolo – Vicentina 138 kV	X	
LT Vicentina Pomasqui	X	

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.3.5 **Análisis de riesgo Volcán Pululahua**

FIGURA No. 9.10. Amenazas volcán Pululahua.



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

TABLA No. 9.35 RIESGO VOLCÁNICO PULULAHUA

Amenaza (Peligro) Pululahua					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Flujo piroclástico	IEV<6	Alta	Muy rara	Baja	6	Muy Alto
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<6	Alta	Muy rara	Bajo	2	Aceptable

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Los posibles peligros causados por el volcán Pululahua en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

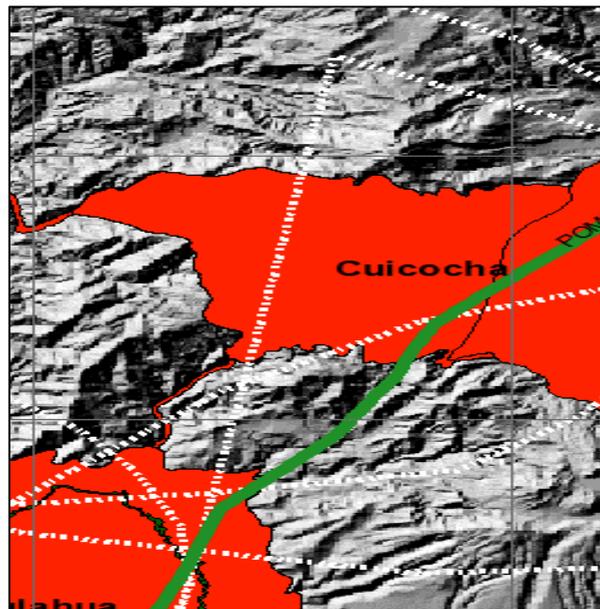
TABLA No. 9.36 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Pululahua		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujos piroclásticos
LT Pomasqui Ibarra	X	x

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.3.6 Análisis de riesgo Volcán Cuicocha

FIGURA No. 9.11. Amenazas volcán Cuicocha.



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

TABLA No. 9.37 RIESGO VOLCÁNICO CUICOCHA

Amenaza (Peligro) Cuicocha					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Flujo piroclástico	IEV<6	Alta	Muy rara	Baja	6	Muy Alto
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<6	Alta	Muy rara	Bajo	2	Aceptable

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Los posibles peligros causados por el volcán Cuicocha en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

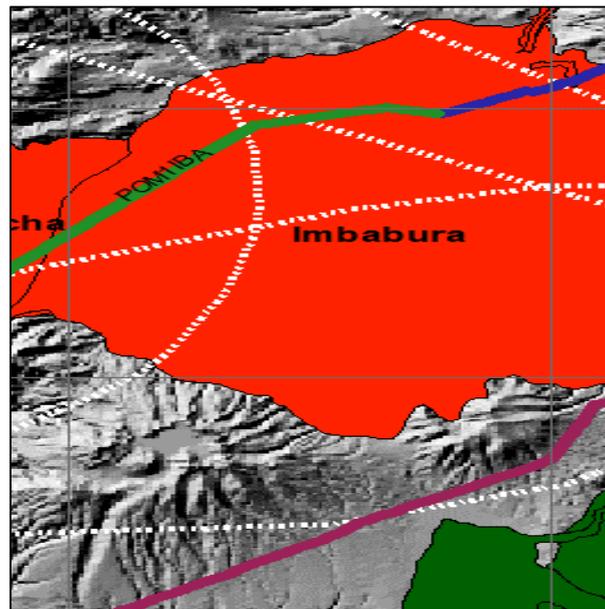
TABLA No. 9.38 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Cuicocha		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujos piroclásticos
LT Pomasqui Ibarra	X	x

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.3.7 **Análisis de riesgo Volcán Imbabura**

FIGURA No. 9.12. Amenazas volcán Cotopaxi.



