

Tabla de Contenido

12	Análisis de Riesgos	12-1
12.1	Metodología.....	12-2
12.1.1	Identificación de Riesgos	12-2
12.1.2	Evaluación de Riesgos	12-3
12.2	Identificación de Riesgos	12-7
12.3	Evaluación de Riesgos del Ambiente sobre las Actividades del Proyecto	12-8
12.3.1	Riesgos del Medio Físico	12-8
12.3.2	Riesgos del Medio Biótico.....	12-29
12.3.3	Riesgos del Medio Socioeconómico	12-33
12.3.4	Resumen de los Riesgos del Ambiente sobre el Proyecto.....	12-37
12.4	Evaluación de Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente.....	12-37
12.4.1	Riesgos del Medio Físico	12-38
12.4.2	Riesgos del Medio Biótico.....	12-45
12.4.3	Riesgos del Medio Socioeconómico	12-49
12.4.4	Resumen de los Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente.....	12-53

Tablas

Tabla 12-1	Estimación de la Probabilidad de Ocurrencia	12-4
Tabla 12-2	Criterios para Definir las Consecuencias.....	12-5
Tabla 12-3	Estimación de la Gravedad de las Consecuencias	12-6
Tabla 12-4	Matriz de Riesgos Físicos, Bióticos y Socioeconómicos	12-6
Tabla 12-5	Matriz de Riesgos Físicos, Bióticos y Socioeconómicos	12-7
Tabla 12-6	Valores del Factor Z en Función de la Zona Sísmica Adoptada	12-10
Tabla 12-7	Fuentes de Subducción	12-14
Tabla 12-8	Fuentes Corticales	12-16
Tabla 12-9	Grado de Zonificación de Susceptibilidad a Deslizamiento.....	12-19
Tabla 12-10	Definición Práctica de Clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos	12-21
Tabla 12-11	Análisis de la Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación.....	12-21
Tabla 12-12	Evaluación de Riesgos Físicos del Ambiente sobre el Proyecto.....	12-27
Tabla 12-13	Evaluación de Riesgos Bióticos del Ambiente sobre el Proyecto	12-31
Tabla 12-14	Evaluación de Riesgos Socioeconómicos del Ambiente sobre el Proyecto.....	12-35
Tabla 12-15	Resumen de los Riesgos del Ambiente sobre el Proyecto.....	12-37
Tabla 12-16	Evaluación de Riesgos Físicos del Proyecto sobre el Ambiente.....	12-43
Tabla 12-17	Evaluación de Riesgos Bióticos del Proyecto sobre el Ambiente	12-47
Tabla 12-18	Evaluación de Riesgos Socioeconómicos del Proyecto sobre el Ambiente	12-51

Tabla 12-19	Resumen de los Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente	12-53
-------------	---	-------

Figuras

Figura 12-1	Subvariables de Consecuencia para los Componentes Medioambientales	12-4
Figura 12-2	Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño	12-10
Figura 12-3	Mapa Sismotectónico del Ecuador (Intensidad)	12-12
Figura 12-4	Mapa Sismotectónico del Ecuador (Magnitud)	12-13
Figura 12-5	Fuentes Sísmicas de Tipo Subducción	12-14
Figura 12-6	Fuentes Sísmicas de Tipo Corticales	12-15
Figura 12-7	Amenazas Volcánicas del Ecuador	12-17
Figura 12-8	Mapa de Movimiento de Masas	12-20
Figura 12-9	Mapa de Riesgo Hidrogeológico	12-22
Figura 12-10	Mapa Climatológico (Isoyetas).....	12-23
Figura 12-11	Mapa Climatológico (Isotermas)	12-24
Figura 12-12	Mapa Climatológico (Tipos de Clima)	12-25

12 Análisis de Riesgos

Según en Glosario de Términos desarrollado por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), (2018), la gestión de riesgos a partir del 2008 se estableció como política pública en el Ecuador y se incluyó en la nueva Constitución, en la cual se plantean condiciones de seguridad a sus habitantes y ecosistemas en todos los ámbitos. Siendo un país signatario del Marco de Acción de Hyogo y de Sendai se acoge a los acuerdos y a las prioridades de acción establecidos en la conferencia Mundial para la Reducción de los Desastres, como parte de la política pública a nivel internacional.

A continuación, se detallan las definiciones establecidas para el análisis de riesgos dentro del marco legal ambiental:

Código Orgánico del Ambiente (CODA), fue publicado en el suplemento del R. O. No. 983 el 12 de abril de 2017, pero entró en vigencia a partir del 12 de abril de 2018. Análisis de riesgo.

- Procedimientos que consisten en la aplicación de un método cualitativo, cuantitativo o mixto de forma transparente y científicamente competente, para determinar la probabilidad de ocurrencia de un daño verosímil y sus consecuencias. Este comprende: evaluación del riesgo, gestión del riesgo y comunicación del riesgo.

Evaluación de riesgo. - Es la caracterización de los efectos adversos probables para la salud y la vida derivados de la exposición a peligros durante un período de tiempo concreto.

Gestión del riesgo. - Procedimiento que permite la aplicación de las medidas más adecuadas para reducir al mínimo los posibles riesgos identificados y mitigar sus efectos, al tiempo que se obtienen y evalúan los datos necesarios, para lograr un uso y manipulación seguros.

Riesgo ambiental. - Es el peligro potencial de afectación al ambiente, los ecosistemas, la población y sus bienes, derivado de la probabilidad de ocurrencia y severidad del daño causado por accidentes o eventos extraordinarios asociados con la implementación y ejecución de un proyecto, obra o actividad.

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), está vigente desde diciembre de 2002, cuando fue emitido, no obstante, fue ratificado y publicado de forma completa en el R. O. Edición Especial 2, el 31 de marzo de 2003.

Riesgo. - Función de la probabilidad de ocurrencia de un suceso y de la cuantía del daño que puede provocar.

Riesgo ambiental. - Es el peligro potencial de afectación al ambiente, los ecosistemas, la población y/o sus bienes, derivado de la probabilidad de ocurrencia y severidad del daño causado por accidentes o eventos extraordinarios asociados con la implementación y ejecución de un proyecto, obra o actividad.

La metodología utilizada para el análisis de riesgos del presente estudio, se fundamenta en la norma UNE 150008:2008 - Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental (norma española), que ha adoptado los términos y definiciones conforme el Informe UNE-ISO/EC Guía 73 IN:

Factor ambiental. - Cualquier componente del medio ambiente que puede verse afectado por las actuaciones derivadas de las diferentes fases de construcción, explotación, mantenimiento y, en su caso, clausura, cese o desmantelamiento de la actividad objeto del proyecto.

Riesgo ambiental; riesgo. - Resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas de este sobre el entorno natural, humano y socioeconómico.

Capacidad de acogida. - Aptitud que tiene un aspecto ambiental para absorber las consecuencias de la materialización de un riesgo, sin que por ello se cause modificación significativa del aspecto.

El análisis de riesgos considerará aquellas situaciones no rutinarias que puedan ser generadas por el Proyecto debido a eventos naturales o externos no planificados. Este análisis se lo realizará en función de situaciones de amenaza o de posibles fuentes de riesgo, que serán identificadas en base a la evaluación de las situaciones naturales de la región y a las condiciones de trabajo de DPMECUADOR SA.

Sobre la base de la información existente del área de estudio, Cardno Entrix analizó el nivel de riesgo que presentan los componentes físico, biótico y socioeconómico durante la ejecución del proyecto propuesto.

El presente análisis considera el peor escenario y/o condiciones tanto del ambiente sobre el Proyecto (exógenos) como del Proyecto sobre el ambiente (endógenos), considerando aspectos técnicos, operativos y de diseño del Proyecto.

12.1 Metodología

Al no existir en el Ecuador, como parte del marco legal, una metodología definida para el Análisis de Riesgos Ambientales, se ha realizado una adaptación en función los criterios de la norma UNE 150008:2008 - Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental. La identificación de riesgos está basada en matrices de interacción. Las estimaciones de probabilidad y consecuencias están sustentadas en la información que se presenta en la Descripción de las Actividades del Proyecto (Capítulo 7) y Diagnóstico Ambiental (Capítulo 6) del presente estudio.

12.1.1 Identificación de Riesgos

Se debe identificar, caracterizar y determinar las posibles fuentes de peligro y los peligros.

Los peligros ambientales de una organización, independientemente de su clasificación en cuanto a tamaño y número de empleados, están relacionados principalmente con las sustancias utilizadas, así como las condiciones y actividades de almacenamiento, procesamiento y eliminación, así como con las fuentes de energía que se utilizan.

También es necesario tener en cuenta que pueden ser fuentes de peligro las actividades, los procesos, los elementos del entorno que puedan entrañar peligro para la instalación, la organización, la gestión de los recursos humanos y los materiales, entre otros.

En el estudio, se debe recoger el alcance de la identificación del peligro, justificándose el peligro en virtud de su potencialidad de causar daños en el entorno. No se consideran aquellas fuentes de peligro que, en el desarrollo de su secuencia accidental, no provocan un daño para el medio ambiente; por ejemplo, daños a los empleados, a las propias instalaciones, etc.

Asimismo, se deben detallar los métodos y técnicas empleados en la identificación de peligros, incluyendo las referencias bibliográficas y cualquier otra habitualmente aceptada (registros, base de datos, accidentes en instalaciones afines, etc.).

12.1.1.1 Generalidades

La diagnosis del entorno tiene por objeto identificar, caracterizar y determinar la capacidad de acogida de los factores ambientales susceptibles a verse afectados por la materialización de un riesgo. Asimismo, la diagnosis facilita la identificación de aquellos factores ambientales que pueden servir de vehículo transmisor o multiplicador de un suceso iniciado, en la medida en que puedan resultar condicionantes para la definición de los escenarios de consecuencias.

En función del ámbito de estudio, definido según lo previsto en el Capítulo 7 (Descripción del Proyecto), debe delimitarse explícitamente el alcance de la propia diagnosis del entorno, justificándolo al menos según el ámbito geográfico de las instalaciones o procesos y la postulación de los sucesos iniciadores.

Asimismo, se detallan los métodos y técnicas empleadas, incluyendo las fuentes bibliográficas y otras referencias, así como los indicadores que mejor describan la calidad de los factores ambientales objeto de estudio.

Los indicadores elegidos se deben justificar en virtud de su representatividad, su sensibilidad a los cambios del factor y la viabilidad de su medida efectiva. Se utilizarán preferentemente indicadores expresados en términos cuantitativos, indicando, en su caso, las funciones de transformación o de calidad utilizadas.

12.1.1.2 Factores Ambientales Objeto de Estudio

Según los criterios establecidos en la sección anterior, se lleva a cabo una descripción de los factores de los medios físico, biótico y socioeconómico potencialmente afectados o que puedan actuar como factores condicionantes de los sucesos iniciadores.

12.1.1.3 Factores Condicionantes del Entorno

Algunos factores ambientales pueden tener un papel relevante por su potencial efecto multiplicador o dispersor del peligro, así como por su influencia en el grado de exposición a este. Desde esta perspectiva, los factores ambientales también tienen un papel condicionante en los distintos escenarios de accidente que también puedan actuar como factores condicionantes de los sucesos iniciadores.

12.1.1.4 Asignación de Probabilidad del Escenario de Accidente

La probabilidad de ocurrencia de cada escenario de accidente se calcula como el resultado de la composición de las probabilidades asignadas a cada uno de los eventos analizados. El resultado de esta fase del análisis será la asignación de una única probabilidad de ocurrencia a cada uno de los escenarios de accidente posibles.

12.1.1.5 Estimación de Consecuencias Asociadas al Escenario de Accidente

Una vez estimada la probabilidad de cada uno de los posibles escenarios de accidente, se deben estimar los daños o las consecuencias negativas sobre el medio receptor, teniendo en cuenta las consecuencias sobre el entorno natural y el entorno humano y socioeconómico.

Se debe justificar el método o la técnica elegida, de acuerdo con las características del Proyecto, del entorno en que se ubique y de las posibles partes interesadas a las que vaya dirigido el estudio.

12.1.1.6 Estimación del Riesgo

Teniendo en cuenta la definición riesgo, y una vez identificados todos los posibles escenarios de accidente y asignadas las probabilidades de cada uno de estos, de acuerdo con lo indicado en la sección 0, así como las posibles consecuencias de cada uno de ellos según lo detallado en la sección 12.1.1.5, se debe proceder a la estimación de los riesgos de cada suceso indicador, y finalmente, del proyecto en conjunto.

La estimación del riesgo debe seguir un proceso dotado de la mayor objetividad posible y de constatado reconocimiento en los procedimientos de evaluación el riesgo.

La identificación de los riesgos tanto exógenos como endógenos se detalla en la sección 12.2 del presente informe.

12.1.2 Evaluación de Riesgos

El propósito principal de la evaluación es categorizar cuantitativamente los riesgos que podrían afectar al área de estudio, su naturaleza y gravedad. Los riesgos fueron evaluados sobre la base de una matriz de calificación de riesgo que sirvió para priorizar esfuerzos en la gestión de estos.

La cuantificación del riesgo medioambiental se basa en una relación entre la probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias, utilizando valores numéricos, según los criterios referenciados en la norma UNE 150008: 2008.

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad de ocurrencia o frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Por esto, para estimar la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias que se produzcan sobre los componentes: físico, biótico o socioeconómico, se emplearon los siguientes criterios:

12.1.2.1 Estimación de la Probabilidad de Ocurrencia

Para la estimación de la probabilidad de ocurrencia, se asignan valores de 1 a 5, donde el valor 5 corresponde a una probabilidad muy alta y el valor 1 corresponde a una ocurrencia de carácter improbable, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 12-1 Estimación de la Probabilidad de Ocurrencia

Ocurrencia		Valor Asignado
Ocurre una o más veces a lo largo de 1 mes	Muy probable	5
Ocurre una o más veces a lo largo de 1 año	Bastante probable	4
Ocurre una o más veces a lo largo de 10 años	Probable	3
Ocurre una o más veces a lo largo de 50 años	Posible	2
Ocurre una vez o más veces a lo largo de 100 años	Improbable	1

Fuente: Norma UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental
Elaboración: Cardno Entrix, abril 2021

12.1.2.2 Estimación de la Gravedad de las Consecuencias

Para determinar la valoración de las consecuencias asociadas al riesgo analizado, se utilizarán los criterios definidos en la Figura 12-1. De manera conservadora, se establecerá la valoración más alta que resulte del análisis de vulnerabilidad de la calidad del medio, la población afectada, así como del capital productivo y social.



Figura 12-1 Subvariables de Consecuencia para los Componentes Medioambientales

Fuente: Norma UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental
Elaboración: Cardno Entrix, abril 2021

Estos criterios se definen de la siguiente manera (Norma UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental):

- > Cantidad: es el volumen o cantidad probable de daños emitidos al entorno.
- > Peligrosidad: es la propiedad o aptitud intrínseca del suceso iniciador de causar daño.

- > Extensión: espacio o área afectada por el evento o suceso iniciador.
- > Población afectada: número estimado de personas afectadas.
- > Calidad del medio: área afectada en función del impacto y su reversibilidad.
- > Capital productivo y social: afectación del patrimonio económico y social, este último incluye las viviendas y sus habitantes¹. (Cai, Friedemann, & Stam, 2019)

En la Tabla 12-2 se definen los criterios de análisis para cada una de estas variables.

