TABLA DE CONTENIDO

7. DESCRIPCIÓN DE RIESGOS 7-3

7.1 Introducción 7-3
7.2 Evaluación de Riesgos del Entorno - Instalaciones 7-3
7.2.1 Metodología 7-3
7.2.1.1 Amenaza por procesos geofísicos 7-3
7.2.1.1.1 Intensidad 7-4
7.2.1.1.2 Frecuencia 7-4
7.2.1.2 Amenaza por procesos geomorfológicos 7-5
7.2.1.3 Amenazas hidrometeorológicas 7-6
7.2.1.4 Vulnerabilidad 7-6
7.2.1.5 Riesgos Naturales 7-7
7.2.2 Análisis de riesgos 7-8
7.2.2.1 Riesgo sísmico 7-8
7.2.2.1.1 Sismicidad histórica 7-9
7.2.2.1.2 Peligro Sísmico (NEC 2015) 7-11
7.2.2.1.3 Evaluación de riesgo sísmico 7-11
7.2.2.2 Riesgo volcánico 7-11
7.2.2.2.1 Índice de explosividad volcánica 7-12
7.2.2.2.2 Información histórica 7-13
7.2.2.2.3 Evaluación de riesgo volcánico 7-13
7.2.2.3 Riesgos geomorfológicos 7-13
7.2.2.3.1 Inventario de deslizamientos 7-14
7.2.2.3.2 Evaluación de riesgos por procesos geomorfológicos 7-15
7.2.2.4 Riesgo por inundaciones 7-15
7.2.2.4.1 Evaluación del riesgo por inundaciones 7-15
7.2.2.5 Riesgos Biológicos y sociales 7-16
7.2.2.5.1 Análisis de riesgos biológicos 7-17
7.2.2.5.2 Análisis de riesgos sociales 7-18
7.3 Evaluación de Riesgos del Proyecto - Entorno 7-18
7.3.1 Metodología 7-18
7.3.2 Evaluación de resultados 7-19
7.3.2.1 Accidentes 7-19
7.3.2.2 Caída de estructuras 7-19
7.3.2.3 Fallas operativas 7-20
7.3.2.4 Incendios 7-20

TABLAS

Tabla 7-1: Riesgos – Eventos presentes en la operación 7-3
Tabla 7-2: Peligros Geofísicos e Intensidad 7-4
Tabla 7-3: Frecuencia y Probabilidad 7-4
Tabla 7-4: Valoración de la intensidad 7-5
Tabla 7-5: Valoración de la probabilidad 7-6
Tabla 7-6: Nivel de amenaza por procesos hidrometeorológicos 7-6
Tabla 7-7: Vulnerabilidad 7-7
Tabla 7-8: Sismos Históricos 7-9
Tabla 7-9: Riesgo Sísmico 7-11
Tabla 7-10: Características de volcanes 7-12
Tabla 7-11: Riesgo volcánico 7-13
Tabla 7-12: Riesgo procesos geomorfológicos 7-15
Tabla 7-13: Torres Afectadas por Inundaciones 7-15
Tabla 7-14: Riesgo por Inundaciones 7-16
Tabla 7-15: Valoraciones en el Método W. Fine 7-16

Tabla 7-16: Clasificación del Riesgo 7-17
Tabla 7-17: Matriz de Identificación y Valoración de Instalaciones al Ambiente 7-17
Tabla 7-18: Matriz de Identificación y Valoración de Instalaciones al Ambiente 7-19

FIGURAS

Figura 7-1: Matriz de Amenazas para Procesos Geofísicos e Hidrometeorológicos 7-5
Figura 7-2: Diagrama de Petrascheck 7-6
Figura 7-3: Matriz de riesgo 7-8
Figura 7-4: Terremotos con Intensidad VI y VII en Ecuador 7-9
Figura 7-5: Amenazas Volcánicas Potenciales en el Ecuador Continental 7-12
Figura 7-6: Deslizamiento ubicado en el área de El Chamica 7-14
Figura 7-7: Deslizamientos al SW de Los Encuentros 7-14

7. DESCRIPCIÓN DE RIESGOS

7.1 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 levantada por los diferentes técnicos, dependiendo de las características que presentan los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos.

7.2 Evaluación de Riesgos del Entorno - Instalaciones

La siguiente tabla muestra el análisis de riesgos exógenos que son aquellos riesgos / eventos ambientales naturales que podrían afectar el proyecto de las líneas de transmisión eléctrica Los Encuentros – Cumbaratza a 230 kV y Cumbaratza – Delsitanisagua a 138 kV.

Tabla 7-1: Riesgos – Eventos presentes en la operación

No.	RIESGO - EVENTO
EXÓGENOS	
Eventos relacionados con la naturaleza y fuentes externas	
1	Sismos
2	Volcanismo
3	Geomorfológicos
4	Hidrometeorológicos

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

A continuación, en los siguientes acápites se expone las principales consideraciones y metodologías adoptadas para los distintos análisis de riesgos desarrollados del entorno a las instalaciones.

7.2.1 Metodología

7.2.1.1 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*

[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

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, la metodología considerada adopta al modelo frecuencia–intensidad para evaluar la gravedad del peligro natural, el cual incluye 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.

