

II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA

Sección 3.6 – VULNERABILIDAD Y PELIGROS DE ORIGEN NATURAL O ANTROPOGÉNICO

Preparado para:
Minera Yanacocha S.R.L



Preparado por:
STANTEC PERU S.A.



TABLA DE CONTENIDOS

3 LINEA BASE AMBIENTAL	3.1
3.6 VULNERABILIDAD Y PELIGROS DE ORIGEN NATURAL O ANTROPOGÉNICO.....	3.1
3.6.1 Inundaciones	3.1
3.6.2 Identificación de Unidades Fisiografía	3.1
3.6.2.1 Metodología	3.1
3.6.2.2 Descripción de las Unidades Fisiográficas	3.2
3.6.2.3 Gran Paisaje Altiplanicie	3.3
3.6.2.4 Gran Paisaje Colina.....	3.5
3.6.2.5 Otras Unidades	3.6
3.6.3 Geodinámica Interna	3.6
3.6.4 Geodinámica Externa	3.7
3.6.4.1 Procesos Geodinámicas	3.7
3.6.5 Evaluación de Peligros.....	3.11
3.6.5.1 Identificación de Peligros	3.13
3.6.5.2 Evaluación de Vulnerabilidad.....	3.14
3.6.5.3 Análisis y Evaluación de Riesgos	3.16

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.6-1	Unidades Fisiográficas del Área de Estudio	3.3
Tabla 3.6-2	Unidades del Gran Paisaje Altiplanicie	3.4
Tabla 3.6-3	Unidades del Gran Paisaje Colina	3.5
Tabla 3.6-4	Otras Unidades.....	3.6
Tabla 3.6-5	Niveles de Peligro	3.12
Tabla 3.6-6	Identificación de Peligros	3.13
Tabla 3.6-7	Niveles de Vulnerabilidad	3.14
Tabla 3.6-8	Variables e Indicadores Niveles de Vulnerabilidad Física	3.15
Tabla 3.6-9	Variables e Indicadores de Vulnerabilidad Técnica	3.15
Tabla 3.6-10	Matriz de Peligro y Vulnerabilidad	3.16
Tabla 3.6-11	Evaluación de Riesgo	3.16

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.6.1-1	Unidades Fisiográficas
Figura 3.6.1-2	Geodinámica Externa
Figura 3.6.1-3	Mapa de Riesgos Naturales

LISTA DE FOTOS

Foto 3.6-1	Caída de Rocas	3.8
Foto 3.6-2	Deslizamiento.....	3.8
Foto 3.6-3	Reptación de Suelos.....	3.9
Foto 3.6-4	Cárcavas.....	3.10
Foto 3.6-5	Erosión de Laderas.....	3.10
Foto 3.6-6	Zona de Inundación	3.11

3 LINEA BASE AMBIENTAL

3.6 Vulnerabilidad y Peligros de Origen Natural o Antropogénico

3.6.1 Inundaciones

La inundación es el fenómeno producido por un exceso de agua que sumerge porciones de tierra que normalmente se encuentran secas. Pueden ocurrir por dos razones principales: el desbordamiento de grandes cuerpos de agua (ríos, lagos o presas) o la acumulación de grandes cantidades de agua de lluvia. La precipitación dentro del área de estudio de la II MEIA Yanacocha, presenta dos periodos bien marcados: el primero presenta un periodo de lluvia entre los meses de noviembre a abril, y el segundo presenta un periodo seco entre los meses de junio y setiembre, con un periodo de transición en los meses de mayo y octubre.

Las inundaciones causadas por el desborde de los ríos pueden ocurrir en el transcurso de varios días o en algunos casos en contados minutos, dependiendo del caudal del río. Las inundaciones fluviales son consecuencia de una lluvia intensa o lluvia torrencial, a las que en ocasiones se suma la nieve del deshielo, con lo que los ríos se desbordan. Según la información del análisis de la precipitación acumulada promedio anual durante el periodo 1985-2018 fue de 1,355.5 mm para la estación La Quinua, en tanto que para la estación Yanacocha fue de 1,350.5 mm; mientras que para la estación Maqui Maqui fue de 1,171.8 mm, finalmente para la estación Carachugo fue de 1,347.9 mm.

Las inundaciones dañan los bienes, amenazan la vida de seres humanos y animales, destruye las instalaciones construidas, erosionan el suelo y sedimentan excesivamente, dificultan el drenaje e impiden que los terrenos sean explotados de manera productiva. Este proceso se podría manifestar durante el periodo de lluvias (noviembre – abril) sobre el río Shoclla, quebrada Shillamayo, quebrada La Pajuela, quebrada San José, quebrada Pampa Larga, quebrada río Colorado. Asimismo, en la quebrada callejón y quebrada Encajón. Ver Figura 3.6.3-2, *Geodinámica Externa*.

3.6.2 Identificación de Unidades Fisiografía

La caracterización de la fisiografía tiene como objetivo reconocer y delimitar las diferentes formas del relieve a partir de los rasgos generales del modelado y la naturaleza de su formación. En esta sección se presenta la caracterización de las unidades fisiográficas identificadas en el área de estudio, correspondiente a la II MEIA Yanacocha. Las unidades fisiográficas, son descritas a nivel de gran paisaje, subpaisaje y elementos de paisaje.