Tabla 12-2 Criterios para Definir las Consecuencias

Criterio	Valoración			
*Cantidad	MUY ALTA	ALTA	POCA	MUY POCA
	Daños regionales	Daños regionales	Daños locales	Daños puntuales
	> Un millón de dólares	< Un millón de dólares	< Cien mil dólares	< Diez mil dólares
	4	3	2	1
*Peligrosidad	MUY PELIGROSA	PELIGROSA	POCO PELIGROSA	NO PELIGROSA
	> Una Muerte	Muerte	Herido(s) (grave)	Herido(s) (no grave)
	Efectos irreversibles	Efectos durante años	Efectos durante meses	Efectos durante días
	4	3	2	1
*Extensión	MUY EXTENSO	EXTENSO	LOCAL	PUNTUAL
	Radio > 1 km fuera del área de implantación	Radio < 1 km fuera del área de implantación	Radio < 500 m fuera del área de implantación	En el área de implantación
	4	3	2	1
Población afectada Calidad de medio Capital productivo y social	MUY ALTA	ALTA	POCA	MUY POCA
	Más de 100 personas	Entre 25 y 100 personas	Entre 5 y 25 personas	5 o menos personas
	Área protegida	Área conservada	Signos de intervención	Completamente intervenida
	Capital económico y social	Áreas económicamente productivas	Áreas intervenidas	Áreas no productivas
	> 10 viviendas	> 10 viviendas	> 5 viviendas	1 vivienda
	4	3	2	1
* La cantidad ha sido determinada en base al costo del Proyecto; la peligrosidad y la extensión han sido definidas en base a las experiencias de la compañía en el desarrollo de proyectos en el extranjero, así como del diseño y capacidad del Proyecto en estudio. En el caso de la extensión, esto se determina como "puntual" para los efectos del medio ambiente en el Proyecto, ya que esto solo afecta a este.				

¹ Adaptación de la Norma UNE 150008:2008, se incluye el criterio de capital social; de acuerdo a lo señalado por Cai, Friedemann, & Stam (2019); en donde el capital social concierne a las redes de relaciones y sistemas sociales que permiten a las personas de una sociedad beneficiarse mutuamente en otros factores como en la obtención de empleo y recursos o adquisición de información. Por tanto, es esencial determinar el nivel de consecuencias de un suceso iniciador sobre este criterio ya que las afectaciones en una persona podrán afectar total o parcialmente el sistema social al que pertenece.

Fuente: Norma UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental
Elaboración: Cardno Entrix, abril 2021

Para obtener el valor estimado de consecuencia se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Consecuencias CB} = \text{Cantidad} + (2 \times \text{peligrosidad}) + \text{extension} + \text{afectación}_i$$

Finalmente, la estimación de la gravedad de las consecuencias se realizó de acuerdo con la escala indicada en la siguiente tabla:

Tabla 12-3 Estimación de la Gravedad de las Consecuencias

Ocurrencia	Valoración	Valor Asignado
Crítico	Entre 18 y 20	Gravedad 5
Grave	Entre 15 y 17	Gravedad 4
Moderado	Entre 11 y 14	Gravedad 3
Leve	Entre 8 y 10	Gravedad 2
Irrelevante	Entre 5 y 7	Gravedad 1

Fuente: Norma UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental
Elaboración: Cardno Entrix, abril 2021

12.1.2.3 Estimación de Riesgos

Estimadas las probabilidades y frecuencias de ocurrencia de los distintos escenarios o causas identificadas y las consecuencias derivadas sobre cada uno de los tres entornos posibles, se procede a la estimación del riesgo para cada caso.

Como se mencionó anteriormente, el riesgo es el producto del valor dado a la probabilidad de ocurrencia por el valor de la gravedad de la consecuencia, obteniendo un valor entre 1 y 25. De esta forma, a cada escenario le corresponderán tres valores de riesgo en función del componente físico, biótico y socioeconómico, que podrán ser usados como indicadores en sucesivas revisiones.

Se introducirán los valores obtenidos en tres tablas de doble entrada, una para cada entorno (físico, biótico y socioeconómico), como se indica en la Tabla 12-4, que recoja para cada escenario relevante la probabilidad de que se produzcan las consecuencias derivadas y, por tanto, el riesgo asociado. En función de su ubicación dentro de la tabla, se podrán catalogar como de riesgo crítico, severo, moderado, leve o irrelevante.

Tabla 12-4 Matriz de Riesgos Físicos, Bióticos y Socioeconómicos

Probabilidad		Consecuencias				
		1	2	3	4	5
		No importantes	Limitadas	Serias	Muy Serias	Catastróficas
1	Improbable	1	2	3	4	5
2	Posible	2	4	6	8	10
3	Probable	3	6	9	12	15
4	Bastante probable	4	8	12	16	20
5	Muy probable	5	10	15	20	25

Fuente: Norma UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental
Elaboración: Cardno Entrix, junio 2020

Esta matriz se adoptó de la introducción a la Norma UNE 150008: 2008 Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental, y estima cuantitativamente al riesgo en base a la probabilidad de ocurrencia y a las consecuencias que podría generar. Sobre la base de la siguiente tabla, se calificó los riesgos en: irrelevante de 1 a 5, leve de 6 a 10, moderado de 11 a 15, severo de 16 a 20 y crítico de 21 a 25.

Tabla 12-5 Matriz de Riesgos Físicos, Bióticos y Socioeconómicos

Vmin	Vmax	Color
1	5	Irrelevante
6	10	Leve
11	15	Moderado
16	20	Severo
21	25	Crítico

Fuente: Norma UNE 150008:2008 Análisis y evaluación del riesgo ambiental
Elaboración: Cardno Entrix, junio 2020

12.2 Identificación de Riesgos

La identificación de riesgo considera los sucesos generados por elementos externos al Proyecto, que constituyen un riesgo o tienen consecuencias sobre las instalaciones del Proyecto, así como elementos propios de las actividades del Proyecto que podrían repercutir sobre los factores socioambientales; esto, en función de los criterios metodológicos descritos en la sección 12.1.1 de presente informe.

Los riesgos identificados y que serán evaluados en los acápites subsiguientes se muestran a continuación:

> Del Ambiente sobre el Proyecto

- Riesgos físicos:
 - > Sísmico.
 - > Volcánico.
 - > Geomorfológico.
 - > Hidrogeológico.
 - > Climático.
- Riesgos bióticos:
 - > Taponamiento de tuberías de captación por crecimiento de algas y musgos.
 - > Contacto con animales ponzoñosos generadores de alergias.
 - > Daño o alteración de infraestructura y equipos causados por la fauna.
- Riesgos socioeconómicos:
 - > Decisiones políticas antiminería.
 - > Sabotaje y paralizaciones de actividades por pobladores de la zona y grupos de interés.
 - > Conflictos sociales por la presencia de minería informal en zonas cercanas.
 - > Incremento de la inseguridad: asaltos y robos.
 - > Retención a personal o daño a la integridad física de los trabajadores.

> Del Proyecto sobre el Ambiente

- Riesgos físicos
 - > Incendios y/o explosiones.
 - > Derrames de sustancias contaminantes.
 - > Falla en el funcionamiento de infraestructura.
 - > Daño de la relavera.
 - > Subsistencia de mina y galerías.
- Riesgos bióticos
 - > Caída de animales (espacios confinados, piscinas, etc.).
 - > Atropellamiento de fauna en vías de acceso.
 - > Pérdida de hábitats o microhábitats acuáticos por sequía de humedales y/o almohadillas.
 - > Pérdida de especies endémicas, en peligro de extinción, rara o nuevas.
 - > Introducción de especies exóticas.
- Riesgos socioeconómicos
 - > Accidentes de tránsito con daños materiales.
 - > Accidentes de tránsito con daños a la integridad física.
 - > Afectación a las captaciones de agua de riego o consumo humano.
 - > Introducción de enfermedades no endémicas.
 - > Afectación a la salud de la población por fallas en la infraestructura.

12.3 Evaluación de Riesgos del Ambiente sobre las Actividades del Proyecto

La evaluación de los riesgos naturales que podrían afectar al Proyecto incluyó la determinación de la naturaleza y gravedad de estos.

En la presente sección, se realiza el análisis de los riesgos presentes en el ambiente (componentes socioambientales), respecto del área de implantación del Proyecto (infraestructura, personal, etc.).

12.3.1 Riesgos del Medio Físico

Los riesgos físicos identificados son: sísmicos, volcánicos, geomorfológicos y climáticos.

12.3.1.1 Riesgo Sísmico

El presente análisis describe los principales sistemas de fallas activas que afectan al Ecuador, con un enfoque regional de estas.

Los datos analizados tienen una base de información de geología sísmica que permite esquematizar las zonas de amenaza y riesgo potencial en el país, en función de los siguientes parámetros:

- > Fuentes sismogénicas.
- > Distribución, concentración y cinemática de las fallas activas.
- > Longitud de los segmentos de fallas y velocidades.
- > Mapa de intensidades máximas.

- > Naturaleza litológica de las zonas sismotectónicas.
- > Distribución de los centros poblados y obras de infraestructura importante.

Estos parámetros permiten establecer diferentes categorías de riesgo sísmico para el área donde se implantará el proyecto, aplicando los criterios ya indicados de la matriz de riesgos.

La probabilidad de un evento sísmico corresponde a un análisis determinístico del riesgo sísmico, ya que no hay datos de probabilidad de ocurrencia de las aceleraciones calculadas, en la bibliografía consultada. Sin embargo, el análisis probabilístico considera valores generales de período de retorno para sistemas tectónicos regionales, que están disponibles en la literatura especializada.

El análisis de las consecuencias de un evento sísmico, en el área de estudio, considera el efecto que producen los movimientos del suelo originados por el sismo o terremoto sobre las actividades constructivas, como es el caso que ocupa a este informe, que en cada punto de análisis dependerá, tanto del movimiento como de la respuesta de las construcciones.

El Código de la Construcción del Ecuador (2011), utilizando las curvas de atenuación de la ley de Young para las fuentes de subducción, y la de Katayama, para las fuentes de fallamiento continental, ambas con una desviación estándar de $\sigma = 0,80$, calibradas con los registros de aceleraciones de la red de acelerógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, estableció 53 fuentes sismogénicas contenidas en 10 provincias sismotectónicas en el Ecuador, determinándose sus parámetros sismológicos (magnitud mínima de homogeneidad, la tasa media de actividad sísmica y magnitud máxima probable). La modelación de la ocurrencia de los sismos, como un proceso de Poisson, obtiene mapas de isoaceleraciones para períodos de retorno de 475 años, equivalentes a una probabilidad del 10 % de excedencia en 50 años, de acuerdo con la definición de sismo de diseño. En la siguiente figura, el valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

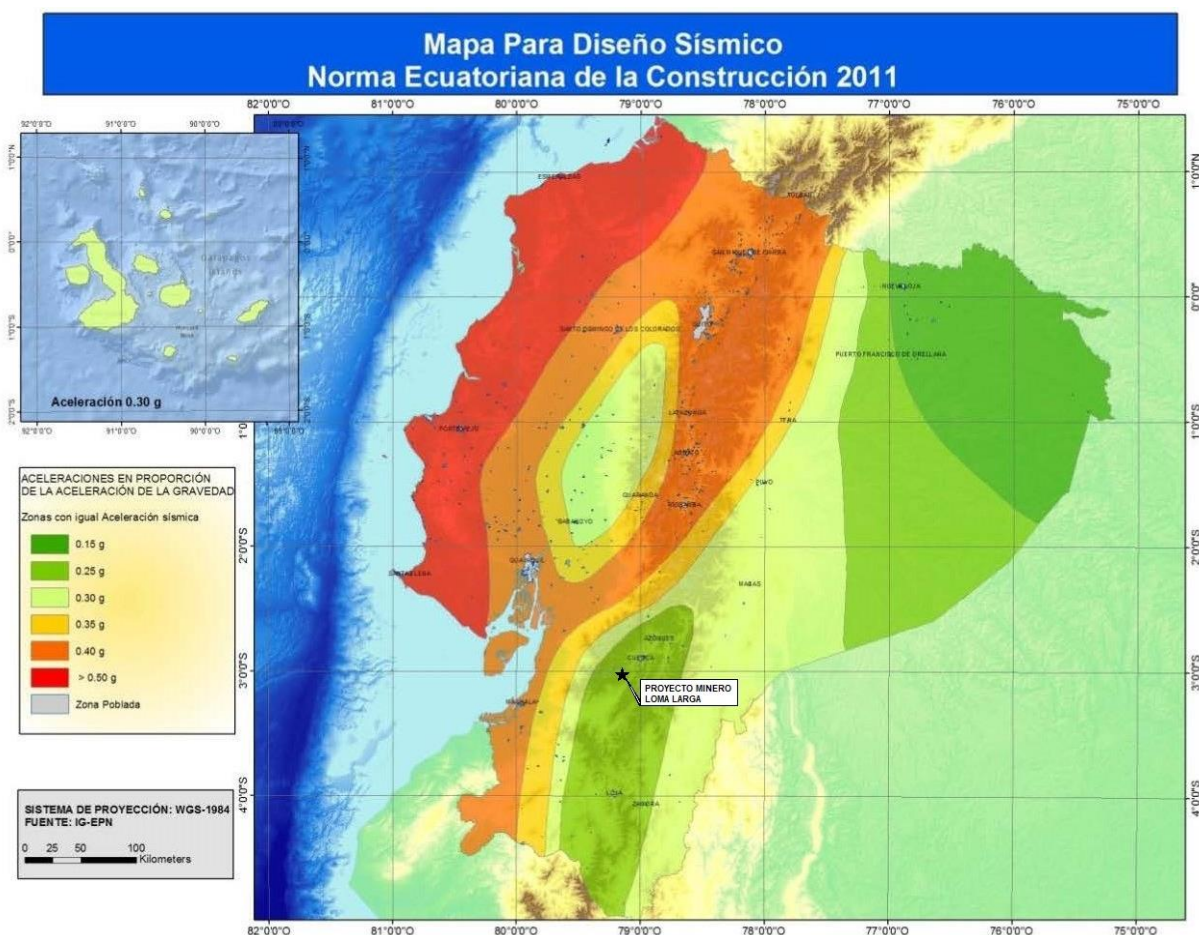


Figura 12-2 Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción, 2011

Tabla 12-6 Valores del Factor Z en Función de la Zona Sísmica Adoptada

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	≥0,50
Riesgo sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción, 2011

El área de estudio corresponde a la zona con igual aceleración sísmica entre 0,15 y 0,25 g (intermedia-alta), en base a al mapa de diseño sísmico; norma ecuatoriana de la construcción 2011 (Figura 12-2), relacionado al factor Z detallado en la Tabla 12-6.

En la sección 6.1.5 (Sismicidad) de la línea base (capítulo 6), se analizó los eventos sísmicos que podrían afectar al Proyecto, de los cuales, a continuación, se indican las conclusiones principales:

Como parte de esta evaluación, se realizó un análisis probabilístico de riesgos sísmicos (PSHA) para estimar el temblor de tierra inducido por el terremoto en el Proyecto durante los eventos sísmicos regionales. El PSHA se basa en una evaluación de la recurrencia de los terremotos en posibles fuentes sísmicas en la región de los Andes del Norte y en la aplicación de relaciones de atenuación del movimiento del suelo apropiadas para los tipos de fuentes sísmicas en la región y las condiciones del subsuelo en el Proyecto.