7.2.1.1.1 INTENSIDAD

La intensidad de un peligro es una medida de su tamaño o de su capacidad para generar daños. (CEPAL), como se detalla en la tabla a continuación:

TABLA 7-2: PELIGROS GEOFÍSICOS E INTENSIDAD

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, sf
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021.

7.2.1.1.2 FRECUENCIA

Para definir la frecuencia[2] se utiliza el criterio de Petraschek (1995), que determina la frecuencia y probabilidad en tiempo considerando a este en años con la que se puede presentar un proceso natural, como se detalla en la tabla a continuación:

TABLA 7-3: 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: ABSEG Cía. Ltda., 2021

[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.

Figura 7-1: 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 tecnólogicos y económicos
	PELIGRO ALTO: Los procesos geológicos son una amenaza latente que puede producir perdida de vida humanas y destrucción de infraestructura

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.1.2 Amenaza por procesos geomorfológicos

La metodología propuesta tiene dos fases:

i) Se realiza un análisis de imágenes satelitales libres, para identificar zonas de deslizamientos y/o evidencias morfológicas de los mismos;
ii) Para el análisis de estructuras expuestas a movimientos en masa se utiliza la metodología de Petrascheck.

La metodología de Petrascheck utiliza diagramas de acuerdo al tipo de proceso geomorfológico, evalúa la intensidad y la probabilidad de ocurrencia del proceso.

Tabla 7-4: Valoración de la intensidad

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Insignificante (ninguno)	No causa ningún tipo de impacto o daño
Bajo	Causa daño aislado, que no perjudica a ningún componente del sistema
Medio	Provoca la desarticulación de un componente; si no se atiende a tiempo, a largo plazo puede provocar la desarticulación del sistema
Alto	En el corto plazo desmoviliza o desarticula el sistema

Fuente: Modificado de Heredia, 1999
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

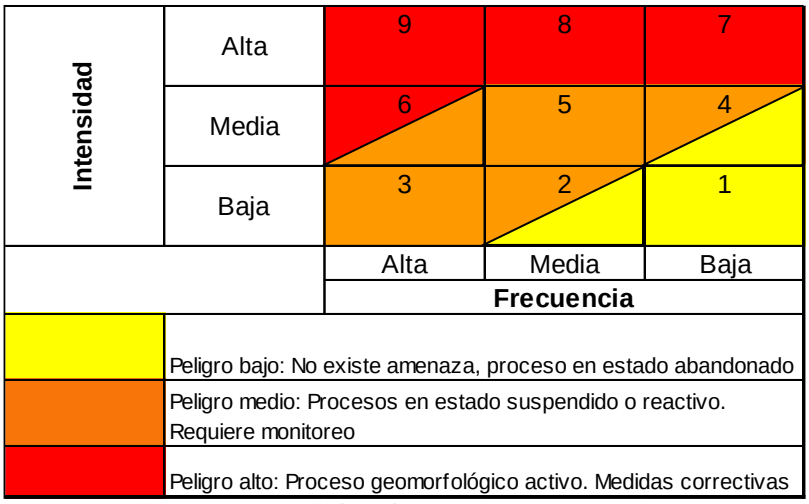
Valoración de la frecuencia, considerando la probabilidad de ocurrencia en 50 años.

Tabla 7-5: Valoración de la probabilidad

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (%)	TÉRMINO
100 – 80	Alta
80 – 40	Media
Menor a 40	Baja

Fuente: Modificado de Heredia, 1999
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

Figura 7-2: Diagrama de Petrascheck



Fuente: Modificado de Heredia (1999)
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.1.3 Amenazas hidrometeorológicas

La evaluación de amenazas hidrometeorológicas considera una metodología la cual se realiza, considerando el inventario de las estructuras proyectadas que se podrían hallar expuestas a inundaciones como también a erosión hídrica por su ubicación en zonas bajas próximas a los ríos; las estructuras diseñadas en zonas de topografía elevada no se realiza el análisis particular.

Tabla 7-6: Nivel de amenaza por procesos hidrometeorológicos

DETERMINACIÓN DE ZONAS PROPENSAS A INUNDARSE	VALOR	CALIFICACIÓN
Rasgos topográficos bajos favorecen inundaciones	3	Alta
Rasgos topográficos elevados disminuyen probabilidad de inundación, colinas medias y bajas	2	Media
Colinas altas	1	Baja

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.1.4 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*".

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

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

Tabla 7-7: 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 $500.000 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, sf
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.1.5 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*".

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 y en el proyecto. 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 existentes[3].