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

TABLA No. 9.39 RIESGO VOLCÁNICO IMBABURA

Amenaza (Peligro) Imbabura					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Flujo piroclástico	IEV<2	Media	Muy rara	Baja	6	Muy Alto
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<2	Media	Muy rara	Bajo	2	Aceptable

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

Los posibles peligros causados por el volcán Imbabura en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

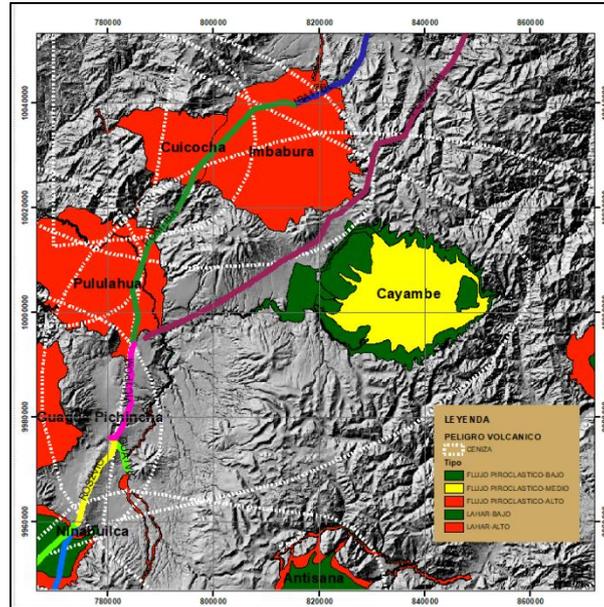
TABLA No. 9.40 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Imbabura		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujos piroclásticos
LT Pomasqui Ibarra	X	x
LT Ibarra Tulcán	X	X
LT Pomasqui Jamondino	X	

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.3.8 Análisis de riesgo Volcán Cayambe

FIGURA No. 9.13. Amenazas volcán Cayambe



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

TABLA No. 9.41 RIESGO VOLCÁNICO

Amenaza (Peligro) Cayambe					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<4	Media	Muy rara	Bajo	2	Aceptable

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Los posibles peligros causados por el volcán Cayambe en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

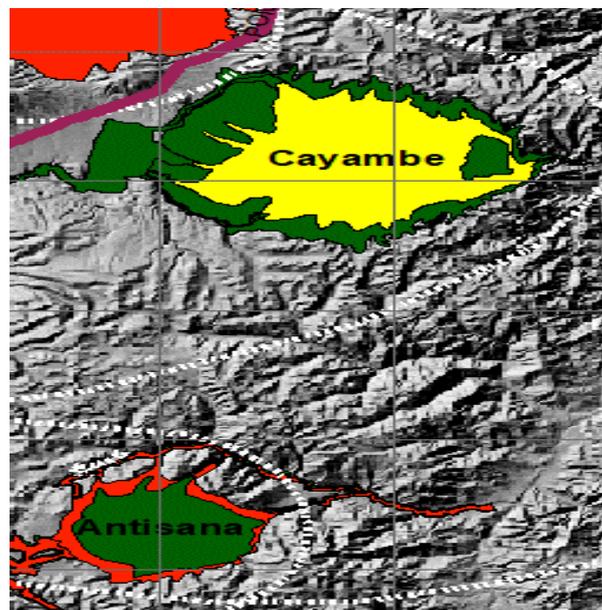
TABLA No. 9.42 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Cayambe		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujos piroclásticos
LT Guangopolo Vicentina	X	
LT Vicentina Pomasqui	X	
LT Pomasqui Ibarra	X	
LT Pomasqui Jamondino	X	

Elaborado por: Charlie Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.2.3.9 *Análisis de riesgo Volcán Reventador*

FIGURA No. 9.14. Amenazas volcán Reventador



Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

TABLA No. 9.43 RIESGO VOLCÁNICO REVENTADOR

Amenaza (Peligro) Reventador					Vulnerabilidad	Riesgo global
Tipo de peligro	Índice de Explosividad Volcánica	Intensidad	Frecuencia	Peligro global		
Caída de ceniza (espesor <1mm)-	IEV<4	Baja	A menudo	Medio	4	Importante