Los resultados del análisis de riesgo sísmico se expresan como relaciones entre un parámetro de movimiento de tierra (por ejemplo, aceleración máxima del suelo) y las frecuencias anuales para exceder el parámetro de movimiento de tierra específico. El período de devolución es el recíproco de la frecuencia anual. Los elementos básicos del análisis son:

- > Identificación de posibles fuentes sísmicas activas que podrían contribuir significativamente al temblor del suelo en la región;
- > Especificación de una relación de recurrencia sísmica para cada fuente sísmica, definiendo la frecuencia de superación de varios terremotos de magnitud hasta la magnitud máxima posible en la fuente;
- > Especificación de las relaciones de atenuación que definen los niveles de movimiento del suelo en función de la magnitud del terremoto, la distancia de origen al sitio y el estilo de falla para una ruptura; y,
- > Cálculo de la probabilidad de superación de la aceleración máxima del suelo (PGA).

El modelo de fuente sísmica utilizado para el PSHA fue el modelo sudamericano I, v2.0 para EZ-Frisk v.8.00 (Fugro Consultants, Inc, 2017). El modelo de origen incorpora orígenes de errores conocidos, así como zonas de origen en segundo plano (areal), que tienen en cuenta la posibilidad de que se generen eventos en regiones que no están asociadas con orígenes sísmicos conocidos.

La desagregación del análisis de riesgo para un evento de 475 años muestra que las magnitudes intermedias en el rango de 5,02 a 7,0 MW, a distancias inferiores a 25 km, y grandes terremotos en el rango de 7,2 a 7,9 MW, a distancias entre 75 y 150 km, dominan el riesgo. Para el evento de retorno de 2475 años, los eventos de mayor magnitud a mayor distancia contribuyen más al riesgo sísmico.

El riesgo sísmico determinista realizado, utilizando el programa EZ-Frisk, indicó que un evento de 7,2 MW dentro de la zona de origen del Arco de Ecuador, la zona en la que se encuentra el Proyecto, puede ser controlado con un PGA asociado de 0,54 g. La evaluación determinista del riesgo de la falla activa más cercana, la falla Girón, dio lugar a un PGA de 0,21 g para la ruptura completa de las secciones noreste y suroeste.

De acuerdo a este análisis, la región del área de estudio corresponde a una zona con riesgo sísmico determinado como riesgo **IRRELEVANTE**, tal como se muestra en la Tabla 12-12; esto significa que un evento sísmico presentará consecuencias puntuales, que se pueden producir una o más veces a lo largo de 10 años.

Considerando lo antes mencionado, el tiempo de ocurrencia, a pesar de ser probabilístico, ha sido sustentado en base a fuentes bibliográficas y estadísticas oficiales, como es el caso del Mapa Sismotectónico del Ecuador, IG-EPN, escala 1:1 000.000, 1990 y Catálogo Sísmico Homogeneizado hasta el 2009; Catálogo Sísmico IGEPN de 2010 - 2011; IG-EPN, Catálogo Sísmico IGEPN de 2012 hasta enero de 2020 (Figura 12-3 y Figura 12-4), donde se puede apreciar que el área de estudio se encuentra en un área de intensidad de categoría VIII y magnitud entre 3-4, determinada como media-baja.

² Se refiere a la escala sismológica de magnitud de momento (MW), que es una escala logarítmica usada para medir y comparar terremotos. Está basada en la medición de la energía total que se libera en un sismo.

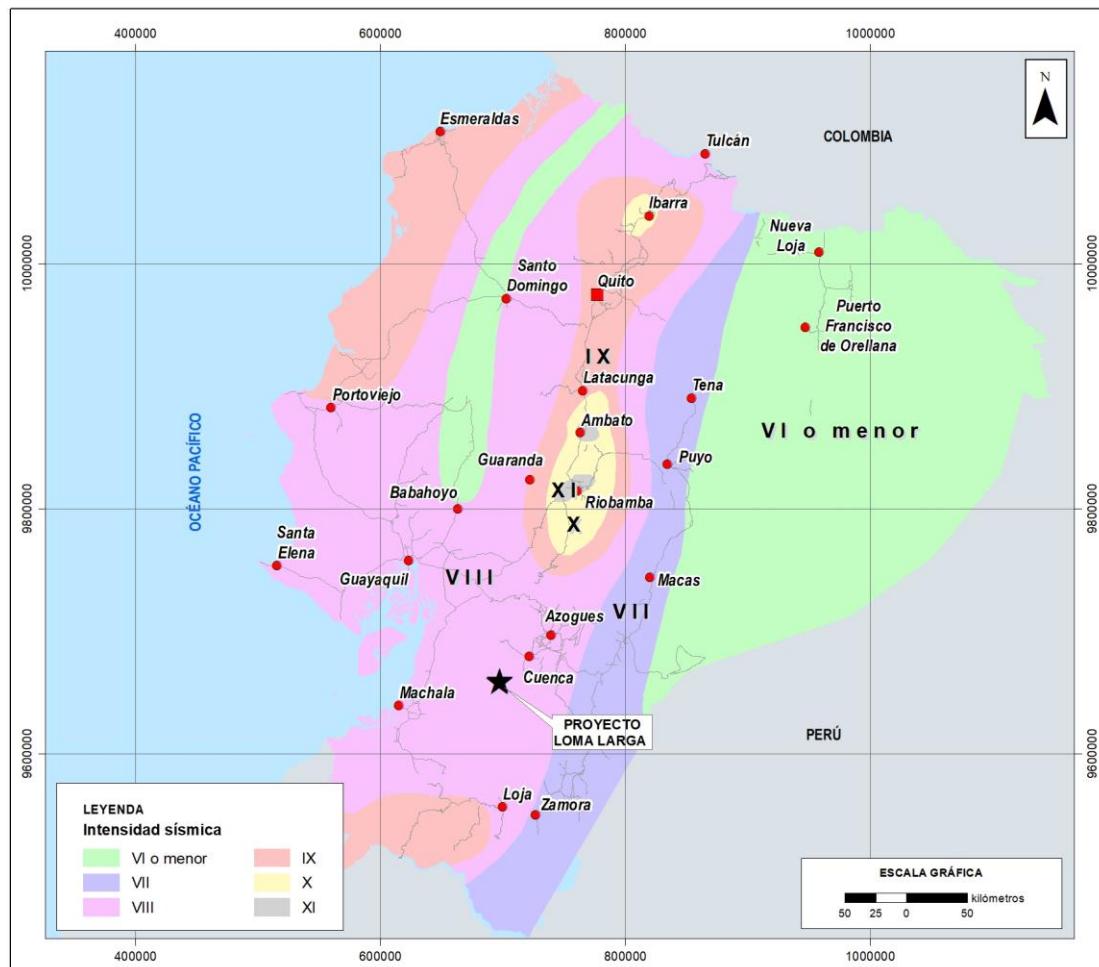


Figura 12-3 Mapa Sismotectónico del Ecuador (Intensidad)

Fuente: IG-EPN, Mapa Sismotectónico del Ecuador, escala 1:1 000.000, 1990
Elaboración: Entrix, abril 2022

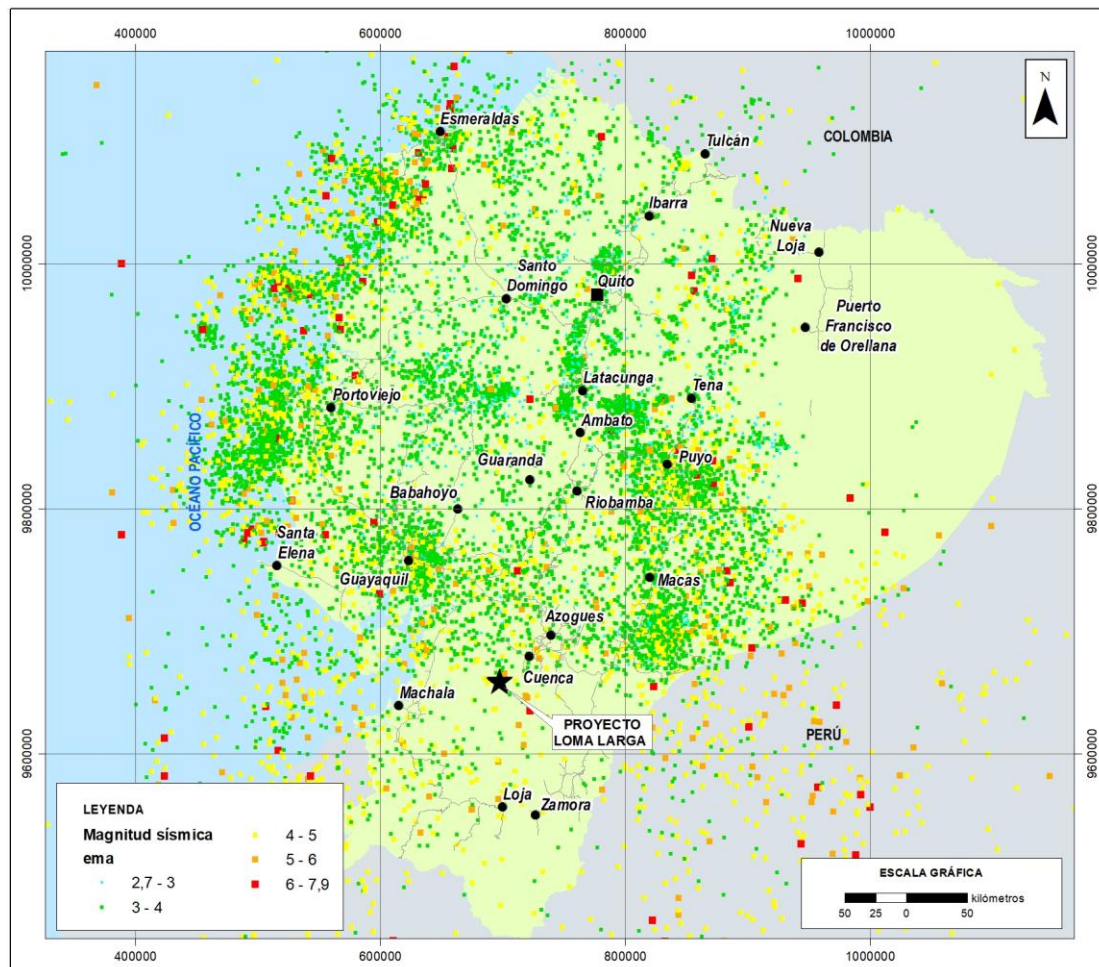


Figura 12-4 Mapa Sismotectónico del Ecuador (Magnitud)

Fuente: IG-EPN, Catálogo Sísmico Homogeneizado hasta el 2009; Catálogo Sísmico IGEPN de 2010 - 2011; IG-EPN, Catálogo Sísmico IGEPN de 2012 hasta enero de 2020
Elaboración: Entrix, abril 2022

Como complemento a la información presentada y analizada anteriormente, a continuación, se describe información sísmica del área de estudio, basado en la información y el mapa de zonificación sísmica de Alvarado, (2013).

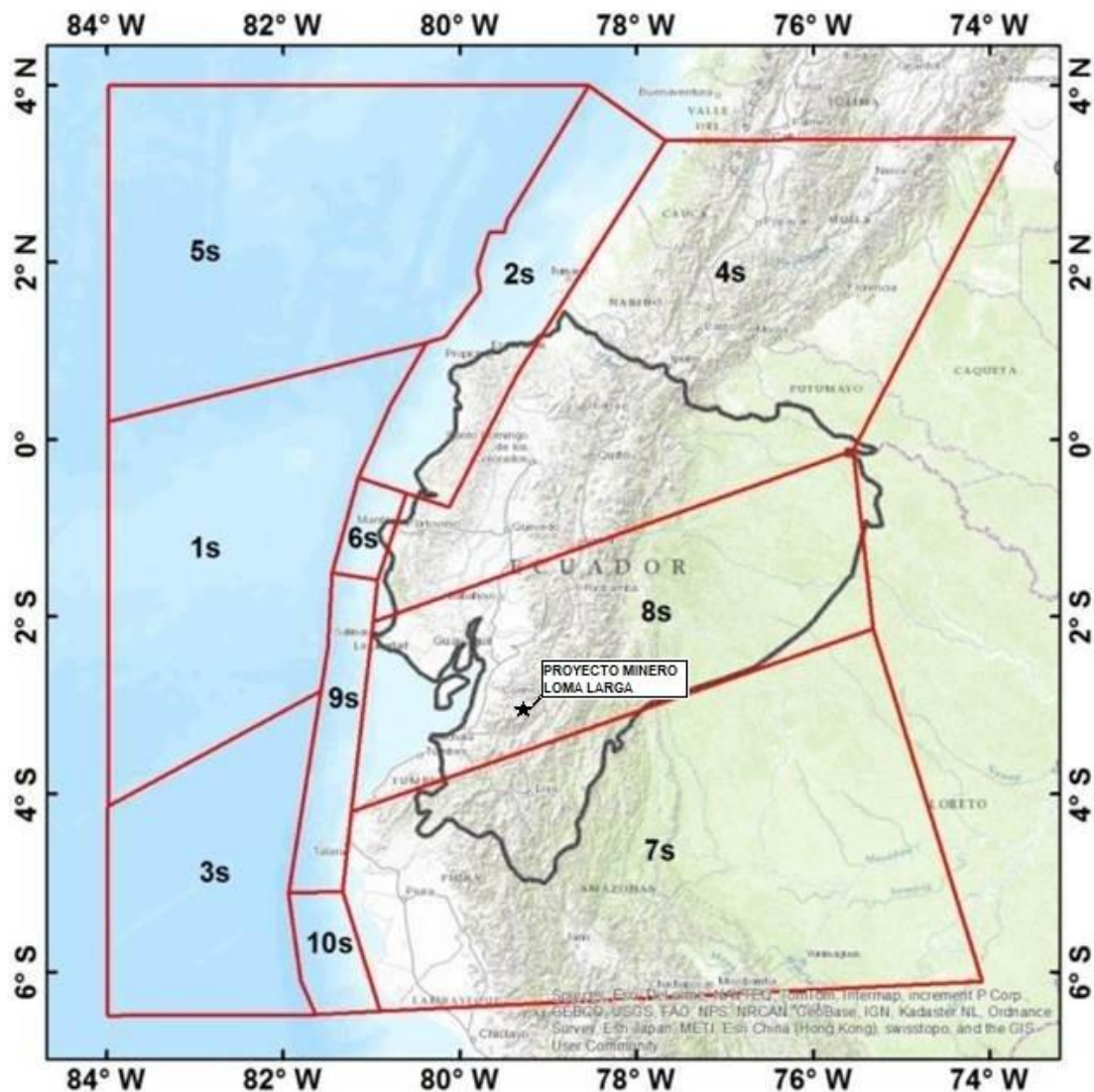


Figura 12-5 Fuentes Sísmicas de Tipo Subducción

Fuente: Alvarado, 2013

Tabla 12-7 Fuentes de Subducción

ID	Nombre	Tipo de Falla
1s	Carnegie	Indeterminado
2s	Tumaco-Esmeraldas	Interplaca
3s	Grijalva	Indeterminado
4s	Ibarra	Interplaca
5s	Malpelo	Indeterminado
6s	Manta	Interplaca
7s	Moyobamba	Interplaca
8s	Puyo	Interplaca

ID	Nombre	Tipo de Falla
9s	Salinas	Interplaca
10s	Sechura	Interplaca

Fuente: Alvarado, 2013

Conforme a lo observado en la Figura 12-5, así como lo detallado en la Tabla 12-7, el área de estudio pertenece a la zona de subducción Puyo (8s), siendo esta una falla de tipo Interplaca.