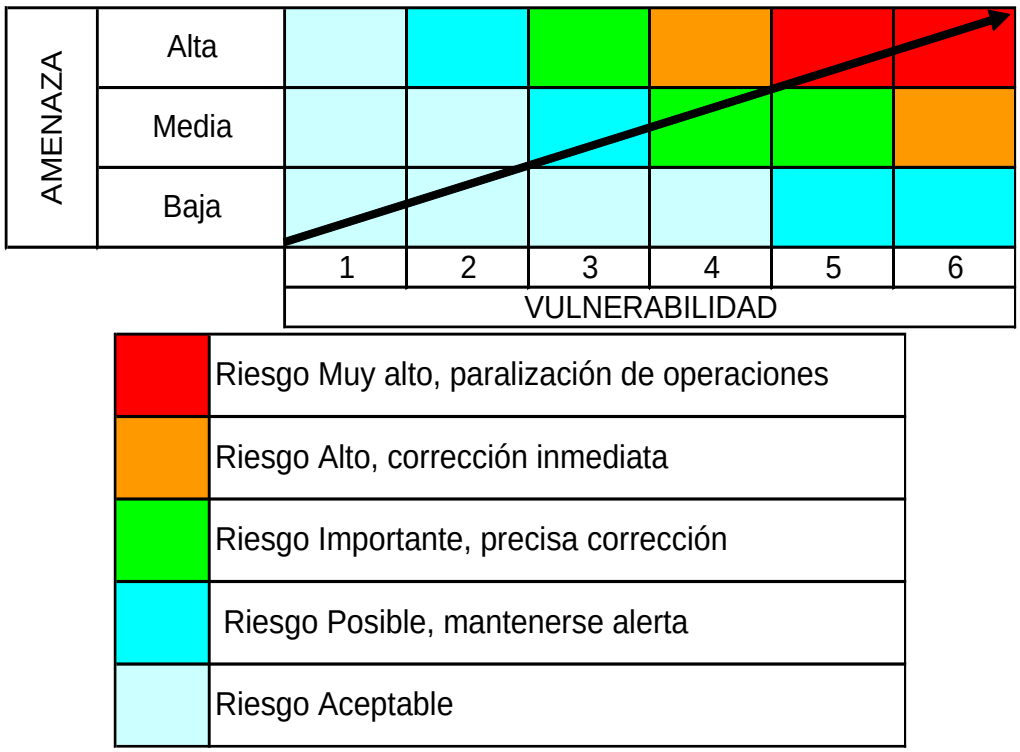
La ecuación básica de riesgo, por tanto, considera dos parámetros principales: la amenaza del proceso natural y la vulnerabilidad física, de este modo para el análisis de riesgos naturales cualitativos[4] tenemos:

$$R = A \times V$$

Donde:
R = riesgo
A = amenaza (peligro)
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 7-3: Matriz de riesgo[5]



Fuente: D´Ercole y Fine, sf.
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021.

7.2.2 Análisis de riesgos

El análisis de riesgos constituye una herramienta importante para la evaluación de la posible afectación social, y la capacidad de producir daños o pérdidas en la infraestructura.

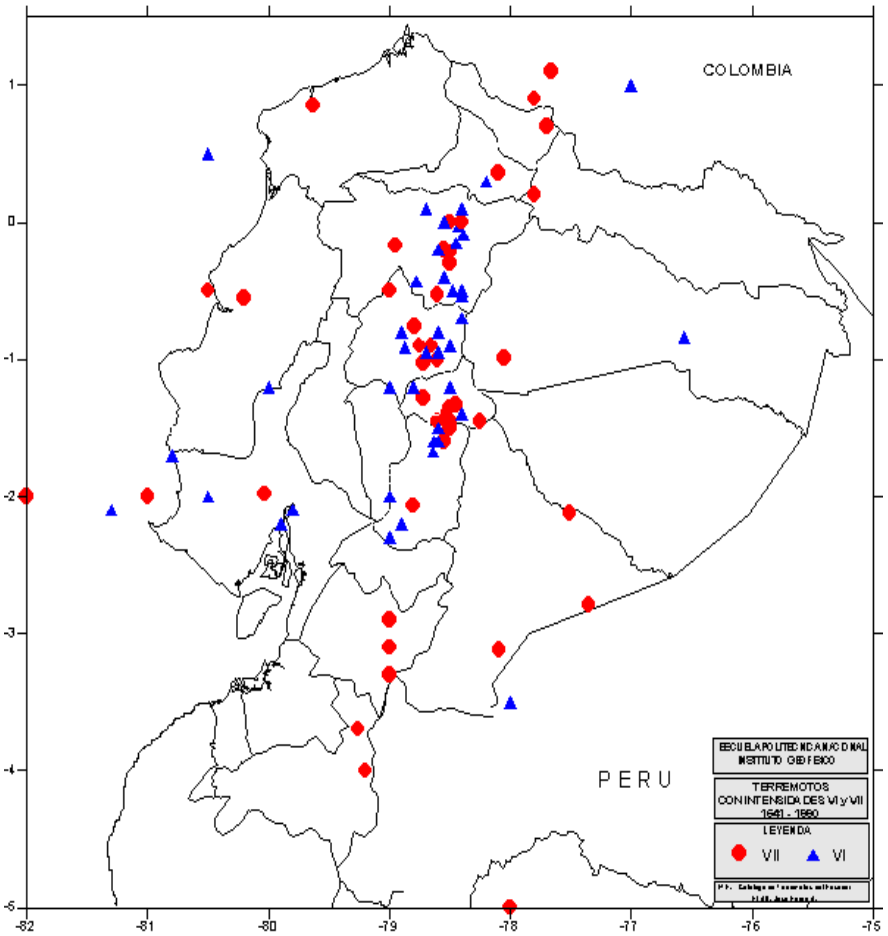
7.2.2.1 Riesgo sísmico

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 amenaza sísmica; el margen a lo largo de la zona de subducción comprendida entre la latitud 4ºN y la latitud 2ºS corresponde a una zona sísmicamente activa capaz de producir grandes terremotos.