Fuente: Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional

Elaborado por: Charlie Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

Los posibles peligros causados por el volcán Reventador en relación con las líneas de transmisión es la siguiente:

TABLA No. 9.44 AFECTACIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Volcán Reventador		
Línea de Transmisión	Ceniza	Flujos piroclásticos
LT Guangopolo Vicentina	X	
LT Vicentina Pomasqui	X	
LT Pomasqui Ibarra	X	
LT Pomasqui Jamondino	X	
LT Santa Rosa Vicentina	X	

Fuente: INAMHI 2002

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.3 Riesgos a inundaciones

En base a la información proporcionada por el INAMHI del 2002, se realiza el cruce con las líneas de transmisión, donde se identifican las estructuras con amenaza a inundación (Ver Anexo 9.1 Mapas de Riesgos).

TABLA No. 9.45 NIVEL DE AMENAZA POR PROCESOS HIDROMETEOROLÓGICOS

LT	Estructuras
Santa Rosa Santo Domingo 230 kV	E026-E028, E145-E149, E154, E155
Mulaló-Santa Rosa 138kV	E122-E141, E211-E213, E233-E241
Santa Rosa-Vicentina 138kV	E003-E008
Pomasqui-Ibarra 138kV	E065-E070, E164, E165
Vicentina-Pomasqui 138kV	E032-E033
Pomasqui - Jamondino I (Pasto Quito I) – a 230 kV.	E057-E156, E158, E165, E159

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

TABLA No. 9.46 RIESGO POR INUNDACIÓN

Zonas propensas	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo global
Lomas medias	Media	2	Aceptable
Lomas Altas	Medio	2	Aceptable

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.4 Riesgos geomorfológicos

El análisis de riesgos por procesos geomorfológicos se realiza en dos fases. La primera en base a la interpretación geomorfológica a escala 1:25000 realizada por el MAGAP, está relacionada con las líneas de transmisión, considerando una franja de 300 m, a cada lado del eje de la línea; y la segunda fase consta de la interpretación geomorfológica a escala 1:5000 donde se determinó un inventario de deslizamiento.

Existen estructuras que se encuentran dentro de las geoformas de coluviones antiguos y recientes (deslizamientos); otro grupo de estructuras se encuentran a una distancia aproximada de 50 m como detalla la siguiente tabla, mismas que se pueden considerar como estructuras más vulnerables:

TABLA No. 9.47 COLUVIONES ANTIGUOS Y RECIENTES

GEOFORMA	ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)
POMASQUI – JAMONDINO I (PASTO – QUITO I) A 230 kV		
COLUVIONES ANTIGUOS	E125, E126	Sobre
	E123	Sobre
	E121, E122	Sobre
	E010	Sobre
	E182	328
	E154	189
	E152	68
	E149	56 - 120 - 214
	E148	150 - 173
	E142	195 - 150
COLUVIONES RECIENTES	E201	164
	E194	205
	E112	226
	E024	200
	E023	221
	E022	83
	E008	267
IBARRA – TULCÁN A 138 kV		
COLUVIONES ANTIGUOS	E064	137
	E062	178
	E059	55
	E038 a E040	Sobre
	E036, E037	Sobre
	E033 a E035	Sobre
	E030 a E032	Sobre
	E027, E028	Sobre
	E018	250
E017	115 - 229	
COLUVIONES RECIENTES	E047	245
	E046	268
	E149	159
	E148	124
	E147	325 - 279
	E146	234
	E123	283
POMASQUI – IBARRA A 138 kV		
COLUVIONES ANTIGUOS	E167	300
	E113	Sobre
	E111	Sobre
	E109	Sobre
	E090	Sobre
	E065	176
	E055	109
	E054	34 - 182
	E053	280 - 274
E052	89 - 248	