El área de estudio se encuentra situada en la región intermontañosa de la zona Norte de la Cordillera Occidental de los Andes, a 35 kilómetros al Norte de la ciudad de Cajamarca, aproximadamente entre las coordenadas geográficas 06°58'29" de Latitud Sur y 78°31'07" de Longitud Oeste; en general las altitudes varían desde los 3,100 y los 4,200 msnm. Presenta una morfología variada, conformada principalmente por altiplanicies y colinas montañosas, seguido de fuertes procesos de erosión y sedimentación, hasta configurar el paisaje actual. Las colinas montañosas más relevantes están conformadas por los cerros Retratuyoc, Paquerume, Puchanes, Sugares y Pampa Larga. A la fecha, el desarrollo de las actividades mineras ha generado grandes cambios en la fisiografía original.

3.6.2.1 Metodología

La metodología aplicada fue el Método del Análisis Fisiográfico, el cual permite entender los procesos que han originado los distintos paisajes de una región, dentro de los cuales habrá cierta homogeneidad en su geo génesis (Barboza et al., 1997). Además, se aplicó el Sistema CIAF de Clasificación Fisiográfica del Terreno (Villota, H. 1992); esta metodología considera la interpretación de la imagen satelital del área de estudio, la delimitación de las formas de relieve que presenta el suelo, las diferentes formaciones geológicas, las pendientes que caracterizan el relieve y los factores climáticos. También, se han reclasificado las unidades fisiográficas empleando la clasificación por pendientes del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (D.S. N° 017-2009-AG).

A continuación, se describe la metodología empleada:

Recopilación de Información

Se recopiló información temática y cartográfica de los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA) aprobados, así como estudios fisiográficos y geomorfológicos realizados en el área de estudio. Además, se compiló información en formato Ráster, tales como las imágenes satelitales de alta resolución y el Modelo de Elevación Digital del Terreno (DEM). Del mismo modo, se obtuvo el mapa geológico que se empleó para identificar las formaciones geológicas de cada unidad fisiográfica.

Nivel de Estudio

El nivel de estudio para caracterizar y cartografiar las unidades fisiográficas fue elaborado a escala 1:20,000; es decir se determinaron unidades a escala de semidetalle.

Generación del mapa de pendientes

El mapa de pendientes se generó a partir de Modelo de Elevación Digital (DEM) de 10 metros de resolución espacial; este DEM fue reproyectado y procesado utilizando herramientas del software especializado en Sistemas de Información Geográfica ArcGIS 10.3. Se asignó siete (07) rangos de pendiente expresados en porcentaje en conformidad con el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (D.S. N° 017-2009-AG). En la Tabla 3.2.2.2-1, *Clasificación de Pendientes*, descrita en la sección de Geomorfología, se muestran los rangos de pendiente utilizados para determinar las unidades fisiográficas.

Interpretación de Imagen Satelital

Consistió en delimitar las unidades fisiográficas teniendo en consideración las formas de relieve, cobertura vegetal y altura de accidentes geográficos; para ejecutar esta interpretación se empleó información cartográfica de curvas de nivel, el modelo de relieve de sombras (Hillshade) y en el mapa de pendientes, a partir de los cuales se identificaron las altiplanicies y colinas montañosas; aspectos importantes para jerarquizar las unidades fisiográficas.

Procesamiento de Información

El procesamiento de información, la edición de resultados, la integración de la base de datos y la composición de la cobertura de unidades fisiográficas se realizó empleando el software especializado en Sistemas de Información Geográfica ArcGIS 10.3. Además, se utilizaron softwares especializados en procesamiento y visualización de imágenes satelitales.

3.6.2.2 Descripción de las Unidades Fisiográficas

En el área de estudio se han identificado dos (02) tipos de Gran Paisaje: Altiplanicie y Colina, los cuales a su vez comprenden subpaisajes que están definidos por las formas del relieve, la litología y los procesos de formación. Las unidades fisiográficas fueron identificadas a partir del análisis de los parámetros morfométricos y la caracterización de agentes erosivos y climáticos que han modelado el paisaje. La delimitación cartográfica de las unidades fisiográficas se puede ver en la Figura 3.6.3-1, *Unidades Fisiográficas*.

Las formas del relieve varían desde superficies ligeramente inclinadas (4-8%) a extremadamente empinadas (> 75%), en general están compuestas en su gran mayoría por suelos provenientes de material volcánico, depósitos aluviales, morrénicos y sedimentarios volcánicos. Además, el área de estudio se encuentra cubierta por pajonales, matorrales, pastizales, cuerpos de agua y áreas de intervención minera.

Es importante indicar que la mayor extensión del área de estudio corresponde a áreas intervenidas producto de las actividades de extracción minera; estas áreas abarcan una superficie aproximada de 5.402.25 ha, los cuales representan el 63.59% de la superficie total del área de estudio (8.495.87 ha). La Tabla 3.6-1, *Unidades Fisiográficas del Área de Estudio*, presenta las unidades fisiográficas clasificadas a nivel de gran paisaje, paisaje, subpaisaje y pendiente. Asimismo, esta tabla muestra la superficie correspondiente por cada unidad identificada.