La historia sísmica del Ecuador se de movimientos telúricos registrados con intensidades que varían entre VI y VII se visualizan en la Figura a continuación:

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

Figura 7-4: Terremotos con Intensidad VI y VII en Ecuador



Fuente: EPN – Escuela Politécnica Nacional, sf.

7.2.2.1.1 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 de la época. En la tabla adjunta se muestra la fecha, locación geográfica, profundidad, intensidad máxima registrada y la zona macrosísmica.

Tabla 7-8: Sismos Históricos

Fecha	Epicentro Lat / Lon	Profundidad (km.)	Intensidad máxima	Zona Macro sísmica
1953 12 12	-3.40 -80.60		VIII	Loja, norte del Perú
1970 12 10	-3. 79 -80.66	42	IX	Loja, El Oro, Azuay, norte del Perú
2021-11-28	-4.44 -77.00	131	VII	Zamora Chinchipe, Loja, Perú

Fuente: EPN – Escuela Politécnica Nacional, sf.
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

- **Sismo Sucúa (20-03-2019)**

El Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional (IG) registró un sismo el miércoles 20 de marzo del 2019 de 5.5 grados en la escala abierta de Richter en Sucúa, Morona Santiago.

En su cuenta de Twitter, el IG señaló que el movimiento telúrico fue a las 11:23 de este miércoles, y el epicentro se ubicó a 80 kilómetros de profundidad y a 70 kilómetros de Sucúa. Usuarios en las redes sociales del IG señalaron que el sismo se sintió con fuerza en los cantones de Morona Santiago y provincias de la Amazonía como Francisco de Orellana, Napo y Pastaza. (El Comercio, 2019)

- **Sismo de Palora (31-01-2018)**

El día, 31 de enero de 2018, a las 18:13 (TL) se registró un sismo al sur-este de la ciudad de Puyo, de magnitud 5.6 MLv (Magnitud Local). El epicentro está localizado 16 Km al este de Palora, en las coordenadas 1.73 de latitud S, y 77.83 de longitud W. Posterior al evento principal se registraron 7 réplicas localizadas en el mismo sector, la más importante de 3.8 MLv (18:18 TL).

Según el IG, el sismo principal está relacionado con una falla tectónica presente en la zona, y su mecanismo focal corresponde a una falla inversa. La magnitud momento calculada para este sismo fue de 5.0.

Hasta el momento se han registrado 198 reportes por medio de la aplicación "Sintió el sismo" publicada en la página web del IG-EPN. Los reportes indican que el sismo fue sentido ampliamente en las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago, en particular en las ciudades de Puyo, Tena y Macas. En estas localidades el evento fue reportado como moderado a fuerte, evidenciándose movimiento de puertas y ventanas, muebles y objetos pequeños en general. No se reportan daños en las edificaciones. Para estas ciudades se ha determinado una intensidad sísmica de 4 EMS.

La información es tomada del Informe Sísmico Especial No.3-2018. www.igepn.edu.ec › Servicios

- **Sismo de Zamora Chinchipe (18-02-2021)**

Un sismo de 5,20 grados en la escala abierta de Richter se registró en la provincia ecuatoriana de Zamora Chinchipe, en la región Amazonia del país. Según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, el sismo ocurrió a las 05:51 hora local (10:51 GMT) a 3,99 grados de latitud sur y a 79,06 grados de longitud oeste.

De acuerdo a la fuente, el temblor ocurrió a una profundidad de 83,80 kilómetros y a 14,71 kilómetros de la ciudad de Zamora, en la provincia de Zamora Chinchipe, en el sureste del país. En Zamora Chinchipe el sismo se sintió de manera moderada en Centinela del Cóndor, Chinchipe, El Pangui, Nagaritza, Palanda, Paquisha, Yacuambi, Yantzaza y Zamora.

De manera leve se sintió en las provincias del Azuay (Gualaceo y Cuenca) y en la del Oro (Arenillas, Atahualpa, Balsas, Chilla, El Guabo, Huaquillas, Las Lajas, Machala, Marcabelí, Pasaje, Piñas, Portovelo, Santa Rosa y Zaruma).

Además, en la provincia de Loja (Loja, Calvas, Catamayo, Célica, Chaguarpamba, Espíndola, Gonzanamá, Macará, Olmedo, Paltas, Pindal, Puyango, Quilanga, Saraguro, Sozoranga y Zapotillo), indicó el Servicio de Gestión de Riesgos del Ecuador.

- **Sismo Región de Amazonas (28 de noviembre de 2021)**

Según el rotativo El Comercio en su edición digital del 28 de noviembre de 2021, reporta el sismo de magnitud 7,5 grados en la escala de Richter, a las 05:52 hora local, en la región Amazonas del norte peruano.

La agencia EFE, reporta que de acuerdo al Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias "indicó que en el cantón Saraguro, en la provincia de Loja, una vivienda resultó destruida y una familia damnificada, en tanto que en el cantón de Loja se registró daños en la entrada al colegio La Dolorosa y hubo derrumbes en la mampostería de algunas viviendas, en el centro de la ciudad. En el cantón Zamora, de la provincia de Zamora Chinchipe, se registró el colapso estructural de la fachada de una vivienda.