ANÁLISIS DE RIESGOS

GEOFORMA	ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)
	E51D	229
	E51C	256
COLUVIONES RECIENTES	E157	261 - 178
	E135	202 - 237
	E134	251
	E089	173
	E087	203
	E086	213
	E077	159
	E074	270
	E060	240
	E059	159
E058	219	
VICENTINA – POMASQUI A 138 kV		
COLUVIONES ANTIGUOS	E026	40
	E025	18
	E024	221
	E021	156
	E017	181
	E013	212
	E012	142
	E011	159 - 111
	E010	194
	E006	186
COLUVIONES RECIENTES	E047	219
	E022	188
	E021	217
SANTA ROSA – VICENTINA A 138 kV		
SUPERFICIE DE COLUVIÓN MUY ANTIGUO	E032	152
	E028 - E030	Sobre
	E027A	115
GUANGOPOLO – VICENTINA A 138 kV		
SUPERFICIE DE COLUVIÓN MUY ANTIGUO	E008 - E012	Sobre
COLUVIONES RECIENTES	E013	252
SANTA ROSA – SANTO DOMINGO A 230 kV		
COLUVIONES ANTIGUOS	E059	Sobre
	E136	55
	E137	203 - 200
	E138	Sobre
	E139	61
	E146	Sobre
COLUVIONES RECIENTES	E145	123
	E033	227
	E051	54
	E060	164
	E075	215
E078	285	

GEOFORMA	ESTRUCTURA	DISTANCIA (m)
	E100	46 - 83
	E152	124
	E153	256

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

En la LT Santa Rosa – Santo Domingo se evidencian geoformas de origen fluvial, siendo esta susceptible a erosión lateral de cause. En la siguiente tabla se muestra las estructuras que tienen incidencia a este proceso:

TABLA No. 9.48 TERRAZAS ALUVIALES

GEOFORMA	CÓDIGO DE ESTRUCTURA
Terraza colgada fluvial	E139 a E142
Terrazas escalonadas	E152, E153
Escarpe de terraza	E143, E144
Terraza media	E076, E079, E080, E082 a E085, E150, E151, E154
Terraza baja y cauce actual	E073, E077, E081
Valle fluvial	E122 a E128, E131a, E131b, E132, E145, E147 a E149

Fuente: SIGTIERRAS-IEE

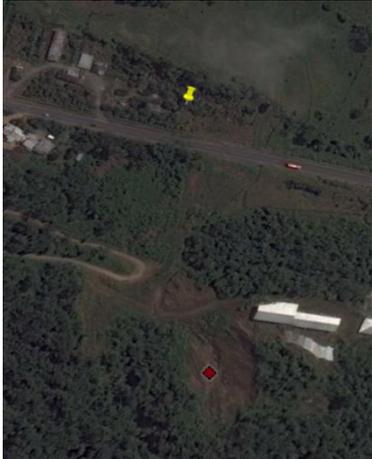
Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.4.1 Inventario de deslizamientos

Considerando una franja de 300 metros desde el eje de la línea de transmisión, en base al Modelo Digital del Terreno, se interpretó los rasgos de inestabilidad. Se han identificado las siguientes áreas:

LT Santa Rosa - Santo Domingo

TABLA No. 9.49 DESLIZAMIENTOS LT SANTA ROSA – SANTO DOMINGO

	
<p>E136.- se encuentra a una distancia aproximada de 60 metros de la estructura, con avance directo a la misma</p>	<p>E158.- deslizamiento superficial, se encuentra a una distancia aproximada de 150 metros, no representa amenaza a la estructura</p>
	
<p>E147.- se encuentra a una distancia aproximada de a140 metros, no representa amenaza a la estructura</p>	<p>E075.- se encuentra a una distancia aproximada de a 200m, no representa amenaza a la estructura</p>

	
<p>E060.- se encuentra a una distancia aproximada de a 160m</p>	<p>E51.- se encuentra a una distancia aproximada de a 10 m</p>

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

TABLA No. 9.50 DESLIZAMIENTOS LT GUANGOPOLO VICENTINA

	<p>E008-E012.- Se encuentran implantadas en un gran deslizamiento antiguo, no se observa inestabilidad de las estructuras</p>
---	--