Tabla 3.6-1 Unidades Fisiográficas del Área de Estudio

Gran Paisaje	Paisaje/ Sub paisaje	Pendiente	Símbolo	Superficie	
				ha	%
Altiplanicie	Altiplanicie formada sobre depósitos fluvioglaciares: Ligeramente ondulada	Ligeramente inclinada	AFgLo/B	40.80	0.48
		Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AFgLo/C	72.84	0.86
	Altiplanicie volcánica sedimentaria formada sobre tobas: Ligeramente ondulada	Ligeramente inclinada	AVstLo/B	88.31	1.04
		Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AVstLo/C	440.26	5.18
	Altiplanicie volcánica formada sobre tobas: Ligeramente ondulada	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AVtLo/C	47.23	0.55
Colina	Colina formada sobre depósitos fluvioglaciares: Laderas	Moderadamente empinada	CFgL/D	80.50	0.95
		Empinada	CFgL/E	172.26	2.03
		Muy empinada	CFgL/F	63.45	0.74
	Colina volcánica sedimentaria formada sobre tobas: Laderas	Moderadamente empinada	CVstL/D	741.82	8.73
		Empinada	CVstL/E	800.50	9.42
		Muy empinada	CVstL/F	341.35	4.02
		Extremadamente empinada	CVstL/G	60.41	0.71
	Colina volcánica formada sobre tobas: Laderas	Moderadamente empinada	CVtL/D	58.39	0.69
		Empinada	CVtL/E	57.99	0.68
OTRAS UNIDADES	Áreas Intervenidas		Ai	5,402.25	63.59
	Diques		Dq	14.18	0.17
	Cursos y Cuerpos de agua (Ríos y Lagunas)		Hdr	13.33	0.16
TOTAL				8,495.87	100.00
Fuente: Stantec, 2019					

A continuación, se describen las formas de relieve que caracterizan a los grandes paisajes del área de estudio.

3.6.2.3 Gran Paisaje Altiplanicie

Esta categoría fisiográfica abarca una superficie de 689.44 ha, el cual representa el 8.11% de la superficie total del área de estudio (8,495.87 ha); estas unidades corresponden a los relieves de menor predominancia en el área de estudio. Han sido formados por el accionar de los agentes geodinámicos externos quienes a la vez provocaron procesos erosivos y denudacionales para dar origen a las altiplanicies que ahora se caracterizan por presentar rasgos morfométricos con relieves poco accidentados, con pendiente que varían desde ligeramente inclinadas (4-8%) a moderadamente empinadas (8-15%).

El Gran Paisaje Altiplanicie comprende tres unidades de paisaje, los cuales se presentan en la Tabla 3.6-2, *Unidades del Gran Paisaje Altiplanicie*.

Tabla 3.6-2 Unidades del Gran Paisaje Altiplanicie

Gran Paisaje	Paisaje/ Sub paisaje	Pendiente	Símbolo	Superficie	
				ha	%
Altiplanicie	Altiplanicie formada sobre depósitos fluvioglaciares: Ligeramente ondulada	Ligeramente inclinada	AFgLo/B	40.80	0.48
		Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AFgLo/C	72.84	0.86
	Altiplanicie volcánica sedimentaria formada sobre tobas: Ligeramente ondulada	Ligeramente inclinada	AVstLo/B	88.31	1.04
		Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AVstLo/C	440.26	5.18
	Altiplanicie volcánica formada sobre tobas: Ligeramente ondulada	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AVstLo/C	47.23	0.55
TOTAL				689.44	8.11
Fuente: Stantec, 2019					

A continuación, se describen los caracteres fisiográficos de cada unidad de paisaje:

Altiplanicie formada sobre depósitos fluvioglaciares

Estas formas de tierra ocupan una superficie de 113.64 ha, los cuales equivalen al 1.34% del área de estudio (8,495.87 ha), está conformado por dos unidades diferenciados por el grado de pendiente. La primera de ellas abarca una superficie de 40.80 ha, presenta una pendiente ligeramente inclinada (4-8%), se localizan al Oeste del área de estudio, en altitudes que van desde los 3,469 a los 3,769 msnm. La segunda unidad ocupa una superficie de 72.84 ha, presenta una pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada (8-15%), también se localiza al Oeste del área de estudio, próximo a las quebradas Canta, La Pajuela, Cushuro, Ciénaga y Shillamayo. La altitud en que se encuentran va desde los 3,419 hasta los 3,948 msnm, aproximadamente. Las geoformas se manifiestan como pequeños valles fluviales, litológicamente se encuentran constituidas por gravas subredondeadas a subangulosas y por arenas, presentan un relieve ligeramente ondulado, con suelos superficiales, actualmente se encuentran cubiertas por pastos naturales de porte bajo, con algunos afloramientos rocosos.

Altiplanicie volcánica sedimentaria formada sobre tobas

Esta unidad de paisaje abarca una superficie de 528.57 ha, el cual equivale al 6.22% del área total de estudio (8,495.87 ha), está representada por dos unidades diferenciados por el grado de pendiente. La primera ocupa una superficie de 88.31 ha, presenta una pendiente ligeramente inclinada, se localizan tanto al Este como al Oeste del área de estudio, en altitudes que van desde los 3,500 a los 4,120 msnm. La segunda unidad ocupa una superficie de 440.26 ha, presenta una pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada, se localiza de manera dispersa a los alrededores de la zona de intervención minera, en altitudes que van desde los 3,550 hasta los 4,125 msnm. Las geoformas de este paisaje, litológicamente se encuentran constituidas por rocas volcánicas sedimentarias como las tobas, aglomerados y brechas pertenecientes al volcánico San Pablo de la era cenozoica, periodo Paleógeno; presentan un relieve ligeramente ondulado, con suelos superficiales, actualmente está cubierto por pastos naturales de porte bajo, en algunas ocasiones con presencia de pequeños afloramientos rocosos.

Altiplanicie volcánica formada sobre tobas

Esta unidad de paisaje abarca una superficie de 47.23 ha, el cual equivale al 0.55% del área total de estudio (8,495.87 ha), estas unidades se ubican entre las quebradas Colorado y Vizcacha, también se localizan al Sureste, próximo a la naciente de la quebrada La Saccha, en altitudes que van desde los 3,944 a los 4,070 msnm. Litológicamente se encuentran constituidas por rocas volcánicas como las tobas, aglomerados y brechas pertenecientes al volcánico Huambos de la era Cenozoica, periodo Neógeno; presentan un relieve ligeramente ondulado, con suelos superficiales, clima frío a muy frío, actualmente están cubiertos por pastos naturales de porte bajo, en algunas ocasiones con presencia de pequeños afloramientos rocosos.