7.2.2.1.2 Peligro Sísmico (NEC 2015)

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015), el trazado de la línea de transmisión atraviesa dos zonas sísmicas, las cuales se describen a continuación:

Zona sísmica	II	III
Aceleración en proporción de la aceleración de la gravedad (z)	0.25	0.30 (g)
Caracterización de la amenaza sísmica:	Alta	Alta

7.2.2.1.3 Evaluación de riesgo sísmico

Potenciales impactos causados a las LT y sus estructuras proyectadas en caso de terremoto son:

- ✓ 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 realiza el análisis de riesgo sísmico para la línea de transmisión.

TABLA 7-9: RIESGO SÍSMICO

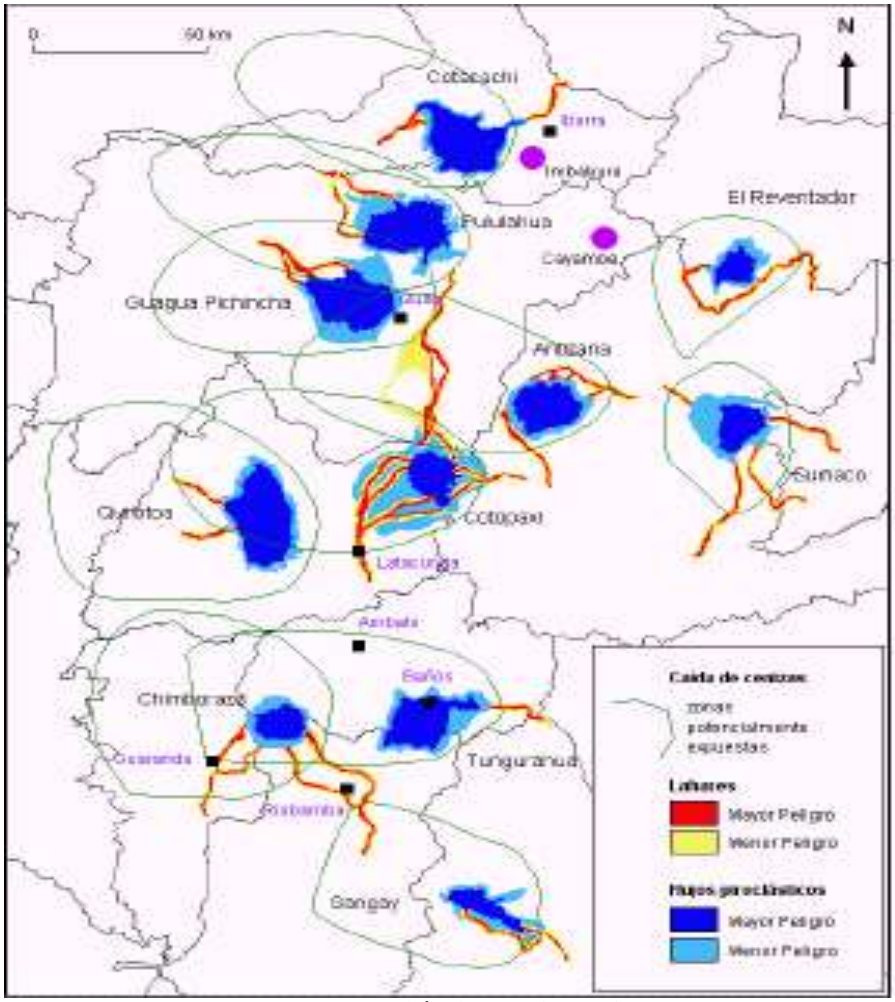
AMENAZA (PELIGRO)					VULNERABILIDAD	RIESGO
NIVEL DE AMENAZA SÍSMICA (NEC 2015)	ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO (NEC2015)	INTENSIDAD	FRECUENCIA	PELIGRO (AMENAZA) GLOBAL		
Alta	0.25 a 0.30 g	Media	Media	Medio	4	Importante

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.2.2 Riesgo volcánico

En el Ecuador continental existe volcanismo activo y considerando su extensión territorial y la porción efectivamente habitada, la densidad de los volcanes activos del Ecuador es una de las más altas del mundo.

Figura 7-5: Amenazas Volcánicas Potenciales en el Ecuador Continental



Fuente: EPN – Escuela Politécnica Nacional, sf
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.2.2.1 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.

En el área de estudio existe la probabilidad de impactos asociados a la erupción del volcán Sangay.

Tabla 7-10: Características de volcanes

Volcán	Erup.	Fat	Prop	Exp	Piro	Exp.F	Lava	IEV	Período
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sangay	1628			X				2-3?	?

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.)
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

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 (cataclismica)
9. Período de retorno en años

7.2.2.2.2 Información histórica

En la zona de estudio no se reporta caída de ceniza del volcán Sangay, en el actual proceso eruptivo.

7.2.2.2.3 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 cableado[6]
- ✓ Material particulado en el ambiente, genera problemas respiratorios y oculares en personal que labora supervisando la línea
- ✓ El depósito de ceniza en aisladores, conductores y equipos eléctricos provoca reducción del nivel de aislamiento y posible caída de conductores[7]

Considerando que la línea de transmisión está potencialmente expuesta a una leve caída de ceniza volcánica, se procede a realizar el análisis de riesgo volcánico.