TABLA No. 9.51 DESLIZAMIENTO LT VICENTINA POMASQUI

<p>E10-E13.- en este tramo se observa 2 deslizamientos muy cercanos, son de considerables dimensiones, no representan amenaza para las estructuras</p>	<p>E21-E23.- los deslizamientos en este tramo no representa amenaza a la línea de transmisión</p>
<p>E25-E26.- las estructuras están a pocos metros de este coluvión antiguo, no se observa comprometida la estabilidad de las mismas.</p>	<p>E51.- en la llegada a la SE Pomasqui, se presenta una cantera de material a 300 metros de distancia, actualmente no presenta problemas de estabilidad.</p>

TABLA No. 9.52 L/T POMASQUI IBARRA

	
<p>E51D a 270 m -E52 a 80m.- el coluvión que muestra erosión constante en dirección a las estructuras, no presenta amenaza.</p>	<p>E53 a E55.- presenta varios deslizamientos acompañados de erosión a la margen derecha de la LT, no representa amenaza a las estructuras</p>
	
<p>E59 a 250m E60 a 330m.- se encuentran estables y fuera del área de influencia del deslizamiento</p>	<p>E89.- se encuentra a 30 m, del deslizamiento, de presentase un avance del mismo podría afectar la estabilidad de la estructura</p>

	
<p>E135.- ubicada a aproximadamente 100 m de un pequeño deslizamiento, no representa problemas a la estabilidad de la torre</p>	<p>E143 - E145.- en esta zona se hay actividad minera, de no realizar esta actividad de manera técnica afectaría a las torres</p>

TABLA No. 9.53 DESLIZAMIENTO LT IBARRA TULCÁN

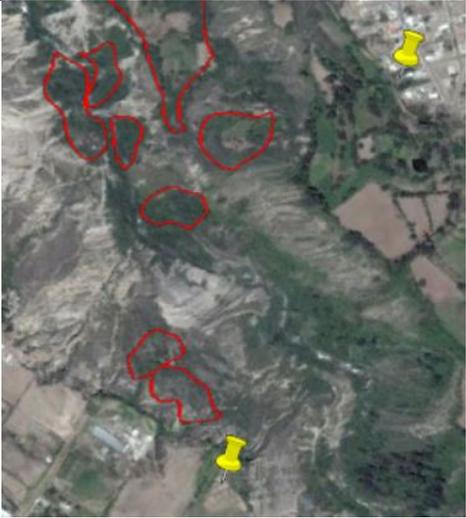
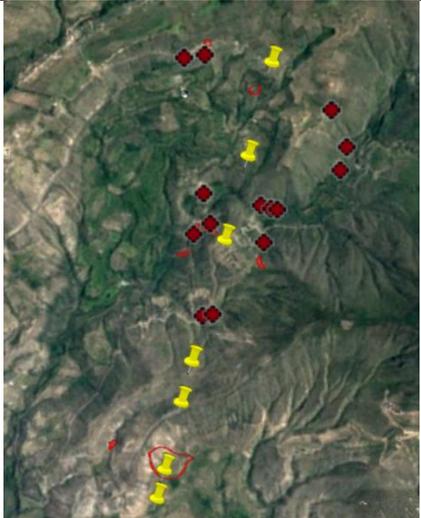
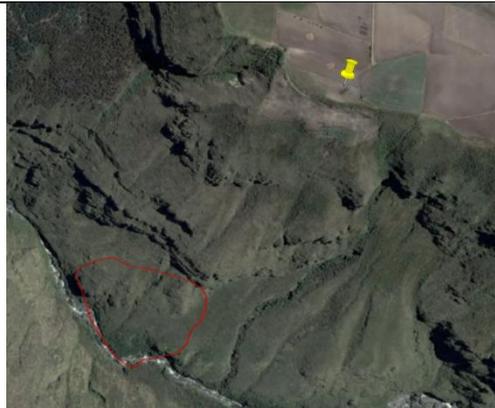
	