3.6.2.4 Gran Paisaje Colina

Esta categoría fisiográfica ocupa una extensión de 2,376.67 ha, el cual representa el 27.97% del área total de estudio (8,495.87 ha), estas unidades corresponden a restos de una superficie tallada fundamentalmente por la acción glacial, por la erosión ocasionada por las fuertes precipitaciones y disectados por cursos de agua de régimen dendrítico que discurren sobre esta formación, ocasionando aspectos topográficos que definen formas de relieve que, sumado a la formación litológica, han dado lugar a las colinas que se caracterizan por tener rasgos morfométricos con relieves accidentados y pendientes que oscilan entre moderadamente empinada (15-25%) a muy empinada (50-75%). Los paisajes de esta unidad, así como las áreas se presentan en la Tabla 3.6-3, *Unidades del Gran Paisaje Colina*.

Tabla 3.6-3 Unidades del Gran Paisaje Colina

Gran Paisaje	Paisaje/ Sub paisaje	Pendiente	Símbolo	Superficie	
				ha	%
Colina	Colina formada sobre depósitos fluvioglaciares: Laderas	Moderadamente empinada	CFgL/D	80.50	0.95
		Empinada	CFgL/E	172.26	2.03
		Muy empinada	CFgL/F	63.45	0.74
	Colina volcánica sedimentaria formada sobre tobas: Laderas	Moderadamente empinada	CVstL/D	741.82	8.73
		Empinada	CVstL/E	800.50	9.42
		Muy empinada	CVstL/F	341.35	4.02
		Extremadamente empinada	CVstL/G	60.41	0.71
	Colina volcánica formada sobre tobas: Laderas	Moderadamente empinada	CVtL/D	58.39	0.69
		Empinada	CVtL/E	57.99	0.68
TOTAL				2,376.67	27.97
Fuente: Stantec, 2019					

A continuación, se describen las características fisiográficas de las unidades de paisaje determinadas en la categoría de Gran Paisaje Colina:

Colina formada sobre depósitos fluvioglaciares

Esta unidad de paisaje abarca una superficie de 316.21 ha, equivalente al 3.72% del área total de estudio (8,495.87 ha), se localizan en dos frentes, el primero de ellos se encuentra al Oeste del área de estudio, cerca de las quebradas Canta, La Pajuela, Cushuro, Shillamayo y Ciénega; el segundo se encuentra próximo a las quebradas Callejón y Encajón, en altitudes que varían entre los 3,400 y 3,900 msnm aproximadamente. Litológicamente se encuentran definidos por acumulaciones de materiales transportados por el agua de escorrentía proveniente de las fuertes precipitaciones y de los deshielos que ocurren en las partes altas de la zona de estudio; entre estos materiales se encuentra mezcla de gravas, arenas pertenecientes al cuaternario reciente de la era Cenozoica y de la época del Pleistoceno.

Presenta un relieve accidentado con suelos superficiales, con pendientes que varían de moderadamente empinada (15-25%) a muy empinada (50-75%), con fuerte riesgo de erosión, de clima muy frío, actualmente están cubiertos por pastos naturales de porte bajo y ocasionalmente por vegetación arbustiva.

Colina volcánica sedimentaria formada sobre tobas

Esta unidad de paisaje abarca una superficie de 1,944.08 ha, el cual equivale al 22.88% del área total de estudio (8,495.87 ha), estas unidades se localizan cerca las áreas de intervención minera, las altitudes en que se encuentra estas unidades varían entre 3,400 y 4,100 msnm. Litológicamente están constituidas por tobas, aglomerados y brechas correspondientes al volcánico San Pablo de la era Cenozoica, periodo Paleógeno. Presenta un relieve moderadamente disectado, con signos de erosión en surcos, suelos superficiales, con pendientes que van desde moderadamente empinada (15-25%) llegando en algunas unidades hasta extremadamente empinada (> 75%), con clima frío a muy frío; actualmente están cubiertos con pastos naturales de porte bajo, vegetación arbustiva, plantaciones forestales y escasos afloramientos rocosos formando pequeños escarpes.

Colina volcánica formada sobre tobas

Esta unidad de paisaje comprende una superficie de 116.38 ha, equivalente al 1.37% del área total de estudio (8,495.87 ha), están representadas por unidades que se localizan al Noreste del área de estudio, cerca de la quebrada La Quinua, así como en la naciente de las quebradas Vizcacha y Chaquicocha; se encuentra influenciado por la presencia de bofedales. Las altitudes en las que se encuentran varían entre 3,900 y 4,100 msnm. Litológicamente se hallan constituidas por rocas volcánicas como tobas, aglomerados y brechas correspondientes al volcánico Huambos del área Cenozoica, periodo Neógeno. Muestran un relieve ligeramente disectado, con pendiente moderadamente empinada (15-25%) a empinada (25-50%); presentan suelos muy superficiales, clima muy frío, actualmente están cubiertas por pastos naturales de porte muy bajo con presencia de algunos afloramientos rocosos.