TABLA 7-11: RIESGO VOLCÁNICO

AMENAZA (PELIGRO)					VULNERABILIDAD	RIESGO GLOBAL
TIPO DE PELIGRO	ÍNDICE DE EXPLOSIVIDAD VOLCÁNICA	INTENSIDAD	FRECUENCIA	PELIGRO GLOBAL		
Caída de ceniza (espesor > 1mm)	2 a 3	Baja	Rara	Bajo	3	Aceptable

Fuente: EPN – Escuela Politécnica Nacional, sf
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda. 2021

7.2.2.3 Riesgos geomorfológicos

Para comprender la dinámica de los procesos geomorfológicos, se amplía la zona de investigación a una franja de 5 kilómetros en las imágenes satelitales y DEM, identificando dos zonas con deslizamientos antiguos, los cuales a la fecha del recorrido se encuentran estables.

[6] Estudian efectos de erupciones en la red eléctrica en Costa Rica. www.diarioextra.com
[7] Manual de Procedimientos ante caída de cenizas volcánicas. Caselli A., et al. 2011

7.2.2.3.1 Inventario de deslizamientos

En el área de estudio se identifican deslizamientos en estado según la clasificación de Varnes "dormido".

- **Área No.1. El Chamica**

A aproximadamente 2,61 km en dirección S del poblado de El Chamica, se evidencia el rasgo morfológico de un deslizamiento antiguo, el cual se halla dentro del área de la línea de transmisión, presenta una dirección SN y cubre un área de 57,6 Ha.

Figura 7-6: Deslizamiento ubicado en el área de El Chamica

Fuente: Google Earth, 2021
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

- **Área No. 2. Los Encuentros**

En la zona comprendida al SW del poblado de Los Encuentros, se evidencia el rasgo morfológico de un deslizamiento antiguo, la línea de transmisión atraviesa al pie del deslizamiento, presenta una dirección NW y cubre un área de 101 Ha.

Figura 7-7: Deslizamientos al SW de Los Encuentros

Fuente: Google Earth, 2021
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.2.3.2 Evaluación de riesgos por procesos geomorfológicos

Los potenciales impactos producto de deslizamientos y/o procesos de remoción en masa son:

- ✓ Inclinación de torres
- ✓ Caída de torres
- ✓ Suspensión de transmisión de energía eléctrica
- ✓ Caída de alambres energizados

Considerando los deslizamientos identificados en la zona de influencia del corredor de la línea de transmisión, se procede al análisis de riesgos por procesos geomorfológicos.

Tabla 7-12: Riesgo procesos geomorfológicos

Sector	Torres	Peligro (amenaza)			Vulnerabilidad	Riesgo
		Intensidad	Frecuencia	Nivel		
El Chamica	E5 y E6	Media	Media	Medio (5)	4	Importante
Los Encuentros	E78, E79, E80, E81	Media	Media	Medio (5)	5	Importante

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.2.4 Riesgo por inundaciones

Para el desarrollo del análisis de riesgo por inundaciones, se ha tomado como base las consideraciones establecidas en la tabla a continuación, por tanto, se acoge una valoración en cuanto al nivel de susceptibilidad ante inundaciones.

Entonces, considerando lo expuesto, se debe recalcar que existen en la LT de transmisión Los Encuentros – Cumbaratza estructuras que están proyectadas sobre la terraza aluvial del río Zamora.

Tabla 7-13: Torres Afectadas por Inundaciones

L/T	Susceptibilidad (Valor)	Torres Afectadas
LOS ENCUENTROS - CUMBARATZA	3	E93 hasta E97

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.2.4.1 Evaluación del riesgo por inundaciones

Los potenciales impactos en la línea de transmisión ante un proceso de inundación serían:

- ✓ Daños en la estructura por impactos de materiales que sean transportados por la crecida del río.
- ✓ Daño a los sistemas de conexión a tierra

Considerando que existen tramos en zonas colinadas y otras torres que se asientan en las terrazas del río Zamora, se procede a realizar el análisis de riesgo por inundaciones.

Tabla 7-14: Riesgo por Inundaciones

Amenaza (Peligro)			Vulnerabilidad	Riesgo global
Rasgo morfológico	Valor	Calificación		
Colinas medias y bajas	2	Media	3	Posible
Terraza río Zamora	3	Alta	4	Alto

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.2.5 Riesgos Biológicos y sociales

Para la determinación de este tipo de riesgos se utilizó el Método de Fine - Mathematical Evaluations for Controlling Hazards, evalúa el riesgo en función del grado de peligrosidad: consecuencias - exposición - probabilidad. La ecuación establecida en esta metodología es la siguiente:

$$G.P. = C.E. P$$

En donde se define como:

Consecuencias (C): resultado más probable de un accidente potencial.
Exposición (E): frecuencia con que ocurre la situación de riesgo.
Probabilidad (P): posibilidad de que la secuencia de accidente se complete.