<p>E17 se encuentra a 50 m, del deslizamiento, de presentase un avance del mismo podría afectar la estabilidad de la estructura</p>	<p>E59-E64.- se identifican pequeños deslizamientos en este tramo, ninguno de estos puede ocasionar afectación en la torre</p>

TABLA No. 9.54 DESLIZAMIENTO LT POMASQUI JAMONDINO

	
<p>E22.- se encuentra a 60 m, del deslizamiento, de presentase un avance del mismo podría afectar la estabilidad de la estructura</p>	<p>E23.- se encuentra a 100 m, del deslizamiento, de presentase un avance del mismo podría afectar la estabilidad de la estructura</p>
	
<p>E112.- el deslizamiento se encuentra a 130 m, del deslizamiento, no afecta a la estabilidad de la estructura</p>	<p>E142.- el deslizamiento se encuentra a 100 m, del deslizamiento, no afecta a la estabilidad de la estructura</p>
	
<p>E148.- el deslizamiento se encuentra a 140 m, del deslizamiento, no afecta a la estabilidad de la estructura</p>	<p>E149.- el deslizamiento se encuentra a 40 m, del deslizamiento, no afecta a la estabilidad de la estructura, de presentase un avance del mismo podría afectar la estabilidad de la estructura</p>

	
<p>E152.- el deslizamiento se encuentra a 40 m, del deslizamiento, no afecta a la estabilidad de la estructura, de presentase un avance del mismo podría afectar la estabilidad de la estructura</p>	<p>E155.- el deslizamiento se encuentra a 50 m, del deslizamiento, no afecta a la estabilidad de la estructura, de presentase un avance del mismo podría afectar la estabilidad de la estructura</p>

9.3.4.2 Estabilidad de torres

En el recorrido por el eje de la línea de transmisión, se determinó las estructuras que presenten rasgos de inestabilidad. A continuación, las estructuras con signos de inestabilidad:

TABLA No. 9.55 ESTABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS INSPECCIONADAS

LT Santa Rosa - Santo Domingo a 230 kV	
Estructuras Revisadas	Estabilidad
E006, E010, E012, E022, E032, E038, E039, E040, E041, E044, E047, E059, E067, E073, E081, E090, E091, E135, E154, E155, E156, E166, E167, E171, E172	Alta
E051, E053, E054, E075, E136	Media
	Baja
LT Mulaló - Santa Rosa a 138 kV	
Estructuras Revisadas	Estabilidad
E128, E130, E136, E146, E148, E165, E170, E179, E181, E189, E204, E208, E218, E228, E236, E245	Alta
	Media
	Baja
LT Santa Rosa - Vicentina a 138 kV	
Estructuras Revisadas	Estabilidad
E030, E027, E021, E010, E006, E037, E043	Alta
	Media
	Baja
LT Vicentina - Pomasqui a 138 kV	
Estructuras Revisadas	Estabilidad
E001, E005, E013, E014, E021, E030, E036, E039, E050	Alta
E008, E010, E025, E026	Media
E002	Baja
LT Pomasqui - Ibarra a 138 kV	
Estructuras Revisadas	Estabilidad

E051B, E051C, E051D, E052, E062, E075, E094, E109, E120, E126, E130, E168	Alta
	Media
	Baja
LT Ibarra - Tulcán a 138 kV	
Estructuras Revisadas	Estabilidad
E001, E007, E011, E012, E014, E018, E019, E021, E022, E030, E032, E036, E037, E042, E050, E051, E052, E054, E069, E076, E078, E081, E085, E086, E096, E095, E099, E100, E113, E116, E117, E118, E119, E120, E121, E127, E128, E143, E149, E150, E160, E171, E172, E174	Alta
E020, E167, E169	Media
	Baja
LT Pomasqui Jamondino a 230 kV	
Estructuras Revisadas	Estabilidad
E006, E011, E016, E019, E027, E038, E042, E050, E052, E053, E065, E071, E074, E075, E080, E111, E112, E115, E116, E119, E121, E128, E130, E137, E139, E141, E146, E147, E148, E155, E167, E173, E177, E178, E183, E197, E210, E213, E214, E219, E229	Alta
E085, E095, E126, E127	Media
	Baja
LT Guangopolo Vicentina a 138 kV	
Estructuras Revisadas	Estabilidad
E002, E003, E010	Alta
E017	Media
	Baja