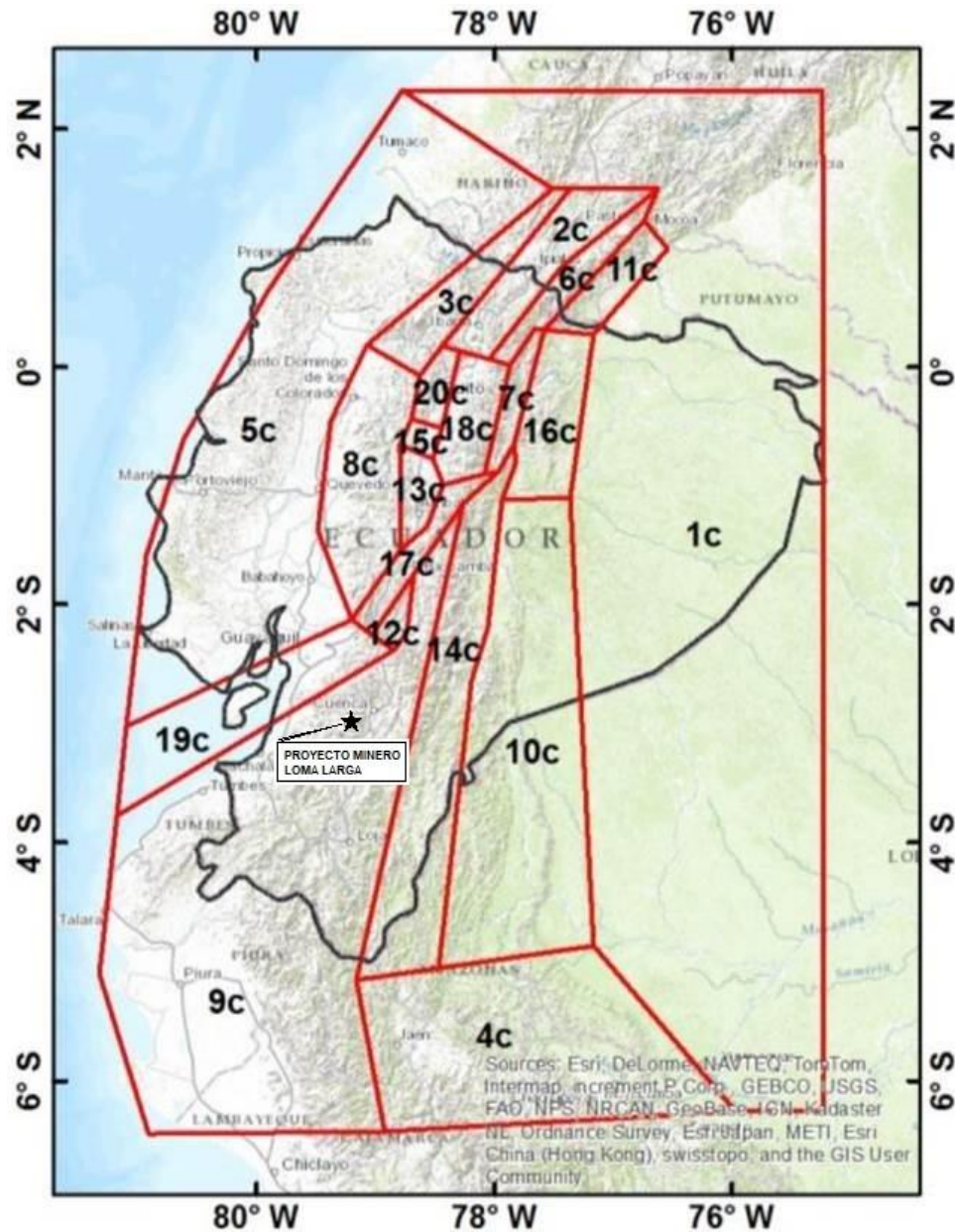


Figura 12-6 Fuentes Sísmicas de Tipo Corticales

Fuente: Alvarado, 2013

Tabla 12-8 Fuentes Corticales

ID	Nombre	Tipo de Falla
1c	Amazonas	Indeterminado
2c	El Ángel-San Gabriel	Inversa y normal
3c	Apuela-Huayrapungo	Normal
4c	Bagua	Inversa
5s	Canadé-San Lorenzo	Indeterminado
6c	Chingual	Normal
7c	Cofanés-Cosanga	Inversa
8c	Cordillera occidental	Indeterminado
9c	Cuenca Amotape	Indeterminado
10c	Cutucú	Inversa
11c	Sistema frontal este	Normal
12c	Guamote	Inversa y normal
13c	Latacunga	Inversa
14c	Macas	Inversa
15c	Machachi	Normal
16c	Napo	Inversa
17c	Pallatanga-Pisayambo	Normal
18c	Papallacta	Indeterminado
19c	Puná	Normal
20c	Quito	Inversa

Fuente: Alvarado, 2013

El área de estudio, según la Figura 12-6, así como lo detallado en la Tabla 12-8, corresponde a la fuente cortical de Cuenca Amotape (9c), siendo esta una falla de tipo Indeterminada.

De acuerdo con lo señalado en el capítulo 6. Diagnóstico Ambiental - Línea Base, las fallas identificadas no suponen un riesgo de ruptura del suelo y por ende que se constituyan un peligro para el Proyecto o las instalaciones asociadas, ya que no se han documentado fallas en la superficie cercana ni para las fallas activas.”.

12.3.1.2 Riesgo Volcánico

Por la lejanía de los complejos volcánicos al área del Proyecto, no existen riesgos significativos relacionados a estos fenómenos naturales. Eventualmente, se podrían presentar pequeñas caídas de cenizas, en dependencia de la dirección del viento en una eventual erupción del Volcán Sangay, que es el más cercano al Proyecto, a una distancia aproximada de 143 km desde el volcán hasta el área del Proyecto (Figura 12-7). La actividad más reciente del volcán Sangay, se registra el 8 de junio de 2020, en horas de la noche, donde se presentó un evento eruptivo posiblemente relacionado al colapso de frente de lava que baja por el flanco suroriental del volcán. Asociado a este colapso se habrían generado corrientes de densidad piroclásticas (flujos piroclásticos) que descendieron por el río Volcán (flanco sureste). Las emisiones de ceniza que se generaron durante este evento se trasladaron hacia el suroccidente debido a la dirección y a las altas velocidades del viento. La ceniza arribó a las provincias de Chimborazo, Los Ríos, Guayas, Santa Elena y Morona Santiago, provocando caídas de ceniza que variaron de fuerte a leve. En

el área geográfica no se registró caída de ceniza ni algún aspecto referente al proceso eruptivo del volcán Sangay.

Por lo tanto, el riesgo volcánico ha sido determinado como riesgo **IRRELEVANTE**, tal como se muestra en la Tabla 12-12, que indica que un evento volcánico de importancia, que pueda afectar al área de estudio, tiene una probabilidad de ocurrencia de una o más veces a lo largo de 50 años, con consecuencias no importantes, como se puede observar en la siguiente figura tomada del Mapa de peligros volcánicos, del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

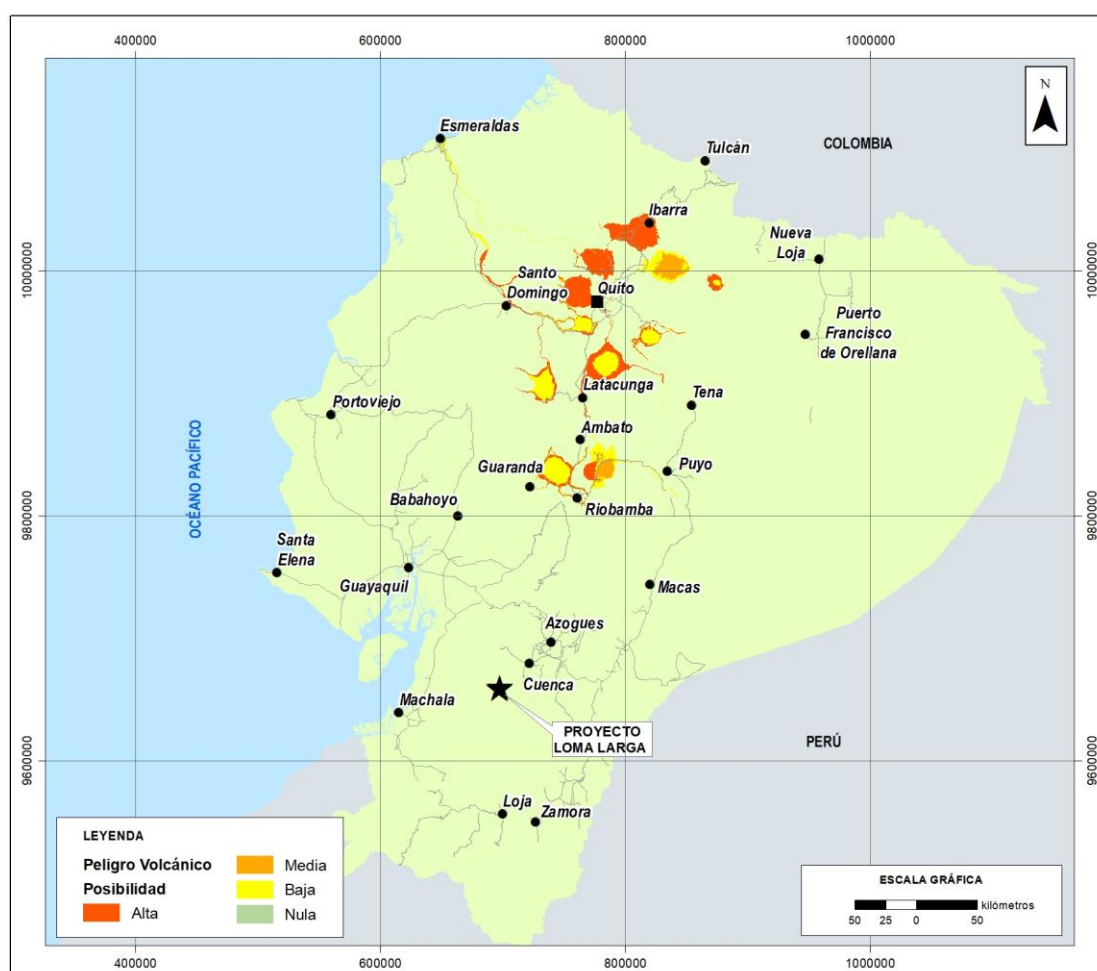


Figura 12-7 Amenazas Volcánicas del Ecuador

Fuente: Mapa de peligros volcánicos, IGEPN, Escala 1:50.000, 2011
Elaboración: Entrix, abril 2022

12.3.1.3 Riesgos Geomorfológicos

La evaluación de riesgos geomorfológicos incluye tres componentes principales: a) fenómenos geodinámicos: deslizamientos o movimientos de masa, b) estabilidad geomorfológica y c) tipos de suelos. Estos componentes se correlacionan directamente, sin embargo, en algunas ocasiones existen discrepancias en cuanto al nivel de riesgo; es decir, en un mismo paisaje el riesgo en cuanto a los fenómenos geodinámicos y estabilidad geomorfológica es alto, pero en cuanto al tipo de suelo, debido a que, a nivel superficial, presenta variables como la cobertura vegetal o drenajes naturales; muchas veces

este riesgo se lo cataloga como bajo. En estos casos el nivel más alto de clasificación fue el que se utilizó para el análisis con el propósito de mantener una perspectiva conservadora, tomando en cuenta que las actividades que se ejecutarán en el Proyecto incluyen movimiento de tierra, por tanto, se considera el nivel más crítico en cuanto a la respuesta del ambiente sobre el Proyecto.

De acuerdo con este análisis, en el área de estudio existen riesgos de inestabilidad geomorfológica potenciales, de carácter medio a alto (Figura 12-8). Los movimientos en masa se presentan con regularidad, especialmente en las épocas de grandes precipitaciones que están asociados a la sobresaturación de los suelos, a la fuerte pendiente natural que domina algunos sectores, al fracturamiento del sustrato rocoso y a áreas con intervención antrópica. Un proceso muy generalizado, que se observa en el sector analizado, es la presencia de zonas afectadas por reptación de suelos, incluso en área planas; esto se debe a la constitución de los suelos superficiales, que en su mayoría son de origen orgánico y en menor proporción residuales, pero todos ellos se encuentran sobresaturados casi todo el año debido a las condiciones climáticas de la región.

El Estudio de Geomorfología y de Estabilidad de Pendientes para las Zonas de Interés del Proyecto Quimsacocha, realizado en noviembre de 2010 por IAMGOLD ECUADOR S. A. (Anexo C. Respaldos Línea Base, C.1 Componente Físico, C.1.15 Estudio Geomorfológico-Estabilidad 2010), contiene información específica del área de implantación del Proyecto, basado en la siguiente metodología:

- > Recopilación y análisis de la información existente.
- > Reconocimiento de campo de la zona de estudio.
- > Análisis de las zonas susceptibles de deslizamientos en base de factores que contribuyen a la inestabilidad.

Y, sobre los datos empleados para la zonificación de la susceptibilidad de deslizamientos, están los siguientes:

- > Mapa geológico, IAMGOLD ECUADOR S. A., Escala 1:25 000, 2010; en el cual se indica la litología y unidades estructurales.
- > Mapa topográfico (curvas de nivel cada 1 m) IAMGOLD ECUADOR S. A., Escala 1:1000, 2010.
- > Mapa de uso del suelo, IAMGOLD ECUADOR S. A., Escala 1:25 000, 2010.
- > Mapa de la red de drenaje, IAMGOLD ECUADOR S. A., Escala 1:25 000, 2010.
- > Datos de precipitación de la zona, proporcionado por la IAMGOLD ECUADOR S. A.
- > Datos de campo, sobre las características geológicas y geotécnicas de las diferentes litologías.

Utilizando los diferentes mapas temáticos, dos distintos modelos fueron aplicados para la zonificación, estos son: el modelo de índice simple y el modelo de índice basado en litología ponderada. Los mapas fueron normalizados para compararse cuantitativamente entre ellos. Estos mapas fueron clasificados usando intervalos iguales en cinco niveles de susceptibilidad: Muy Bajo, Bajo, Moderado, Alto y Muy Alto. Esto permite incorporar la interacción de los diferentes factores que afectan a los deslizamientos sin entender la relación que existe entre estos. Una vez identificadas las diferentes zonas de susceptibilidad a deslizamiento (ZSD), se pueden tomar decisiones sobre el apropiado desarrollo que se puede dar a la zona, el tipo de mitigación que se pueden usar y/o las zonas que deben ser evitadas. En la siguiente tabla se presenta, de una manera descriptiva, el grado de susceptibilidad con los factores que pueden estar afectando al deslizamiento.

Tabla 12-9 Grado de Zonificación de Susceptibilidad a Deslizamiento

Grado de Susceptibilidad	Comentarios
Muy bajo (1)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.
Bajo (2)	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Moderado (3)	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Alto (4)	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables, donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Muy alto (5)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables, donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.

Fuente: IAMGOLD ECUADOR S. A., 2010

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos:

Grado de susceptibilidad alto (grado 4). Dentro del área de implantación del Proyecto existe, en áreas específicas, un grado de susceptibilidad alto; este comprende áreas que pueden verse afectadas en caso de condiciones climáticas extremas o cambios desfavorables en la geometría o cobertura del talud, así como presencia de materiales desplazados en caso de precipitaciones importantes en las zonas afectadas.