Su cálculo se efectúa con la tabla de valores que se muestra en la Tabla a continuación:

Tabla 7-15: Valoraciones en el Método W. Fine

SEVERIDAD O CONSECUENCIA DEL DAÑO		EXPOSICIÓN		PROBABILIDAD	
Son los resultados más probables debido a riesgos considerados, incluyendo daños personales y materiales. Suelen dividirse en:		Es la frecuencia con la que se presenta el factor de riesgo o evento peligroso. Puede ser:		Es la probabilidad de que, una vez presente el factor de riesgo, se desarrolle la secuencia completa que origine los daños. Puede ser:	
Catástrofe (gran fatalidad o alto costo económico).	100	Continua	10	Frecuente	10
Desastre (algunas fatalidades o alto costo)	40	Frecuente (diaria)	6	Muy posible	6
Muy serio (una fatalidad o alto costo)	15	Ocasional (semanal)	3	Poco usual pero posible (ha ocurrido)	1
Seria (lesión o daños mayores)	7	Poco usual (mensual)	2	Imaginable pero muy poco posible (no ha ocurrido aún)	0.5
Importante (incapacidad temporal o daños medios)	3	Rara (pocas veces al año)	1	Prácticamente imposible (una probabilidad entre un millón)	0,2
Notable (lesión solucionada con primeros auxilios)	1	Muy rara (anual)	0,5	Virtualmente imposible	0,1
-	-	Ninguna exposición	0	-	-

Fuente: Joan Manel Berenguer, 2015.
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021.

Una vez se ha calculado el Grado de Peligrosidad de cada uno de los riesgos detectados, éstos se ordenan según la gravedad relativa de sus peligros comenzando por el riesgo del que se ha obtenido el valor más alto en el Grado de Peligrosidad. Clasificaremos el riesgo y actuaremos sobre él en función del Grado de Peligrosidad. A modo de guía se presenta el siguiente cuadro:

Tabla 7-16: Clasificación del Riesgo

GRADO DE PELIGROSIDAD	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	ACTUACIÓN FRENTE AL RIESGO
Mayor de 400	Riesgo muy alto	Detención inmediata de la actividad peligrosa
Entre 200 y 400	Riesgo alto	Corrección inmediata
Entre 70 y 200	Riesgo Notable	Corrección necesaria urgente
Entre 20 y 70	Riesgo moderado	No es emergencia, pero debe corregirse
Menos de 20	Riesgo aceptable	Puede omitirse la corrección, aunque deben establecerse medidas correctoras sin plazo definido

Fuente: Joan Manel Berenguer, 2015.
Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021.

En la Tabla a continuación se detalla el proceso del análisis de riesgos del ambiente a las instalaciones mediante una tabla de doble entrada en la que se contrasta Vulnerabilidad y Amenaza para la obtención del Riesgo respectivo.

Tabla 7-17: Matriz de Identificación y Valoración de Instalaciones al Ambiente

FASE	RIESGO IDENTIFICADO	SEVERIDAD	EXPOSICIÓN	PROBABILIDAD	GRADO DE PELIGROSIDAD
CONSTRUCCIÓN	Biológicos	3	6	1	18
	Sociales	40	10	1	400
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Biológicos	3	1	0,5	1,5
	Sociales	15	10	0,5	75

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.2.2.5.1 Análisis de riesgos biológicos

Durante la fase de construcción el grado de peligrosidad para los riesgos biológicos asociados a picaduras y la pandemia COVID-19, en las actividades de montaje de estructuras y la construcción de obras civiles es **ACEPTABLE**, considerando:

Consecuencias (C): IMPORTANTE
Exposición (E): FRECUENTE; y
Probabilidad (P): POCO USUAL PERO POSIBLE

Por lo que se recomienda realizar seguimientos médicos al personal y brindar Equipo de Protección Personal y de bioseguridad para su uso, realizar inspecciones garantizando el buen estado de los mismos.

Durante la fase de operación y mantenimiento el grado de peligrosidad para los riesgos biológicos asociados a picaduras y la pandemia COVID-19, en las actividades de operación y mantenimiento de las Líneas de Transmisión es **ACEPTABLE**, considerando:

Consecuencias (C): IMPORTANTE
Exposición (E): RARA; y
Probabilidad (P): IMAGINABLE PERO MUY POCO POSIBLE

Es importante señalar que durante esta fase no existe presencia permanente de personal, pero sí se realizan actividades esporádicas como visitas, inspecciones y mantenimiento para evitar el crecimiento de vegetación alta en la franja de servidumbre.

7.2.2.5.2 ANÁLISIS DE RIESGOS SOCIALES

Durante la fase de construcción el grado de peligrosidad para los riesgos sociales considerados como atentados, sabotajes, huelgas, paralizaciones en las actividades de montaje de estructuras y la construcción de obras civiles es **ALTO**, considerando:

Consecuencias (C): MUY SERIO
Exposición (E): CONTINUA; y
Probabilidad (P): POCO USUAL PERO POSIBLE

Durante la fase de operación y mantenimiento el grado de peligrosidad para los riesgos sociales considerados como atentados, sabotajes, huelgas, paralizaciones es **NOTABLE**, considerando:

Consecuencias (C): MUY SERIO
Exposición (E): CONTINUA; y
Probabilidad (P): IMAGINABLE PERO MUY POCO POSIBLE

Se recomienda mantener el programa de relaciones comunitarias activo y socializarlo con el personal que trabajará a lo largo de la línea, mantener una buena relación con la comunidad y cumplir con los acuerdos para la ubicación de la línea.