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.3.5 Riesgos al proyecto por condiciones sociales

Con respecto a las amenazas antrópicas por las condiciones sociales del entorno a las líneas de transmisión eléctrica, la probabilidad de ocurrencia de éstas es POCO PROBABLE, pues las líneas de transmisión han sido asumidas como parte del entorno o del paisaje. Dada la dinámica de crecimiento poblacional y al fraccionamiento de los terrenos, debe informarse a los propietarios sobre la normativa relacionada a las franjas de servidumbre para evitar que se construyan en esta franja edificaciones o se siembre árboles de altura.

Por otra parte, el desconocimiento de los propietarios actuales de los terrenos que poseen servidumbre, de los pagos realizados a los propietarios originales, puede significar reclamos futuros hacia CELEC EP; por lo que es recomendable que al informar sobre la normativa relacionada a las franjas de servidumbre se informe también que las franjas fueron objeto de un pago.

9.4 ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO AL AMBIENTE

A primera instancia se deberá identificar si el Riesgo - Evento puede estar presente en el área- proceso. En segundo término, aceptando que el Riesgo - Evento puede estar presente, se preguntará: ¿Qué pasa si se desencadena el evento o riesgo identificado?

Una vez que se ha identificado los eventos - riesgos que puedan afectar al proceso - área, se inicia la Evaluación del riesgo y se calcula su magnitud.

9.4.1 *Potenciales riesgos en operación de la línea*

Los eventos relacionados con la operación de la línea de transmisión se detallan a continuación.

- Incendios y explosiones: Línea energizada expuesta a incendios y explosiones
- Caída de personas a distinto nivel: riesgo asociado a trabajos de mantenimiento de las estructuras y línea de transmisión
- Ruido: La transmisión de energía eléctrica genera ruido y vibraciones que pueden superar los límites permitidos por la normativa ambiental vigente
- Emisión de campos electromagnéticos: La transmisión de energía eléctrica genera campos electromagnéticos puede superar los límites permitidos por la normativa ambiental vigente
- Contacto eléctrico: Circuitos sobrecargados, interruptores o malas maniobras durante la operación y mantenimiento de L/T

9.4.2 *Evaluación de riesgos en operación de la línea*

El análisis antrópico se efectúa considerando las etapas de construcción y operación del sistema, para el efecto se considera el nivel que afecta (P) personas, (BF) equipos-sistemas- instalaciones, (O) operaciones y (MA) medio ambiente.

ANÁLISIS DE RIESGOS

TABLA No. 9.56 NIVEL DE CRITICIDAD POR OPERACIÓN DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Cod.	Peligro	Impacto	Elemento	C	E	P	Magnitud Riesgo (MR)	
							Rango	Nivel
4	Incendios/explosiones	Lesiones/muerte obreros	P	2	4	1	8	Leve
		Pérdida de flora y fauna	MA	2		2	4	Leve
		Destrucción de infraestructura	BF	3		2	6	Serio
		Suspensión de transmisión	O	5		4	20	Grave
5	Caída de personas	Lesiones/muerte obreros	P	4	2	2	16	Serio
6	Ruido	Superar los niveles permitidos por la normativa ambiental vigente	P	2	4	2	16	Serio
7	Emisión de campos electromagnéticos	Superar los niveles permitidos por la normativa ambiental vigente	P	1	4	2	8	Leve
8	Emisión de campos electromagnéticos	Exposición prolongada de personas que viven en edificaciones construidas en la franja de servidumbre sin respetar la normativa legal	P	2	4	2	16	Serio
9	Contacto eléctrico	Lesiones/muerte obreros. Electrocutión de pobladores por acometidas indebidas (robo) desde línea	P	4	4	2	32	Grave

Elaborado por: Charlie Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.5 MEDIDAS DE CONTROL

Identificados los riesgos que potencialmente afectan a la transmisión de energía eléctrica en la línea de transmisión, se detallan las medidas propuestas para minimizar el riesgo.