3.6.2.5 Otras Unidades

En total cubren una superficie de 5,429.76 ha, que equivale al 63.92% del área total de estudio (8,495.87 ha). Está constituida por unidades de origen antrópico y de origen natural. Entre las unidades antrópicas de mayor importancia se encuentra las áreas intervenidas, la cual ocupa una extensión de 5,402.25 ha, equivalente al 63.59% del total del área de estudio; asimismo, se encuentra el espejo de agua formado por los diques los cuales abarcan una superficie de 14.18 ha. Además, dentro del área de estudio existen cursos y cuerpos de agua de origen natural, los cuales abarcan en total una superficie de 13.33 ha, el cual representa el 0.16% del área total de estudio (8,495.87 ha). La descripción y la superficie de esta categoría se presentan en la Tabla 3.6-4, *Otras Unidades*.

Tabla 3.6-4 Otras Unidades

Gran Paisaje	Paisaje/ Sub paisaje	Símbolo	Superficie	
			ha	%
Otras Unidades	Áreas Intervenidas	Ai	5,402.25	63.59
	Diques	Dq	14.18	0.17
	Cursos y Cuerpos de agua (Ríos y Lagunas)	Hdr	13.33	0.16
TOTAL			5,429.76	63.92
Fuente: Stantec, 2019				

3.6.3 Geodinámica Interna

La geodinámica interna se relaciona con fuerzas desde el interior de la tierra y dan lugar a la formación de montañas, depresiones y mesetas las cuales se pueden originar por fallas o por plegamiento, como consecuencia de un conjunto de movimientos epirogénicos y orogénicos denominado diastrofismo.

La falla geológica es una discontinuidad que se forma por fractura en las rocas superficiales de la tierra (hasta unos 200 Km de profundidad), cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas. La zona de ruptura tiene una superficie generalmente bien definida denominada plano de falla y su formación va acompañada de un deslizamiento de las rocas tangencial a este plano. Cuando la actividad en una falla es repentina y brusca se puede producir un gran terremoto e incluso una ruptura de la superficie terrestre generando una forma topográfica llamada escarpe de falla. En la Subsección 3.2.6.3, *Sismicidad*, se describe con mayor detalle la sismología regional y local del área de estudio de la

II MEIA Yanacocha, y también se presenta la descripción de los resultados de la evaluación del riesgo sísmico, incluyendo el análisis probabilístico y determinístico.

Respecto al Vulcanismo, que también forma parte del accionar de la geodinámica interna, se debe indicar que en el departamento de Cajamarca, la actividad volcánica actualmente no se manifiesta; existen algunas manifestaciones como la presencia de fumarolas en el caserío El Azufre de la provincia de San Marcos, Llangat en Celendín, El Bombón en Bambamarca, entre otros, que reflejan una mezcla de gases y vapores que surgen por las grietas exteriores de un volcán (o sea fuera de su cráter) a temperaturas altas. También existen numerosas fuentes de agua termales que se distribuyen en casi todo el departamento de Cajamarca, siendo el más representativo de estas, las aguas termales de Los Baños del Inca (Alcántara, 2011).

3.6.4 Geodinámica Externa

La geodinámica externa es la responsable de modificar el relieve de la superficie terrestre, pues los agentes geológicos externos (atmósfera, viento, aguas, glaciares, etc.), son los que erosionan, desgastan y modelan las formas o masas rocosas iniciales levantadas por las fuerzas tectónicas del interior de la Tierra, y secuencialmente convierten en nuevas formas paisajísticas; actúan por medio de las fuerzas que tienen su origen en la radiación solar y por tanto en los cambios de temperatura, influenciando en la erosión o meteorización, desplazamiento y sedimentación de los materiales.

El relieve del área de estudio donde se localiza la II Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Minera Yanacocha muestra el resultado de la ocurrencia de diversos procesos de geodinámica externa, debido a los procesos morfodinámicos que contribuyeron a modelar el relieve.

En general el relieve ha sido formado por la actividad glacial ocurrida en el Pleistoceno, generando suaves lomas hacia las divisorias y valles en forma de "U". Asimismo, una posterior fase de erosión fluvial ha erosionado dichas geoformas para constituir laderas de erosión fluvial y valles en forma de "V". Los procesos de geodinámica externa identificados se presentan en la Figura 3.6.3-2, *Geodinámica Externa*.

3.6.4.1 Procesos Geodinámicas

En el área de estudio se han identificado siete (07) procesos de geodinámica externa, siendo estos los siguientes: caída de rocas, deslizamiento, escarpe, erosión en surcos y cárcavas, reptación de suelos, erosión de laderas y zonas de inundación. La mayoría de estos procesos están ligados a los procesos de erosión fluvial como consecuencia de las precipitaciones pluviales. A continuación, se describen los fenómenos de geodinámica externa identificados.

Caída de rocas

Estos fenómenos ocurren en los lugares donde los afloramientos de roca coinciden con las laderas de pendientes muy pronunciadas o escarpadas. Este fenómeno es generado por la influencia gravitacional, hidrológica, litológica y sísmica, siendo el efecto la caída violenta y espontánea de bloques de roca. También se encuentra relacionado a la acción que ejerce la variación de la temperatura durante el día, a los taludes modificados por las obras civiles (corte de caminos), todo ello contribuye a la resistencia física inadecuada de los materiales. Este proceso de geodinámica externa se puede apreciar en varios lugares del área de estudio, como por ejemplo en las partes altas del cerro Pabellón, Pila de Lixiviación Yanacocha, al Sur de la Planta Yanacocha Norte, así como lugares aledaños al Tajo Chaquicocha, Tajo Maqui Maqui Sur y depósito de Arenas de Molienda. En la Foto 3.6-1, *Caída de Rocas*, se aprecia este proceso de geodinámica externa.