Grado de susceptibilidad moderado (grado 3). En el área de implantación del Proyecto, específicamente en el área centro, existen áreas de moderada susceptibilidad de deslizamiento. La zona de grado de susceptibilidad 3 se ubica en páramo de pajonal y semejantes con un grado mínimo de degradación.

Grado de susceptibilidad bajo (grado 2). En mayor porcentaje, el área de implantación del Proyecto se encuentra en áreas con susceptibilidad baja de deslizamientos y las de mayor extensión geográfica. Estas áreas, deben ser manejadas adecuadamente con el fin de no incrementar su grado de susceptibilidad. Estudios a detalle son recomendados en caso de construcción en estas zonas. La zona de grado de susceptibilidad 2 se ubica en el uso de suelo de páramo de pajonal y similares con un grado mínimo de degradación.

Con lo antes expuesto, de acuerdo con la evaluación de riesgo desarrollada, se tiene una calificación de **LEVE**, tal como se muestra en la Tabla 12-12.

La probabilidad de ocurrencia de movimiento de masas en el área de estudio, se ha determinado de una o más veces a lo largo de 10 años, en base a la información levantada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP) y el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SGR). Como se puede apreciar en la siguiente figura, el área de estudio se encuentra en una zona de riesgo por movimiento de masas, considerado como media.

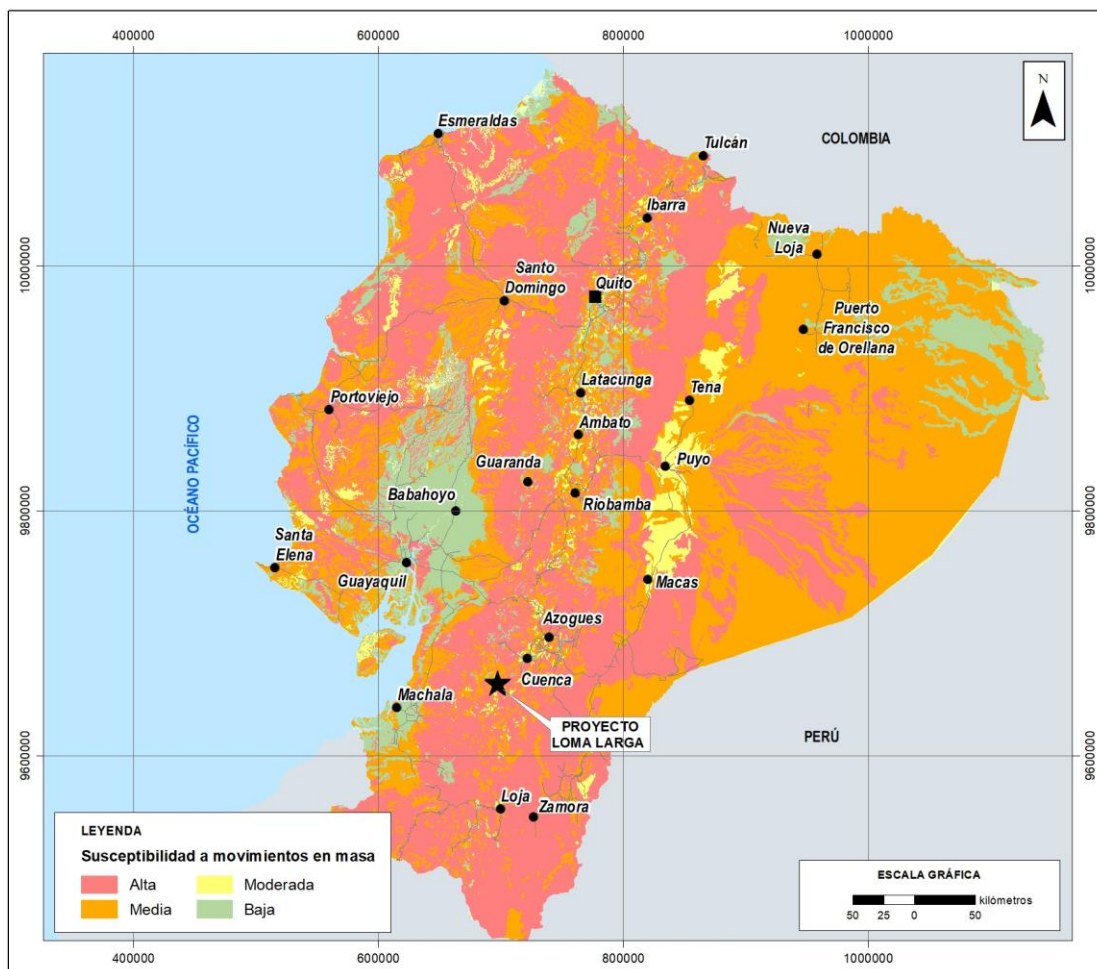


Figura 12-8 Mapa de Movimiento de Masas

Fuente: MAGAP-SGR, Mapa de movimientos de masa, Escala 1:250.000, 2003
Elaboración: Entrix, abril 2022

12.3.1.4 Riesgo Hidrogeológico

La metodología del componente hidrogeológico caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los siguientes parámetros (generalmente disponibles o fácilmente determinables), utilizando una adaptación de las metodologías propuestas por el Banco Mundial en la Guía Técnica-Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea, 2003:

G = Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración. Índice por condición de confinamiento del acuífero u ocurrencia del agua subterránea (*Groundwater occurrence*).

O = Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes), en términos de características litológicas y grado de consolidación, que determinan su capacidad de atenuación de contaminantes. (*Overall aquifer class*).

D = Distancia al agua determinada como: la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados (*Depth*).

Estos tres parámetros se multiplican para obtener una valoración de la vulnerabilidad de 0 (despreciable) a 1 (extrema).

La vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación se define por la facilidad con la cual ingresan las sustancias contaminantes al acuífero mediante infiltración a través del suelo y la zona no saturada (ZNS). En la Tabla 12-10 se resumen los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 12-10 Definición Práctica de Clases de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos

Clase de Vulnerabilidad	Definición Correspondiente
Extrema	Vulnerable a la mayoría de los contaminantes, con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación.
Alta	Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación.
Moderada	Vulnerable a algunos contaminantes, solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.
Baja	Solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo.
Despreciable	Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante.

Fuente: Banco Mundial en la Guía Técnica-Propuestas Metodológicas para la Protección del Agua Subterránea, 2003

Tabla 12-11 Análisis de la Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación

Unidad Hidrogeológica	Unidad Geológica	Características Hidrogeológicas	Vulnerabilidad				Categoría de Vulnerabilidad
			G	O	D	GOD	
M	Depósitos glaciares (Qg)	Superficiales, locales, muy discontinuos, de pequeña potencia, de bajo rendimiento. Porosidad intergranular media a baja. Niveles piezométricos < 5 m. Sobrepuestos por suelos orgánicos. Se lo puede conceptualizar como un acuitardo. Localmente, en áreas de humedales y/o almohadillas, la permeabilidad disminuye.	0,9	0,5	0,9	0,41	MEDIA
(B)	Formación Quimsacocha (MQ)	De muy bajo rendimiento, permeabilidad secundaria en zonas fracturadas; hidrogeológicamente, esta unidad se comporta como un acuífugo, los niveles piezométricos se localizan a profundidades > de 50 m.	0,6	0,6	0,6	0,22	BAJA
M - A	Formación Turi	Locales, discontinuos, de bajo rendimiento. Permeabilidad por porosidad intergranular, Niveles piezométricos > 10 m. Sobrepuestos por suelos orgánicos y/o residuales.	0,4	0,5	0,8	0,16	BAJA

Elaboración: Entrix, junio 2020

En función del análisis efectuado el riesgo hidrogeológico por posibles contaminados utilizados en el proyecto ha sido categorizado como **IRRELEVANTE**. (Tabla 12-12), que se puede presentar de una o más



12.3.1.5 Riesgos Climáticos

Para poder caracterizar adecuadamente el componente clima, se identificaron las estaciones meteorológicas próximas a la zona del Proyecto, buscando encontrar datos más significativos del parámetro clima en el área del Proyecto. Se utilizaron estaciones regionales de dos instituciones, el INAMHI y ETAPA, que cuentan con datos históricos de distintas variables climáticas. Adicional a las estaciones regionales, se utilizaron estaciones de un periodo de registro más corto, pero ubicadas dentro de la zona del Proyecto minero Loma Larga.

De acuerdo con el mapa climatológico presentado en la Figura 12-10, el proyecto minero Loma Larga se encuentra en el rango de precipitación 750-1000 mm. En la información presentada en la línea base física (Capítulo 6) se han considerado las siguientes estaciones y sus periodicidades: M0141 (1964-2015), M0417 (1975-2015), PMLL001 (2006-2009), PMLL003 (2006-2019), PMLL005 (2006-2009), PMLL006 (2006-2013) y PMLL009 (2006-2014). Los datos recopilados indican que en el área de implantación del proyecto presenta alta pluviosidad, con valores de 902,66 a 1246 mm anuales.

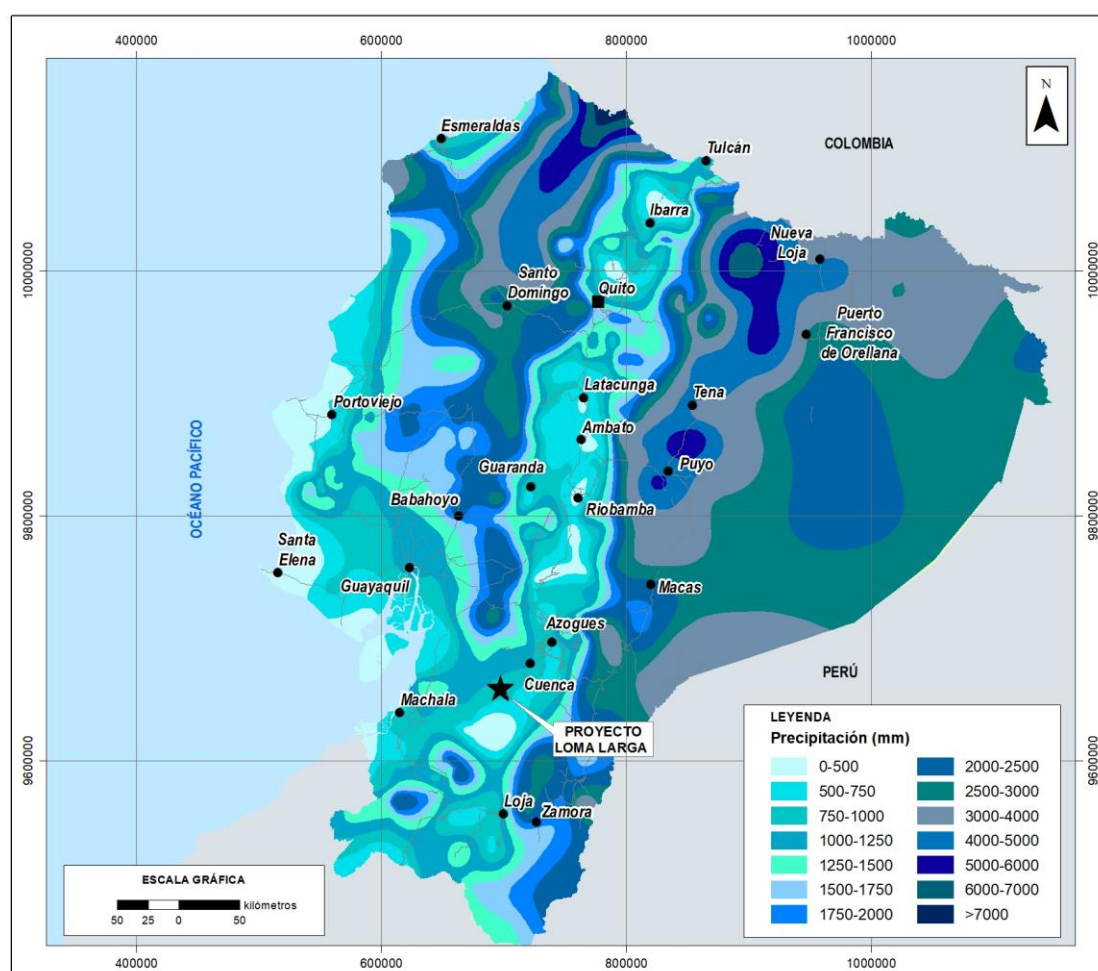


Figura 12-10 Mapa Climatológico (Isoyetas)

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2008
Elaboración: Entrix, abril 2022

De acuerdo con el mapa climatológico presentado en la Figura 12-11, el proyecto minero Loma Larga se encuentra en el rango de precipitación 6-8 °C. En la información presentada en la línea base física (Capítulo 6) se han considerado las siguientes estaciones y sus periodicidades: M0141 (1982-2014), PMLL003 (1964-2019), PMLL009 (2005-2015) y PMLL010 (2012-2016). Los datos recopilados indican que el área de implantación del Proyecto presenta una temperatura media mensual entre 5,69 a 8,72 °C.

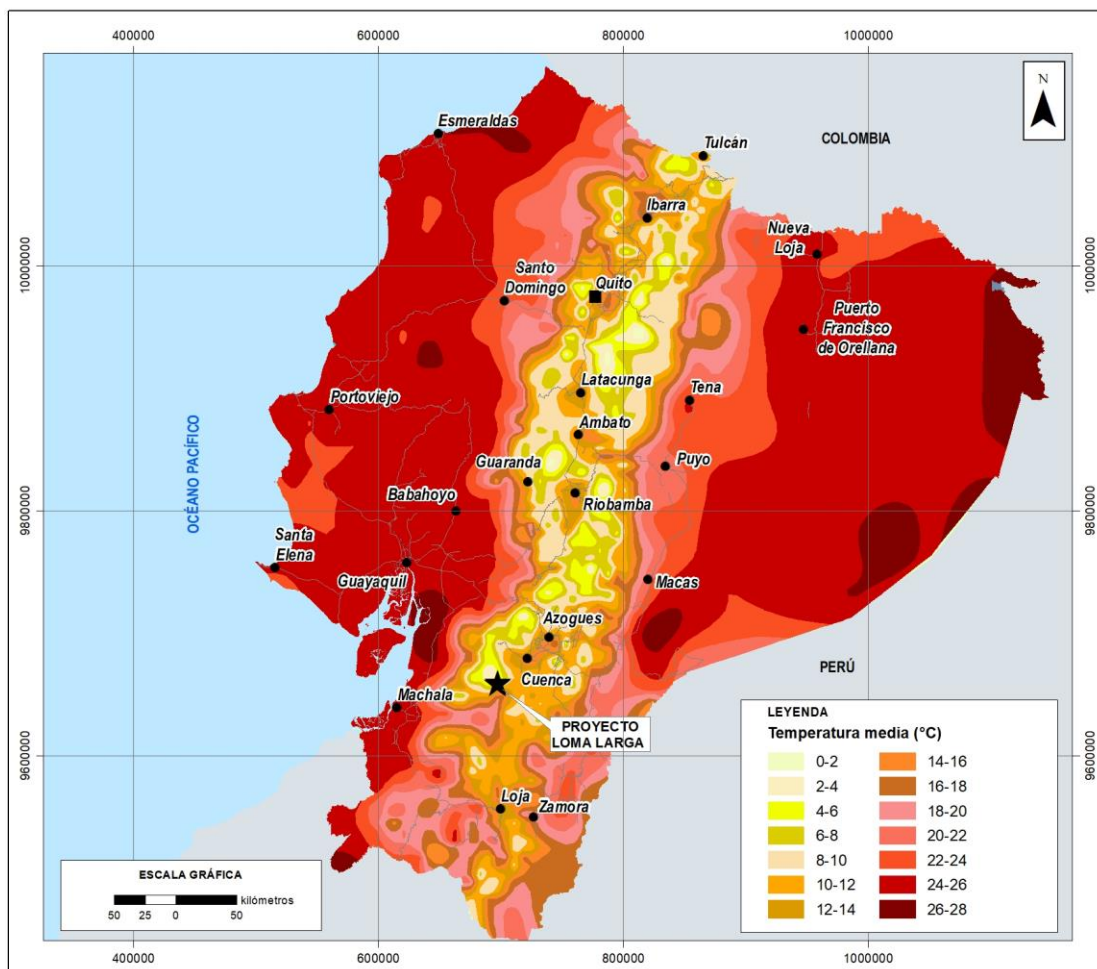


Figura 12-11 Mapa Climatológico (Isotermas)

Fuente: INAMHI, Escala 1:100 000, 2008
Elaboración: Entrix, abril 2022

En cuanto a la evapotranspiración potencial (ETP), de los datos recopilados de las estaciones escogidas y que forman parte del análisis de la línea base (Capítulo 6), en un período comprendido entre 1964 y 2019 existe una ETP promedio de 71,99 mm/mes, la ETP es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación, relacionado directamente con la temperatura media de una zona determinada por isotermas (Figura 12-11) e isoyetas (Figura 12-10). La relación de los datos obtenidos de la ETP respecto de los datos de la precipitación y la temperatura concluye que se evapora el 5,78 % de la cantidad de agua precipitada en el área de estudio, las pérdidas de agua en el área de estudio se puedan dar por topografía y características geomorfológicas, lo cual permite la infiltración o retención en humedales, que son característicos del páramo y de la zona de estudio. Bajo este contexto, la interacción climática relacionada con las actividades del Proyecto, podrían repercutir en la saturación del suelo, lo cual produce la acumulación de agua a nivel superficial, pudiendo causar inundaciones localizadas y poco probables.