7.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO - ENTORNO

7.3.1 METODOLOGÍA

Para el análisis de riesgos identificados en la fase construcción (montaje de obras electromecánicas y construcción de obras civiles), fase de operación y mantenimiento; se realizó la estimación de la magnitud de cada suceso probable utilizando el método W. Fine en base a un análisis de consecuencias mediante modelos de cálculos adecuados, capaces de estimar los efectos del suceso contemplado.

Los riesgos ambientales o tecnológicos que podrían afectar el ambiente y salud de los trabajadores de CELEC, se analizará mediante la Metodología de W. Fine, la misma que posibilitará determinar el grado de peligrosidad.

El Método de Fine - Mathematical Evaluations for Controlling Hazards, evalúa el riesgo en función del grado de peligrosidad: consecuencias - exposición - probabilidad. La ecuación establecida en esta metodología es la siguiente:

$$G.P. = C.E.\ P$$

En donde se define como:

Consecuencias (C): resultado más probable de un accidente potencial.
Exposición (E): frecuencia con que ocurre la situación de riesgo.
Probabilidad (P): posibilidad de que la secuencia de accidente se complete.

Su cálculo se efectúa con la tabla de valores que se muestra en la Tabla 7-15.

Una vez se ha calculado el Grado de Peligrosidad de cada uno de los riesgos detectados, éstos se ordenan según la gravedad relativa de sus peligros comenzando por el riesgo del que se ha obtenido el valor más alto en el Grado de Peligrosidad. Clasificaremos el riesgo y actuaremos sobre él en función del Grado de Peligrosidad. A modo de guía se presenta en la Tabla 7-16.

En la Tabla a continuación se detalla el proceso del análisis de riesgos de las instalaciones al ambiente mediante una tabla de doble entrada en la que se contrasta Vulnerabilidad y Amenaza para la obtención del Riesgo respectivo.

Tabla 7-18: Matriz de Identificación y Valoración de Instalaciones al Ambiente

FASE	RIESGO IDENTIFICADO	SEVERIDAD	EXPOSICIÓN	PROBABILIDAD	GRADO DE PELIGROSIDAD
CONSTRUCCIÓN	Accidentes	3	6	0,5	9
	Caída de estructuras	15	10	0,1	15
	Fallas operativas	1	1	0,5	0,5
	Incendios	15	10	0,1	15
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Accidentes	1	1	0,5	0,5
	Caída de estructuras	15	10	0,1	15
	Fallas operativas	1	1	0,5	0,5
	Incendios	15	10	0,1	15

Elaborado por: ABSEG Cía. Ltda., 2021

7.3.2 Evaluación de resultados

7.3.2.1 Accidentes

Durante la fase de construcción el grado de peligrosidad para el riesgo de accidentes o electrocutarse que se puedan producir durante las actividades de la fase de construcción de la línea de transmisión por el montaje de estructuras y la construcción de obras civiles es ACEPTABLE, con la severidad IMPORTANTE, la frecuencia de exposición FRECUENTE y la probabilidad IMAGINABLE PERO MUY POCO POSIBLE.

Durante la fase de operación y mantenimiento se han considerado las actividades como visitas, inspecciones y mantenimiento para evitar el crecimiento de vegetación alta en la franja de servidumbre, obteniendo un nivel de riesgo ACEPTABLE, con la severidad NOTABLE, la frecuencia de exposición RARA y la probabilidad IMAGINABLE PERO MUY POCO POSIBLE.

7.3.2.2 Caída de estructuras

Durante la fase de construcción, operación y mantenimiento el grado de peligrosidad para el riesgo de caídas de estructuras es ACEPTABLE debido a que para determinar la ubicación de la torre se realizan estudios y se usa el área más estable, sin embargo, no se ha eliminado el riesgo en caso de caídas de árboles ya sea de forma natural o por el

mantenimiento que se le da a la franja de seguridad afectando a la línea o generando la caída de la torre. Por lo tanto, la severidad es MUY SERIO, la frecuencia de exposición CONTINUA y la probabilidad VIRTUALMENTE IMPOSIBLE.

7.3.2.3 FALLAS OPERATIVAS

Durante la fase de construcción, operación y mantenimiento el grado de peligrosidad para el riesgo de fallas operativas que se puedan producir durante las actividades del montaje de estructuras, construcción de obras civiles, operación de la línea, mantenimiento de la misma es ACEPTABLE, con la severidad NOTABLE, la frecuencia de exposición es RARA y la probabilidad IMAGINABLE PERO MUY POCO POSIBLE.

7.3.2.4 INCENDIOS

Durante la fase de construcción, operación y mantenimiento el grado de peligrosidad es ACEPTABLE para el riesgo de incendios a pesar de ser una actividad que no tiene tareas que puedan dar lugar a un incendio, se ha incluido la probabilidad de que se generen incendios por consumo de alimentos, uso de combustible o quema de vegetación. El nivel de severidad es MUY SERIO, la exposición CONTINUA y la probabilidad VIRTUALMENTE IMPOSIBLE.