Foto 3.6-1 Caída de Rocas

Caída de roca localizado cerca a al tajo Maqui Maqui.

Deslizamientos

Corresponde a un proceso representado por los desplazamientos de material pendiente abajo, producto de la acción de la gravedad, sobresaturación de agua del terreno por escorrentía superficial, movimientos sísmicos y la baja resistencia física del material. (INGEMMET, 1997). Los factores condicionantes son el tipo de roca, pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, el grado de fracturamiento y fallamiento. Los elementos desencadenantes para la ocurrencia de los deslizamientos son: la presencia de aguas pluviales, erosión de la base del talud, sismos e intervención antrópica (obras civiles, construcción de canales de irrigación, carreteras y caminos, entre otros). Este proceso de geodinámica externa se puede apreciar en varios lugares de la quebrada Río Colorado, quebrada Arnacocha, Quebrada Shillamay cerca de la quebrada Encajón. En la Foto 3.6-2, *Deslizamiento*, se aprecia este proceso de geodinámica externa.

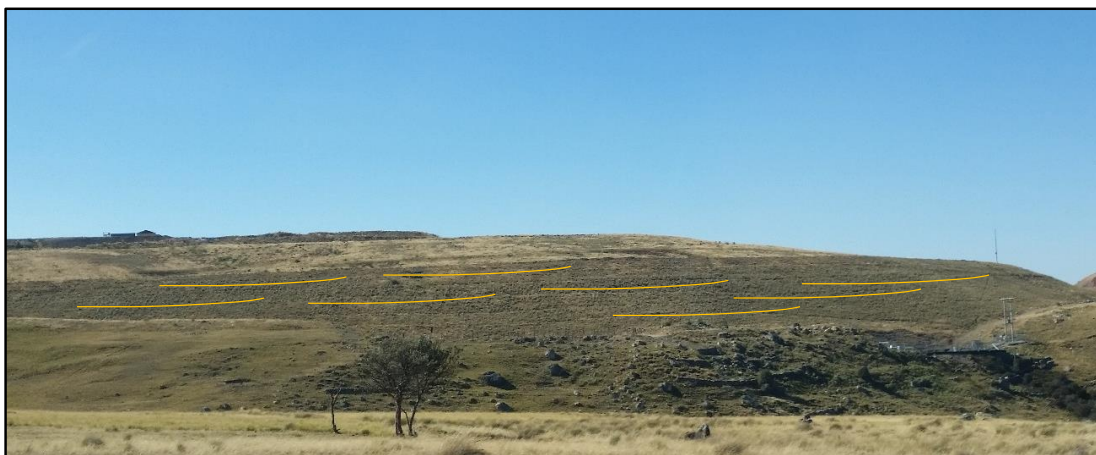
Foto 3.6-2 Deslizamiento

Deslizamiento localizado sobre la margen derecha de la quebrada Río Colorado.

Reptación de suelos

Es un movimiento muy lento que se presenta en capas superiores de laderas, generalmente en suelos superficiales de 50 centímetros de espesor o menos. Está relacionado con procesos de variación de humedad estacionales en el suelo, ya que el agua favorece este fenómeno actuando como lubricante además del aumento del peso consiguiente. Se manifiestan en forma de pequeñas ondulaciones, una especie de pequeñas terracillas, y suelen ser signo de una posible futura inestabilidad generalizada. La velocidad de bajada es mayor en la superficie lo que origina la formación de ondulaciones perpendiculares a la línea de la pendiente. Este proceso de geodinámica externa se puede apreciar en las laderas ubicadas cerca de laguna Maqui Maqui, laderas de la quebrada Pampa Larga, Laderas localizadas cerca de la quebrada Shillamayo, del Ciénega, cerro Pabellón, quebrada Corral Blanco, quebrada Callejón, río Shoclla, quebrada Encajón y cerca al reservorio San José. En la Foto 3.6-3, *Reptación de Suelos*, se aprecia este proceso de geodinámica externa.

Foto 3.6-3 Reptación de Suelos



Proceso de geodinámica externa de reptación de suelos localizado cerca a la quebrada Shillamayo.

Escarpe

El escarpe o escarpa es una vertiente de roca que corta el terreno abruptamente. La pendiente es mayor a 45°, aunque sea solamente una parte de la vertiente. A veces adopta la forma de una cornisa, que corona una vertiente en una extensión más o menos larga, aunque conservando una altitud sensiblemente constante. La pared es un escarpe próximo a la vertical y bastante liso. Escarpe, de modo general, cualquier tipo de salto que interrumpe la continuidad de un paisaje. Sin embargo, el concepto específico hace referencia a los escarpes de falla, que corresponden a los saltos o pendientes visibles en las fracturas recientes de la corteza terrestre. Este proceso de geodinámica externa se puede apreciar cerca del relleno del Tajo Maqui Maqui Norte y en la cuenca media de la quebrada Encajón, cerca del Dique-3.

Erosión en surcos y cárcavas

Son formas de erosión que se producen cuando el escurrimiento difuso inicial tiende a concentrarse para dar lugar a los surcos que luego se convertirán en cárcavas. Los surcos son incisiones de unos pocos decímetros de profundidad, en tanto que las cárcavas son drenes de uno a varios metros de profundidad. Los surcos y cárcavas se forman principalmente en terrenos de fuerte pendiente, sobre todo si tienen cubierta coluvial, rocas deleznales, vegetación deteriorada y cultivos inapropiados. Los surcos no representan riesgos, pero las cárcavas (que a menudo derivan de un mayor desarrollo de los surcos) pueden socavar y causar daños erosivos significativos. Este proceso de geodinámica externa se aprecia con mayor intensidad sobre la parte alta de la quebrada Encajón, en la ladera del cerro Sugares, parte alta de la quebrada Pachanes, quebrada San José, quebrada Callejón, depósito de desmonte Cerro Negro y Tajo Cerro negro. Asimismo, se puede apreciar sobre la parte alta de la quebrada del Ciénega y quebrada de la Coshpa. En la Foto 3.6-4, *Cárcavas*, se aprecia este proceso de geodinámica externa sobre la margen derecha de la quebrada Encajón.