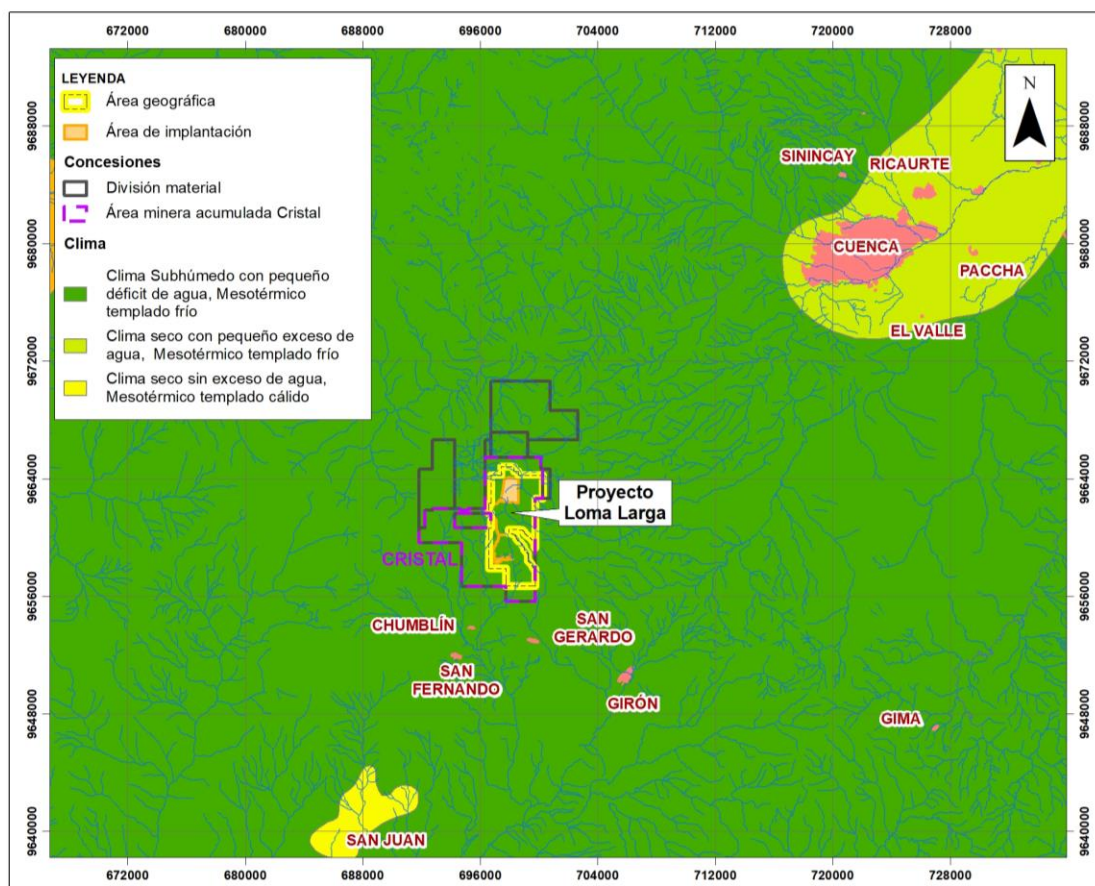


Figura 12-12 Mapa Climatológico (Tipos de Clima)

Fuente: Mapa de Tipos de Clima del Ecuador Continental, MAG-IICA-CLIRSEN, escala 1:250.000, 2003
Elaboración: Entrix, abril 2022

El área de estudio presenta un tipo de clima mesotérmico templado frío con un pequeño déficit de agua a nivel regional, como se muestra en la Figura 12-12, conforme a la información detallada en el Mapa de Tipos de Clima del Ecuador Continental (MAG-IICA-CLIRSEN, 2003). En la información presentada en la línea base física (Capítulo 6), en donde se ha utilizado el criterio de Köppen para el análisis de tipo de clima del área de implantación del Proyecto, se ha identificado que el área de implantación corresponde a un tipo de Clima E: clima polar o hehistotérmico, caracterizado por el hecho de que la temperatura del mes más cálido es menor a 10 °C. Específicamente es un clima ETH: clima alpino, debido a que la vegetación es predominantemente de hierbas, la temperatura del mes más cálido está entre 0 y 10 °C y es un clima correspondiente a una región alta de montaña (Koppen, 2011).

De acuerdo con este análisis, el riesgo climático ha sido calificado como **LEVE** (Tabla 12-12), que se puede presentar una vez al año, con consecuencias limitadas. La probabilidad de ocurrencia para el riesgo climático del área de estudio se ha determinado en base a las características climatológicas determinadas en función de los datos recopilados de fuentes oficiales (fuentes secundarias), así como de la caracterización puntal del área de implantación del Proyecto.

Página en blanco

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la evaluación de riesgos físicos del ambiente sobre el proyecto, cuyo promedio es **IRRELEVANTE**, con 5 puntos.

Tabla 12-12 Evaluación de Riesgos Físicos del Ambiente sobre el Proyecto

Riesgos Físicos	Frecuencia	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población Afectada	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Riesgo sísmico	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Alta (3)	No Peligrosa (1)	Puntual (1)	Muy poca (1)	3	1	3
Riesgo volcánico	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 50 años (2)	Muy Poca (1)	No peligrosa (1)	Muy extenso (4)	Muy poca (1)	2	2	4
Riesgo geomorfológico	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Poca (2)	No Peligrosa (1)	Extenso (3)	Muy poca (1)	3	2	6
Riesgo Hidrogeológico	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 50 años (2)	Poca (2)	No Peligrosa (1)	Puntual (1)	Muy poca (1)	2	2	4
Riesgo climático	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 1 año (4)	Poca (2)	No Peligrosa (1)	Extenso (3)	Muy poca (1)	4	2	8

Fuente y Elaboración: Cardno Entrix, julio 2020

Página en blanco

12.3.2 Riesgos del Medio Biótico

Existen algunos riesgos de índole biológico que amenazan al ser humano que desarrollará sus actividades en las áreas del Proyecto, en especial por grupos de fauna: inflamación o hirsutismo por contacto con animales ponzoñosos, daños o alteración a la infraestructura y a los equipos. A continuación, se presenta la calificación de los riesgos descritos, en función de los grupos bióticos:

12.3.2.1 Taponamiento de Tuberías de Captación por Crecimiento de Algas y Musgos

Dado el rápido crecimiento de algas y musgo, debido a la zona donde se ubica el Proyecto (páramo y humedales), existe la posibilidad de que las tuberías se taponen por el crecimiento biológico antes expresado, generando un riesgo para la infraestructura y su correcto funcionamiento.

Este evento podría ocurrir una o más veces a lo largo de un año, sin peligrosidad y de afectación poco extensa. En tal virtud, este factor tiene una calificación de riesgo **IRRELEVANTE**, con 4 puntos. Este factor de riesgo podría presentarse al realizar actividades de campo, cotidianas del Proyecto.

12.3.2.2 Contacto con Animales Ponzoñosos Generadores de Alergias

La picadura de insectos generadores de alergias y el contacto con artrópodos ponzoñosos (arácnidos y alacranes) podrán causar inflamaciones cutáneas las que constituyen un riesgo para el personal que realice actividades relacionadas con el Proyecto.

Este tipo de picaduras, mordeduras o contacto podrían ocurrir una o más veces a lo largo de un mes, sin peligrosidad y de afectación puntual. En tal virtud, este factor tiene una calificación de riesgo **IRRELEVANTE**, con 5 puntos. Este factor de riesgo podría presentarse al realizar actividades de campo, cotidianas del Proyecto.

12.3.2.3 Daño o Alteración de Infraestructura y Equipos Causados por la Fauna

En cuanto a los mamíferos roedores como potencial riesgo para la integridad de cableado e instalaciones eléctricas, se indica que es un evento probable (que podría ocurrir una o más veces a lo largo de 10 años), así como de carácter poco extenso y no peligroso. Este riesgo tiene una calificación de **IRRELEVANTE**, con 3 puntos. Este riesgo podría presentarse al realizar actividades de campo cotidianas del Proyecto.

Página en blanco

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la evaluación de riesgos bióticos del ambiente sobre el Proyecto, cuyo promedio es **IRRELEVANTE**, con 4 puntos.

Tabla 12-13 Evaluación de Riesgos Bióticos del Ambiente sobre el Proyecto

Riesgos Bióticos	Frecuencia	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Taponamiento de tuberías de captación por crecimiento de algas y musgos	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 1 año (4)	Muy poca (1)	No peligrosa (1)	Puntual (1)	Muy poca (1)	4	1	4
Contacto con animales ponzoñosos	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 1 mes (5)	Muy poca (1)	No peligrosa (1)	Puntual (1)	Muy poca (1)	5	1	5
Daño o alteración de infraestructura y equipos causados por la fauna	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Muy poca (1)	No peligrosa (1)	Puntual (1)	Muy poca (1)	3	1	3

Fuente y Elaboración: Cardno Entrix, julio 2020

Página en blanco

12.3.3 Riesgos del Medio Socioeconómico

El trabajo que ha realizado DPMECUADOR SA en la zona ha generado relaciones armónicas con las localidades y actores sociales de la zona, por lo que actualmente no se registran conflictos sociales; sin embargo, cabe mencionar que hay una presencia de minería informal en la zona.

12.3.3.1 Posiciones Políticas Antiminería a Nivel Nacional

La extracción de minerales a gran escala es un tema que en los últimos años ha tomado más fuerza definiendo posiciones radicales a favor y en contra; la posición de los actores sociales, en este sentido, se mezcla con discursos políticos. Por tanto, la posición radical de cierto grupo de políticos a nivel nacional con poder para paralizar el Proyecto es un riesgo latente para este, por lo cual se ha calificado como probable, específicamente durante las actividades previas a la construcción. Si llegara a pasar, las consecuencias son muy serias, por lo que presenta con una calificación de 12 puntos y es determinado como riesgo **MODERADO**. Bajo la misma línea en los siguientes años en la fase de operación, esta probabilidad disminuye.

12.3.3.2 Sabotaje o Paralizaciones de Actividades por Pobladores de la Zona y Grupos de Interés

El Proyecto se ubica en una zona que es aprovechada por las localidades cercanas para el desarrollo de actividades agropecuarias, principalmente ganadería. La actividad minera llevada a cabo en la zona, hasta el momento, ha sido en fase de exploración, por lo que no ha requerido mayores actividades, a pesar de lo cual se han presentado varias reacciones de distintos grupos sociales motivados por intereses personales. Actualmente, el desarrollo del Proyecto enfrenta el reto de iniciar la fase de explotación y beneficio, lo cual genera expectativas en las localidades del área, incluyendo a autoridades locales y otros actores sociales, que podrían influenciar positiva o negativamente sobre la opinión de la población; sin embargo, en varias ocasiones las posiciones pueden ser negativas por inconformidades con el desarrollo del Proyecto, por desacuerdos en actividades de contratación de mano de obra, entre otras desavenencias.

Dadas las condiciones observadas en campo, se considera que este riesgo es altamente probable que ocurra, con consecuencias limitadas, por lo que se determinó como riesgo **LEVE**, con una calificación de 8 puntos.

12.3.3.3 Conflictos Sociales por la Presencia de Minería Informal en Zonas Cercanas

En los cantones cercanos de Santa Isabel y Pucará, así como otros de la provincia del Azuay, se ha identificado pasivos ambientales relacionado con minería, es decir a la presencia de minería informal. Este fenómeno podría incentivar a pobladores de la zona a buscar sitios con presencia de afloramiento de minerales para explotarlos de forma ilegal e involucrar a personas de las localidades. Sin embargo, debido a que el cuerpo mineralizado se encuentra a 150 m de profundidad, es poco atractivo para la extracción ilegal, por consiguiente, se descarta el riesgo en el sitio del Proyecto; pero, es posible que se presente en las parroquias del área de influencia indirecta que involucren pobladores locales. En caso de que esto se presente, tendría consecuencias serias, por lo que se determina a este riesgo como **LEVE**, con una calificación de 6 puntos.

12.3.3.4 Incremento de la Inseguridad: Asaltos y Robos

En las localidades del área de estudio los hechos de delincuencia mayormente están relacionados con el robo de ganado y delitos menores, sin embargo, con la presencia de personas ajenas a la comunidad, atraídas al sector por el incremento de capital circulante, podría ocasionar que la delincuencia se presente en actos de robos y asaltos enfocado hacia los trabajadores, a pesar de que la empresa dispondrá de seguridad física para el cuidado de toda infraestructura, equipos, materiales y personal relacionado al Proyecto. Aun así, no están exentos de que estos casos se presenten, por lo que se considera altamente

probable, y, si ocurriese, sus consecuencias son serías, por lo que se lo ha calificado con 12 puntos, como riesgo **MODERADO**.

12.3.3.5 Retención de Personal o Daño a la Integridad Física de los Trabajadores

Siguiendo la línea de lo antes señalado, la ejecución del Proyecto implica la presencia y movilización de empleados de DPMECUADOR SA, subcontratistas y visitantes, quienes pueden estar expuestos a actos violentos: retención de personal o daño a la integridad física por parte de grupos delincuenciales o personas con intención de perjudicar el normal desarrollo del Proyecto. Se determina que es posible que se presente este tipo de actos, y, en caso de que ocurriesen, las consecuencias pueden ser muy serias, por lo que se ha calificado al riesgo con 8 puntos, considerado como un riesgo **LEVE**.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la evaluación de riesgos socioeconómicos del ambiente sobre el Proyecto, cuyo promedio es **LEVE**, con 9 puntos.