TABLA No. 9.57 MEDIDAS DE CONTROL

No.	Riesgo	Medida de control
1	Sismos	Contar con un programa de respuesta ante el evento naturales
2	Erupción - Caída de ceniza-	Contar con un programa de respuesta ante el evento naturales
3	Geomorfológico	Estabilizar las bases de las torres 98 y 119
4	Incendios/explosiones	Establecer normas de comportamiento para el personal propio y contratistas. Cumplir con Normas Técnicas del sector eléctrico Contratar póliza de seguro de infraestructura
5	Caída de personas a distinto nivel	Uso de equipo de protección personal para trabajos en altura. Señalética preventiva, informativa y prohibitiva. Personal calificado para trabajos en altura.
6	Ruido	Monitoreo de niveles de ruido, según normativa ambiental vigente
7	Emisión de campos electromagnéticos	Monitoreo de los campos electromagnéticos, según normativa ambiental vigente
8	Emisión de campos electromagnéticos que afecten a pobladores de edificaciones construidas dentro de franja de servidumbre	Coordinación con los GADs cantonales para el retiro de las viviendas y para informar de la prohibición de construir en este espacio
9	Contacto eléctrico	Capacitar al personal sobre medidas preventivas de trabajos con electricidad. Cumplir con Normas Técnicas del sector eléctrico (distancias mínimas). Dotar al personal de EPP y protección especial para trabajos con línea energizada. Señalética en torres advirtiendo el peligro

Fuente: IG – EPN

Elaborado por: Charlieg Ingeniería y Remediación Cía. Ltda., 2020

9.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema de transmisión se implanta sobre una franja sísmica de magnitud de 3-3,9 principalmente, sin embargo, existe terremotos de magnitudes de VII y VIII. Se recomienda implementar Plan de respuestas a procesos naturales.
- En caso de erupción volcánica se espera una ligera caída de ceniza y flujos piroclásticos. Se recomienda implementar Plan de respuestas a procesos naturales.
- Se debe considerar inspecciones periódicas a las estructuras detalladas en los cuadros de coluviones, a fin de precautelar la estabilidad y vida útil.
- El riesgo por incendios/explosiones está inmerso a la transmisión de energía eléctrica, afectando a la integridad de los trabajadores, medio ambiente, pérdida parcial de infraestructura y suspensión de transmisión de energía eléctrica. Se recomienda con normativa de seguridad industrial y contratar pólizas de seguros.
- La caída de personal en actividades de operación y mantenimiento es un riesgo Serio. Se recomienda en los trabajos contratar personal calificado y cumplir con normativa de seguridad.
- El ruido producido por la transmisión de energía eléctrica es un impacto a considerar en la población asentada junto al eje de la línea de transmisión. Se recomienda el monitoreo de ruido según lo establece la normativa vigente, para garantizar el bienestar de la población.
- Por la naturaleza del proyecto el riesgo por emisión de campos electromagnéticos es Leve. Se recomienda cumplir lo estipulado en la normativa ambiental en lo referente a monitoreo de campos electromagnéticos, para de esta manera garantizar el bienestar de la población.
- Debido al crecimiento poblacional y desconocimiento de la normativa sobre franjas de servidumbre se han construido algunas edificaciones dentro de esta franja, lo que deja expuesto a los que habitan en ellas a campos eléctricos y magnéticos cuyos efectos pueden ser perjudiciales a la salud. Se recomienda informar a los propietarios las restricciones de construcción de edificaciones en todo el ancho de la franja de servidumbre y coordinar con los GAD cantonales para el control de edificaciones.
- El contacto eléctrico representa un riesgo Grave tanto para personal propio como para la población asentada a lo largo de las L/T. Se recomienda cumplir Normas Técnicas del Sector Eléctrico, de manera particular la señalética de peligro y protecciones en estructuras de la línea de transmisión.