Foto 3.6-4

Cárcavas

Erosión en forma de cárcavas y escarpe, ambos procesos de geodinámica externa localizado en la quebrada Encajón.

Erosión de laderas

Son formas de movimiento de las partículas del suelo de un sitio a otro, principalmente por medio de la acción del agua o del viento, ocurre fundamentalmente en suelos donde la cobertura vegetal es escasa o ha sido destruida por la acción antrópica. Asimismo, comprende los procesos que ocasionan el desgaste y traslado de los materiales de superficie (suelo o roca) por el continuo ataque de los agentes erosivos, degradando y modificando la superficie del terreno.

En algunos casos están asociados también a la reptación de los suelos y a los procesos antrópicos de movimiento de tierras, aperturas de caminos y carreteras. Este proceso de geodinámica externa se aprecia sobre las laderas localizadas cerca del Tajo Maqui Maqui, quebrada Río Colorado, en la parte alta de la quebrada de la Quinua, margen izquierda del río Shoclla, cerca del depósito de desmonte Cerro Negro, parte baja del Tajo La Quinua Sur, cerca de la quebrada Encajón, quebrada San José y quebrada La Saccha. En la Foto 3.6-5, *Erosión de Laderas*, se aprecia este proceso de geodinámica externa.

Foto 3.6-5

Erosión de Laderas

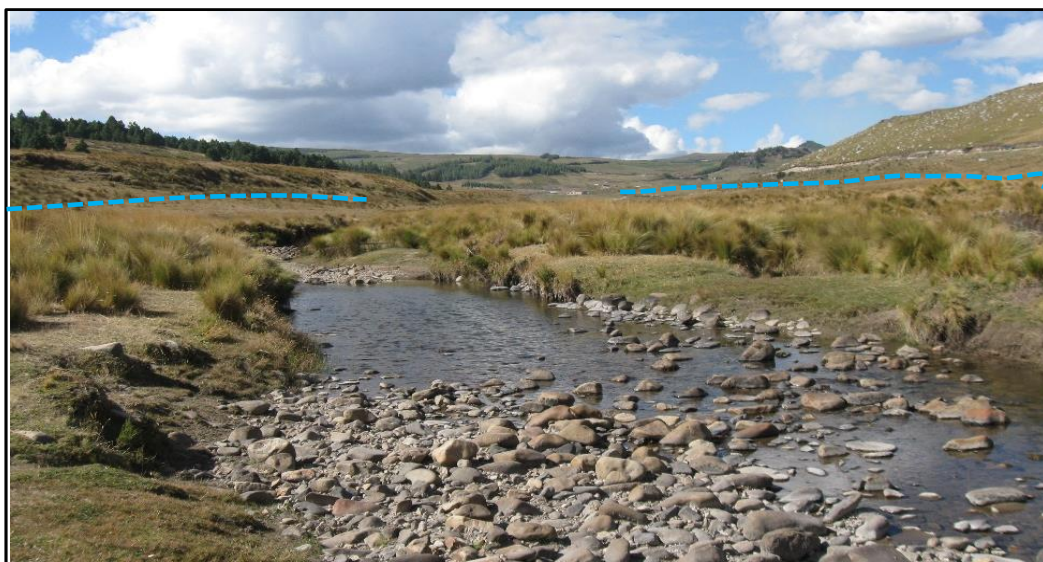
Proceso de geodinámica externa de erosión de laderas localizada al Tajo La Quinua Sur.

Zonas de inundación

La inundación es el fenómeno producido por un exceso de agua, que sumerge porciones de tierra que normalmente se encuentran secas. Las inundaciones pueden ocurrir por dos razones principales: el desbordamiento de grandes cuerpos de agua (ríos, lagos o presas) o la acumulación de grandes cantidades de agua de lluvia. Las inundaciones causadas por el desborde de los ríos pueden ocurrir en el transcurso de varios días o en algunos casos en contados minutos, dependiendo del caudal del río. Las inundaciones fluviales son consecuencia de una lluvia intensa o lluvia torrencial, a las que en ocasiones se suma la nieve del deshielo, con lo que los ríos se desbordan.

Las inundaciones dañan los bienes, amenazan la vida de seres humanos y animales, destruye las instalaciones construidas, erosionan el suelo y sedimentan excesivamente, dificultan el drenaje e impiden que los terrenos sean explotados de manera productiva. Este proceso de geodinámica externa se podría manifestar sobre el río Shoclla, quebrada Shillamayo, quebrada La Pajuela, quebrada San José, quebrada Pampa Larga, quebrada río Colorado. Asimismo, en la quebrada callejón y quebrada Encajón. En la Foto 3.6-6, *Zona de Inundación*, se aprecia este proceso de geodinámica externa.

Foto 3.6-6 Zona de Inundación



Zona de inundación que podría producirse sobre el curso del río Shoclla.