Tabla 12-14 Evaluación de Riesgos Socioeconómicos del Ambiente sobre el Proyecto

Riesgos Socioeconómicos	Frecuencia	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Patrimonio Cultural, Capital Productivo y Población	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Posiciones políticas antiminería a nivel nacional	Ocorre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Alta (3)	Peligrosa (3)	Muy extenso (4)	Muy alta (4)	3	4	12
Sabotaje o paralizaciones de actividades por pobladores de la zona y grupos de interés	Ocorre 1 o más veces a lo largo de 1 año (4)	Muy poca (1)	Poco peligrosa (2)	Extenso (3)	Poca (2)	4	2	8
Conflictos sociales por la presencia de minería informal en zonas cercanas	Ocorre 1 o más veces a lo largo de 50 años (2)	Muy poca (1)	Peligrosa (3)	Muy extenso (4)	Poca (2)	2	3	6
Incremento de la inseguridad: asaltos y robos	Ocorre 1 o más veces a lo largo de 1 año (4)	Poca (2)	Poco peligrosa (2)	Muy extenso (4)	Poca (2)	4	3	12
Retención o daño a la integridad física de los trabajadores	Ocorre 1 o más veces a lo largo de 50 años (2)	Muy alta (4)	Muy peligrosa (4)	Local (2)	Alta (3)	2	4	8

Fuente y Elaboración: Cardno Entrix, abril 2021

Página en blanco

12.3.4 **Resumen de los Riesgos del Ambiente sobre el Proyecto**

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la información presentada sobre la calificación de los riesgos del ambiente sobre el Proyecto.

Tabla 12-15 Resumen de los Riesgos del Ambiente sobre el Proyecto

Riesgos	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Riesgos Físicos			
Sísmico	3	1	3
Volcánico	2	2	4
Geomorfológico	3	2	6
Hidrogeológico	2	2	4
Climático	4	2	8
Riesgos Bióticos			
Taponamiento de tuberías de captación por crecimiento de algas y musgos	4	1	4
Contacto con animales ponzoñosos	5	1	5
Daño o alteración de infraestructura y equipos causados por la fauna	3	1	3
Riesgos Socioeconómicos			
Decisiones políticas antiminería a nivel nacional	3	4	12
Sabotajes o paralizaciones de actividades y por pobladores de la zona y grupos de interés	4	2	8
Conflictos sociales por la presencia de minería informal en zonas cercanas	2	3	6
Incremento de la inseguridad: asaltos y robos	4	3	12
Retención de personal o daño a la integridad física de los trabajadores	2	4	8

Fuente y Elaboración: Cardno, abril 2021

Se define entonces al riesgo del ambiente sobre el Proyecto como **LEVE**, con una calificación promedio de 6 puntos (Anexo B. Cartografía, Mapa 11.3-1 Riesgos del Ambiente sobre el Proyecto Físico, Mapa 11.3-2 Riesgos de Ambiente sobre el Proyecto Biótico, Mapa 11.3-3 Riesgos del Ambiente sobre el Proyecto Socioeconómico).

12.4 **Evaluación de Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente**

Las actividades que se realizarán como parte de las fases de construcción, operación y mantenimiento y cierre del Proyecto, conllevan a una intervención sobre el ambiente. Por lo tanto, las actividades del Proyecto pueden constituirse en amenazas, tanto para el entorno natural (biótico) como físico y socioeconómico.

En la presente sección, se realiza el análisis de los riesgos presentes durante la ejecución del Proyecto (infraestructura, personal, etc.), respecto a las condiciones ambientales del área del Proyecto (componentes socioambientales).

N.B. Cabe señalar que cualquier efecto sobre el medio ambiente de cualquier elemento en esta evaluación se clasifica como "muy alto" ya que el Proyecto se encuentra dentro de un área protegida.

12.4.1 Riesgos del Medio Físico

12.4.1.1 Incendio y/o Explosiones

El riesgo de incendio y/o explosiones está presente en el desarrollo de las actividades del Proyecto principalmente por el uso y almacenamiento de explosivos, combustibles y químicos, fallas operativas y prácticas inseguras en relación a materiales inflamables. Las consecuencias potenciales incluyen efectos de la contaminación del aire y suelo, y daños a la propiedad y a la salud de las personas.

Se define a riesgo de incendio en los siguientes términos:

> **Sitios potenciales**

- Polvorín.
- Estación de combustible.
- Áreas de almacenamiento temporal de explosivos.
- Bahía de mantenimiento de maquinaria.
- Área de almacenamiento de sustancias químicas.
- Bodega.

> **Escenarios causales**

- Accidente vehicular.
- Prácticas inseguras u omisión de procedimientos.
- Elementos externos a la instalación: descarga atmosférica, disturbios civiles.

> **Sucesos iniciadores**

- Cortocircuitos inesperados.

> **Escenarios de consecuencias**

– Primarias potenciales:

- > Afectación a la salud del personal.
- > Destrucción de la cobertura vegetal original y propia de los páramos: pajonal y almohadilla (en caso de que se llegue a propagar el incendio hacia el entorno).
- > Afectación en la infraestructura instalada (en caso de explosión).
- > Emisión de humo.

– Secundarias potenciales:

- > Ampliación del efecto de borde.
- > Desplazamiento de especies.
- > Degradación del paisaje.

En base a lo antes descrito, la calificación obtenida de la estimación de riesgo de incendio y/o explosión tiene una calificación de 12 puntos, correspondiente a **MODERADO**. En la Tabla 12-16 se presenta el resumen de la evaluación realizada.

Las consideraciones tomadas para las calificaciones son las siguientes:

- > Peligro de inflamabilidad.

- > Diseño de depósitos bajo estándares de ingeniería.
- > Condiciones de gestión de seguridad industrial conforme a buenas prácticas en la industria.
- > Para que el incendio ocurra se requiere que no hayan funcionado los mecanismos de prevención y protección contra el fuego y que exista un medio de propagación hacia el exterior o un evento sísmico con carácter catastrófico.

12.4.1.2 Derrame de Sustancias Contaminantes

Las principales causas suelen ser: mantenimiento deficiente y contención inadecuada de las sustancias químicas, y los efectos potenciales incluyen la contaminación del suelo, agua y amenaza a la salud humana.

Las sustancias utilizadas y que podrían derramarse son: líquidos inflamables y combustibles, refrigerantes para motores, lubricantes para equipos, disolventes para limpieza, ANFO, e incluso desechos peligrosos, cada uno con diferente potencial de causar contaminación.

Se define riesgo por derrame o fuga de sustancias contaminantes en los siguientes términos:

- > Sitios potenciales
 - Polvorín.
 - Estación de combustible.
 - Áreas de almacenamiento temporal de explosivos.
 - Bahía de mantenimiento de maquinaria.
 - Área de almacenamiento de sustancias químicas.
 - Bodega.
 - Área de almacenamiento temporal de desechos peligrosos.
- > Fuentes potenciales
 - Químicos y lubricantes.
 - Explosivos.
 - Combustibles.
 - Desechos peligrosos.
- > Escenarios causales
 - Accidente vehicular.
 - Prácticas inseguras u omisión de procedimientos.
 - Elementos externos a la instalación: descarga atmosférica, disturbios civiles.
 - Contención inadecuada.
 - Procedimientos inadecuados de carga/descarga de depósitos/maquinaria.
 - Procedimientos inadecuados de transporte.
 - Envase/contención insegura.
- > Sucesos iniciadores

- Derrame en el proceso de descarga de autotanques.
 - Derrame en el proceso de carga de combustible.
 - Derrame en el proceso de descarga de químicos.
 - Derrame en el proceso de carga de camión de explosivos.
 - Derrame de sustancias combustibles en el taller de camiones, bahías de reabastecimiento de combustible y almacenamiento de aceites.
 - Derrame de productos químicos en el área de bodegas y la planta.
- > Escenarios de consecuencias
- Primarias:
 - > Contaminación al suelo/agua.
 - > Daño al ecosistema.
 - > Degradación del paisaje.
 - Secundarias
 - > Afectación a la salud humana.
 - > Afectación a especies terrestres de fauna por intoxicación.
 - > Afectación a la flora por contaminación del suelo.

Sobre la base de lo antes descrito, la calificación obtenida de la estimación de riesgo de derrame de sustancias contaminantes tiene una calificación de 9 puntos, correspondiente a **LEVE**. En la Tabla 12-16 se presenta el resumen de la evaluación realizada.

Las consideraciones tomadas para las calificaciones son las siguientes:

- > Riesgo para la salud.
- > Características de peligrosidad de materiales usados en el Proyecto.
- > Sistemas de drenaje de escorrentía de instalaciones de almacenamiento de químicos y lubricantes diseñados conforme a estándares de ingeniería.
- > Diseño de las áreas de almacenamiento de combustibles y recipientes de químicos bajo estándares de ingeniería correspondientes.
- > Estándares de gestión de seguridad industrial conforme a buenas prácticas en la industria.

Se requiere que haya un evento catastrófico, como un sismo, derrumbe, aluvión o una inundación que destruyan o colapsen la infraestructura de contención y la desactivación o mal funcionamiento de los sistemas de seguridad.

12.4.1.3 Falla en el Funcionamiento de Infraestructura

Se define como falla operativa a los eventos imprevistos relacionados al diseño y operatividad de las obras civiles para la implantación e instalación de facilidades para el desarrollo del Proyecto; esto, en cuanto a las condiciones de seguridad, topografía, así como las condiciones ambientales y factores relevantes de este para la ubicación y desarrollo de actividades constructivas.

Para el presente análisis se ha determinado la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de una posible falla operativa de las piscinas de aguas de contacto, distribuidas en función de las facilidades complementarias. Las piscinas están sometidas a las condiciones ambientales donde se desarrolla el

Proyecto, como es el caso de las precipitaciones, ya que, al estar el Proyecto en un ecosistema de páramo, las precipitaciones son entre 902,66 mm a 1246 mm anuales.

Sin embargo, se debe considerar que las piscinas de manejo de aguas de contacto también estarán expuestas a la recolección de agua de escorrentía (sistema de control de aguas). Es por ello que la carga pluviométrica existente en el área de estudio tendrá una influencia directa e indirecta en la recarga de las piscinas comprometiendo su capacidad de retención. Adicional al análisis antes mencionado, es importante indicar que las piscinas de las facilidades complementarias tienen un diseño en base a la precipitación de área de estudio con un periodo de retorno de 50 años. Por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia de rebosamiento de estas infraestructuras se reduce.

Otro factor importante dentro del análisis de colapso de infraestructura (planta de procesos de mineral), corresponde a la implementación de facilidades complementarias, a nivel general. La planta de procesos de mineral será implantada en terraplenes de tipo terraza, las cuales serán conformadas dadas las condiciones del terreno del área de estudio. Esto conlleva a que, al realizar movimiento de suelos, la probabilidad de que existan deslizamientos o derrumbes aumenta, ya que las condiciones propias del terreno estarían siendo alteradas. En base al análisis realizado, la compañía tiene previsto la construcción de taludes estables con base a los factores de seguridad mínimos aceptables para condiciones estáticas y pseudoestáticas de 1,5 y 1,0 respectivamente, cumpliendo con estándares internacionales de estabilidad de taludes; adicionalmente, estos taludes estarán cubiertos por geomembrana, que impedirá la erosión hídrica, permitiendo la estabilidad del talud. Es importante mencionar que, como parte del proceso constructivo, el suelo es eliminado a una base sólida previo a la construcción, lo cual disminuye la probabilidad de ocurrencia del fallo del funcionamiento de la infraestructura.

En consecuencia, el riesgo debido a fallas en el funcionamiento de infraestructura se califica como **IRRELEVANTE**; es decir, se tiene un riesgo probable con consecuencias irrelevantes, sin embargo, los estándares de calidad constructivos y operativos de la infraestructura a ser instalada, así como la obra civil, tienen la capacidad de mitigar la probabilidad de ocurrencia de este riesgo. En la Tabla 12-16 se presenta el resumen de la evaluación realizada.

12.4.1.4 Daño a la Relavera

En cuanto a la instalación de la relavera, es importante mencionar que está directamente relacionado con los eventos imprevistos con respecto al diseño, estabilidad y operatividad de esta. La relavera está sometida al comportamiento de las condiciones climáticas y geotécnicas a la hora de decidir el diseño óptimo en cuanto a criterios operativos y de diseño. Sin embargo, la compañía, de acuerdo con el plan minero, procesará alrededor de 3000 toneladas secas por día (3400 toneladas por día a partir del quinto año). Por otro lado, se considera que la superficie de la relavera con respecto a las Zona de Recarga hídrica es de 180,31 ha (0,09%) sin embargo el diseño de la relavera incluye un sistema de conducción de aguas lluvia, cuyo objetivo es evitar el ingreso de escorrentías de aguas superficiales hacia el interior del depósito de almacenamiento de la relavera y evitar la zona de recarga hídrica. Este sistema está compuesto por una serie de canaletas ubicadas perimetralmente a la relavera. El diseño de la relavera incorpora además un sistema de drenaje interno, cuyo objetivo es el manejo de aguas lluvia cayendo sobre los relaves, un sistema de colección de subdrenaje para recuperar fluido de infiltración bajo los relaves y una piscina exterior para almacenar el agua de infiltración del sistema de subdrenaje y aguas lluvia. Adicionalmente, a nivel ingenieril, se ha determinado el análisis de taludes del área de relaves, que fueron establecidos como 1,5 y 1,0, respectivamente, cumpliendo con estándares internacionales de seguridad. Con respecto a las áreas de recarga hídrica, en el PDOT y PUGS se señala, *“las áreas de recarga hídrica son principalmente las zonas de interés hídrico o captación de agua; reflejadas en la consulta popular por el agua del cantón Cuenca; su finalidad es la conservación de las zonas naturales y su recuperación ambiental para futuro aprovisionamiento de agua; pertenecen al nivel de uso protección o conservación”* en ese sentido se evidencia que los puntos de captación y descarga del PLL no se encuentran dentro de dicha zonas es decir la sensibilidad es baja relacionada a eventos imprevistos.

La estabilidad de taludes de la relavera fue evaluada a por medio de dos secciones generales, a través de los muros de contención, incluyendo una sección en dirección norte-sur y una sección en dirección este-oeste. Tanto para el caso intermedio al final de Fase 1 como al final de Fase 3, el nivel de relaves se encuentra a la elevación máxima bajo la revancha. Dado que la totalidad de la superficie de la relavera será impermeabilizada con geomembrana, el análisis asume que el muro se mantendrá en condiciones no saturadas durante toda la vida útil de la estructura. De esta manera, en cuanto al diseño y medidas de seguridad antes mencionadas, en el área de relaves disminuye la probabilidad de ocurrencia de un posible colapso de esta infraestructura.

En consecuencia, el riesgo debido a la ruptura de la relavera se califica como **LEVE**; es decir, se tiene un riesgo probable y en caso de materializarse el riesgo las consecuencias serían muy serias; sin embargo, los estándares de calidad constructivos y operativos de la relavera tienen la capacidad de mitigar la probabilidad de ocurrencia de este riesgo. En la Tabla 12-16 se presenta el resumen de la evaluación realizada.

12.4.1.5 Subsistencia de Mina y Galerías

La subsidencia (el hundimiento) asociada con la minería, generalmente, se debe a la falla de la roca en el techo o las paredes de las áreas abiertas dentro de la mina.

Conforme a las características topográficas e hidrogeológicas del área de estudio, no se espera la subsidencia del área sobre o alrededor de la operación minera Loma Larga, ya sea durante las operaciones o al cierre, por las siguientes razones:

- > La roca que rodea la mina es de buena calidad y se considera competente.
- > La calidad de la roca del yacimiento mineral está asociada con los tres tipos de alteración que son competentes con una resistencia a la compresión (UCS) no confinada de 50 a 250 MPa para la mayor parte del cuerpo mineral.
- > Los tamaños de los rebajes son pequeños y los tiempos de ciclo son cortos dentro de la secuencia minera, por lo tanto, las fallas durante las operaciones son improbables.
- > Todos los rebajes se llenarán con un relleno de pasta cementada después de que se haya eliminado el mineral. Esto asegura que los rebajes sean compatibles durante las operaciones y al cierre. Este relleno tendrá la competencia de concreto de baja resistencia (200 a 300 KPa).
- > El soporte en tierra se utilizará durante las operaciones para garantizar que las aberturas sean seguras.
- > El pilar de la corona entre las operaciones mineras y la superficie tiene aproximadamente 60 m de altura, y se considera competente dado el soporte en tierra y las instalaciones de relleno durante las operaciones.

En consecuencia, el riesgo debido a subsidencia de mina y galerías se califica como **IRRELEVANTE**; es decir, se tiene un riesgo probable con consecuencias limitadas. En la Tabla 12-16 se presenta el resumen de la evaluación realizada.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la información presentada sobre de la evaluación de riesgos físicos del Proyecto sobre el ambiente, cuyo promedio es **LEVE**, con 7 puntos.

Tabla 12-16 Evaluación de Riesgos Físicos del Proyecto sobre el Ambiente

Riesgos Físicos	Frecuencia	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población Afectada	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Incendios y/o explosiones	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Poca (2)	Muy peligrosa (4)	Local (2)	Muy Alta (4)	3	4	12
Derrames de sustancias contaminantes	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Poca (2)	Poco peligrosa (2)	Local (2)	Muy Alta (4)	3	3	9
Colapso de Infraestructura	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 100 años (1)	Poca (2)	No peligrosa (1)	Local (2)	Muy Alta (4)	1	2	2
Daño de la relavera	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 50 años (1)	Poca (2)	Muy Peligrosa (4)	Local (2)	Muy Alta (4)	2	4	8
Subsidencia de mina y galerías	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 100 años (1)	Poca (2)	Muy peligrosa (4)	Puntual (1)	Muy Alta (4)	1	4	4

Fuente y Elaboración: Cardno Entrix, julio 2020

Página en blanco

12.4.2 Riesgos del Medio Biótico

12.4.2.1 Caída de Animales (espacios confinados, pozos, piscinas, etc.)

Dentro del área de implantación del Proyecto se deberá tener en consideración la caída de animales a espacios confinados, por ejemplo, excavaciones durante las actividades de construcción; a pesar de que la compañía tiene medidas de control para evitar estos acontecimientos, existe la posibilidad de que algún animal sufra caídas dentro de estos espacios.

Considerando que este riesgo puede ocurrir una o más veces a lo largo de un año, de carácter puntual, tiene una calificación de 12 puntos, correspondiente a **MODERADO**.

12.4.2.2 Atropellamiento de Fauna en Vías de Acceso

Debido a la presencia del PMLL se contempla el incremento del tránsito de vehículos hacia el área del Proyecto. Considerando que la velocidad de tránsito de los vehículos dentro del área del Proyecto será regulada y controlada por la compañía, existe la posibilidad de que algún animal sea atropellado intentando cruzar de un lado al otro de la vía.

Tomando en cuenta que este riesgo puede ocurrir una o más veces a lo largo de un año, que es de poca extensión y es peligrosa, se lo ha calificado como **MODERADO**, con 12 puntos.

12.4.2.3 Pérdida de Hábitats o Microhábitats Acuáticos por Desvío de Agua en Humedales

De acuerdo con las características ecológicas propias de la zona, se presentan varios humedales dentro del área de Proyecto que serán intervenidos, dichos lugares presentan condiciones de sensibilidad alta.

Considerando que este riesgo puede ocurrir una o más veces a lo largo de 10 años, es muy extenso y muy peligroso, se la ha calificado como **MODERADO**, con 12 puntos.

12.4.2.4 Pérdida de Especies Endémicas, en Peligro de Extinción, Raras o Nuevas

Los páramos son ecosistemas que albergan especies de flora y fauna única, que son especialistas de este hábitat y contienen un alto nivel de endemismo. De acuerdo con este contexto, se deberán considerar actividades de rescate y reubicación de especies, previo o a la par de las actividades constructivas, con la finalidad de evitar su pérdida.

Considerando que este riesgo puede ocurrir una o más veces a lo largo de 10 años, de carácter extenso y muy peligroso, se ha otorgado la calificación de **MODERADO**, con 12 puntos.

12.4.2.5 Introducción de Especies Exóticas

Pese a que existen políticas claras por parte de DPMECUADOR SA, tanto para sus trabajadores como compañías proveedoras de servicios, donde se señala la prohibición expresa de introducción de especies exóticas de flora y fauna, existe el riesgo de introducir especies exóticas a las áreas del Proyecto.

Tomando en cuenta que este riesgo puede ocurrir una o más veces a lo largo de 10 años, de carácter extenso y muy peligroso, se lo ha calificado con 12 puntos, correspondientes a riesgo **MODERADO**.

12.4.2.6 Incremento de Cacería y Tráfico de Especies

Considerando que existen políticas claras por parte de la compañía, tanto para sus trabajadores, como para el personal de las compañías proveedoras de servicios, normativa ambiental general y normas internas de la compañía, que señalan la prohibición expresa de cacería y/o pesca de especies exóticas de flora y fauna, el presente acápite considera necesario evaluar que, al crear nuevos espacios, existe una mayor probabilidad de que los pobladores aledaños puedan acceder más fácilmente al recurso.

Tomando en cuenta que este riesgo puede ocurrir una o más veces a lo largo de un año, de carácter poco extenso y siendo peligroso, se lo ha calificado con 16 puntos, correspondiente a riesgo **SEVERO**.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la información presentada sobre de la evaluación de riesgos bióticos del Proyecto sobre el ambiente, cuyo promedio es **MODERADO**, con 13 puntos.

Tabla 12-17 Evaluación de Riesgos Bióticos del Proyecto sobre el Ambiente

Riesgos Bióticos	Frecuencia	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Caída de animales (espacios confinados, pozos, piscinas, etc.)	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 1 año (4)	Muy poca (1)	Peligrosa (3)	Puntual (1)	Muy alta (4)	4	3	12
Atropellamiento de fauna en vías de acceso	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 1 año (4)	Muy poca (1)	Peligrosa (3)	Puntual (1)	Muy alta (4)	4	3	12
Pérdida de hábitats o microhábitats acuáticos por desvío de agua en humedales	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Poca (2)	Muy peligrosa (4)	Local (2)	Muy alta (4)	3	4	12
Pérdida de especies endémicas, en peligro de extinción, raras o nuevas	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Muy poca (1)	Muy peligrosa (4)	Local (2)	Muy Alta (4)	3	4	12
Introducción de especies exóticas	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Poca (2)	Muy peligrosa (4)	Extenso (3)	Muy alta (4)	3	4	12
Incremento de cacería y tráfico de especies	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 1 año (4)	Poca (2)	Peligrosa (3)	Extenso (3)	Muy Alta (4)	4	4	16

Fuente y Elaboración: Cardno Entrix, julio 2020

Página en blanco

12.4.3 Riesgos del Medio Socioeconómico

Considerando que la zona donde se ejecutará el Proyecto se ubica en un área poco poblada, y tomando en cuenta el tipo de actividades que se realizarán, los riesgos que el Proyecto podría generar hacia el componente social están relacionados principalmente a eventos que ocurran fuera del área de operaciones, como, por ejemplo, accidentes de tránsito durante la circulación de vehículos por las vías públicas o en zonas pobladas. Se considera también el riesgo latente de posibles afectaciones a las captaciones de agua comunitarias, que puedan afectar al correcto abastecimiento del recurso e inclusive que lleguen a causar daños a la salud de la población; la introducción de enfermedades no endémicas por el incremento de personas no oriundas del lugar; así como afectaciones a la salud de los pobladores por daños en la infraestructura.

12.4.3.1 Accidentes de Tránsito con Daños Materiales

Las actividades del Proyecto implican el uso de vías de acceso existentes y de uso comunitario por donde transitan vehículos privados y comerciantes, así como personas y animales que se desplazan; por otro lado, el Proyecto contempla la movilización de materiales, maquinaria y personal, lo cual provocará un incremento en el tráfico vehicular, por lo que eleva el potencial riesgo de incidentes/accidentes vehiculares que provoquen afectaciones materiales entre vehículos de DPMECUADOR SA, contratistas y particulares. La probabilidad de que se presente un hecho de estas características, donde el daño es material, y compromete bienes de la compañía o de las localidades, puede ser altamente probable, ya que está sujeto a la pericia de los conductores y sus consecuencias son serias, por lo que califica al riesgo como **MODERADO**, con una valoración de 12 puntos.

12.4.3.2 Accidentes de Tránsito con Daños a la Integridad Física

Además de las afectaciones materiales que los accidentes mencionados puedan causar en otro escenario, estos accidentes pueden ocasionar daños a la integridad física al personal de DPMECUADOR SA como de personas individuales, por tanto, si el accidente afecta la salud de un peatón, conductor o pasajero, comprometiéndolo su integridad o incluso su vida, las consecuencias serían catastróficas; sin embargo, como se considera una baja probabilidad categorizada como probable, se lo califica como **MODERADO**, con una valoración de 12 puntos.

12.4.3.3 Afectación a las Captaciones de Agua de Riego o Consumo Humano

En el área geográfica se han identificado cuatro sistemas de agua, que abastecen a las poblaciones para sus diferentes usos (consumo humano, riego, bebedero de animales, entre otros); de estos dos se encuentra dentro del área de influencia indirecta del proyecto. Una de las preocupaciones comunes entre los pobladores está relacionado con la incertidumbre en cuanto a los impactos frente a un evento de fuerza mayor con los desechos de relaves, sin embargo, tal como se detalla en el capítulo 7. Descripción del Proyecto; sección 7.2.4.1. Relavera, “(...) los relaves serán espesados y filtrados, para reducir el contenido de agua a humedades cercanas al valor óptimo de compactación y, finalmente una fracción serán colocados superficialmente en la relavera (...)”; por tanto, reduce el riesgo que estos desechos afecten a las captaciones de agua consideradas dentro del área de influencia hídrica; además que los procesos de construcción y mantenimiento cumple con altas medidas de seguridad; por lo que su riesgo de afectación se reduce considerablemente en cuanto a la afectación a las captaciones de agua. Por otro lado, es importante aclarar que las captaciones de agua superficial y descargas para el agua industrial y el agua de uso doméstico del PLL se sitúan fuera de la Zona de Recarga Hídrica Cuenca.

No obstante, dichos escenarios están sujetos a fallas operativas; si un evento de esta naturaleza se presenta con una afectación no controlada tendría consecuencias muy serias para la población, a pesar de que en las inmediaciones del proyecto no se identifican viviendas ocupadas, pero dado que la probabilidad de ocurrencia está categorizada como “posible”, la calificación del riesgo es **LEVE**, con una calificación de 8 puntos.

12.4.3.4 *Introducción de Enfermedades No Endémicas*

El proyecto contempla el tránsito de personas desde varias regiones del país, así como el asentamiento de nuevos pobladores y el retorno de población migrante, la presencia de personas no oriundas del sector puede generar enfermedades no endémicas. Dado que DPMECUADOR SA cuenta con altas medidas de salud ocupacional para los empleados, contratistas y subcontratistas, es improbable que se presente este hecho; sin embargo, un evento de esta naturaleza podría tener consecuencias muy serias, y se lo califica como un riesgo **IRRELEVANTE**, con una calificación de 3 puntos.

12.4.3.5 *Afectación a la Salud de la Población por Fallas en la Infraestructura*

En el área de implantación del proyecto no se han identificado viviendas habitadas, por tanto, su riesgo de afectación es reducido, sin embargo, de ocurrir fallas de la infraestructura del proyecto, estas pueden causar afectación a la salud de la población por posibles afectaciones a las captaciones de agua. No obstante, DPMECUADOR SA cuenta con altas medidas de seguridad en todas sus actividades, por lo que es improbable que se presente este hecho; sin embargo, una afectación no controlada podría tener consecuencias muy serias, y se lo califica como un riesgo **IRRELEVANTE**, con una calificación de 3 puntos.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la información presentada sobre de la evaluación de riesgos socioeconómicos del Proyecto sobre el ambiente, **LEVE**, con una valoración de 8 puntos.

Tabla 12-18 Evaluación de Riesgos Socioeconómicos del Proyecto sobre el Ambiente

Riesgos Socioeconómicos	Frecuencia	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Capital productivo y social	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Accidentes de tránsito con daños materiales	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 1 año (4)	Poca (2)	Poco peligrosa (2)	Muy extenso (4)	Poca (2)	4	3	12
Accidentes de tránsito con daños a la integridad física	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 10 años (3)	Poca (2)	Muy peligrosa (4)	Muy extenso (4)	Muy alta (1)	3	4	12
Afectación a las captaciones de agua de riego o consumo humano	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 50 años (2)	Poca (2)	Peligrosa (3)	Muy extenso (4)	Muy alta (4)	2	4	8
Introducción de enfermedades no endémicas	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 100 años (1)	Alta (3)	Poco peligrosa (2)	Muy extenso (4)	Alta (3)	1	3	3
Afectación a la salud de la población por fallas en la infraestructura	Ocurre 1 o más veces a lo largo de 100 años (1)	Poca (2)	Muy peligrosa (4)	Local (2)	Muy poca (1)	1	3	3

Fuente y Elaboración: Cardno Entrix, abril 2021

Página en Blanco

12.4.4 Resumen de los Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la información presentada sobre la calificación de los riesgos del Proyecto sobre el ambiente.

Tabla 12-19 Resumen de los Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente

Riesgos	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Riesgos Físicos			
Incendios y/o explosiones	3	4	12
Derrames de sustancias contaminantes	3	3	9
Fallo en el funcionamiento de infraestructura	1	2	2
Daño de la relavera	2	4	8
Subsidencia de mina y galerías	1	4	4
Riesgos Bióticos			
Caída de animales (espacios confinados, pozos, piscinas, etc.)	4	3	12
Atropellamiento de fauna en vías de acceso	4	3	12
Pérdida de hábitats o microhábitats acuáticos por sequía en humedales	3	4	12
Pérdida de especies endémicas, en peligro de extinción, raras o nuevas	3	4	12
Introducción de especies exóticas	3	4	12
Incremento de cacería y tráfico de especies	4	4	16
Riesgos Socioeconómicos			
Accidentes de tránsito con daños materiales	4	3	12
Accidentes de tránsito con daños a la integridad física	3	4	12
Afectación a las captaciones de agua de riego o consumo humano	2	4	8
Introducción de enfermedades no endémicas	1	3	3
Afectación a la salud de la población por fallas en la infraestructura	1	3	3

Fuente y Elaboración: Cardno Entrix, julio 2020

Se define entonces al riesgo del Proyecto sobre el medio ambiente como **LEVE**, con una valoración de 9 puntos (Anexo B Cartografía, Mapa 11.4-1 Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente Componente Físico, Mapa 11.4-2 Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente Componente Biótico y Mapa 11.4-3 Riesgos del Proyecto sobre el Ambiente Componente Socioeconómico).

En el Anexo E. Evaluación de Riesgos, se presenta la matriz de evaluación de riesgos.

Página en blanco