3.6.5 Evaluación de Peligros

La II Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Minera Yanacocha, involucra la calificación de los fenómenos naturales identificados previamente en la sección de Geodinámica Externa. Esta evaluación se realiza con la finalidad de identificar los peligros naturales y/o antrópicos y efectuar el análisis de las condiciones de vulnerabilidad, para determinar o calcular el riesgo esperado, en función de la probabilidad de ocurrencia de daños en la infraestructura física, tales como: instalaciones de la mina, carreteras, puentes, caminos, canales, entre otros.

La metodología aplicada para la ejecución de este estudio corresponde al Manual Básico para la Estimación de Riesgo del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI. A continuación, se da un alcance de la terminología utilizada en la sección de evaluación de peligros y riesgos:

- **Desastre:** Es la interrupción severa del funcionamiento de una comunidad causada por un peligro, de origen natural o antrópico, ocasionando pérdidas económicas, de vidas humanas, de infraestructura, al ambiente entre otros. Un peligro de origen natural es ocasionado por un fenómeno natural como un terremoto, inundación, deslizamiento, aluviones, entre otros; mientras que los peligros de origen antrópico son generados por la actividad humana, tales como incendios urbanos o forestales, explosión, entre otros.

- **Peligro:** Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, la infraestructura física y/o el medio ambiente. En otros países se utiliza el término amenaza, para referirse al mismo concepto de peligro.
- **Vulnerabilidad:** Es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, entre otros), puedan sufrir daños humanos o materiales. Se expresa en términos de probabilidad.
- **Riesgo:** Es la estimación probable de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o tecnológico. Una vez identificado los peligros (P) a la que está expuesta el elemento y realizado el análisis de vulnerabilidad (V) se procede a la evacuación conjunta, para calcular el riesgo (R), expresándose de forma probabilística a través de la siguiente fórmula:

$$R = (P \times V)$$

Donde:

R = Riesgo

P = Peligro

V = Vulnerabilidad

La evaluación de los niveles de peligro ha sido realizada de acuerdo con los datos consignados en la Tabla 3.6-5, *Niveles de Peligro*; donde se muestra la valoración correspondiente.

Tabla 3.6-5 Niveles de Peligro

Nivel	Descripción	Calificación
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. ▪ Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznales. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. ▪ Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico (Peligros inducidos por el hombre). 	0.0 – 0.25
Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. • Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. • De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico (Peligros inducidos por el hombre). 	0.25 – 0.50
Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. • Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. • Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. • De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico (Peligros inducidos por el hombre). 	0.50 – 0.750
Muy Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). • Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. • Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. • Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. • Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. • Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. • Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico (Peligros inducidos por el hombre). 	0.750 – 1.00
Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI.		

3.6.5.1 Identificación de Peligros

Los peligros de geodinámica externa identificados dentro del área de estudio fueron siete (07), siendo estos los siguientes: caída de rocas, deslizamiento, escarpe, erosión en surcos y cárcavas, reptación de suelos, erosión de laderas y zonas de inundación. En la Tabla 3.6-6, Identificación de Peligros, se describe de manera resumida dichos peligros y se identifica la ubicación de estos fenómenos de origen natural dentro del área de estudio de la II Modificación del EIA de la Unidad Minera Yanacocha.

Tabla 3.6-6 Identificación de Peligros

Peligros de Geodinámica Externa	Causa Principal	Factor Detonante	Ubicación de Procesos Geodinámicos
Caída de Rocas	<ul style="list-style-type: none"> Naturaleza del suelo, fracturamiento del substrato rocoso y afloramientos rocosos, 	<ul style="list-style-type: none"> Precipitaciones pluviales intensas, pendientes pronunciadas o escarpadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Partes altas del cerro Pabellón, Pila de lixiviación Yanacocha Al Sur de la Planta Yanacocha Norte Parte alta de la quebrada del Hornamo Margen Izquierda de la quebrada de la Quinua. Parte alta de la quebrada del Ciénega Lugares aledaños al Tajo Chaquicocha y Tajo Maqui Maqui Sur.
Deslizamientos	Sobresaturación de agua del terreno por escorrentía superficial, baja resistencia física del material y lluvias extraordinarias.	<ul style="list-style-type: none"> Precipitaciones pluviales, erosión de la base del talud, sismos e intervención antrópica. 	<ul style="list-style-type: none"> En las márgenes de la quebrada Río Colorado Sobre la quebrada Arnacocha y la Quebrada Shillamayo En la margen derecha de la quebrada Encajón. Al sur del reservorio de agua San José
Reptación de Suelos	Naturaleza del suelo, escorrentía superficial, procesos de variación de humedad en el suelo.	<ul style="list-style-type: none"> Suelos superficiales, precipitaciones pluviales intensas, pendientes pronunciadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Se localiza cerca de la laguna Maqui Maqui, Sobre las laderas de la quebrada Pampa Larga Laderas localizadas cerca de la quebrada Shillamayo, así como en la quebrada del Ciénega Cerro Pabellón, en la quebrada Corral Blanco, sobre la quebrada Callejón. Así mismo se pueden observar sobre el río Shoclla, la quebrada Encajón y cerca al reservorio San José.
Escarpes	Naturaleza del suelo, substrato rocoso y fracturas recientes de la corteza terrestre.	<ul style="list-style-type: none"> Sismos de gran intensidad que produzcan fracturas en la corteza terrestre, cambios tectónicos bruscos. 	<ul style="list-style-type: none"> se puede apreciar cerca del relleno del Tajo Maqui Maqui Norte En la cuenca media de la quebrada Encajón, cerca del Dique-3.
Erosión en surcos y cárcavas	Naturaleza del suelo, escorrentía superficial.	<ul style="list-style-type: none"> Precipitaciones Pluviales intensas, pendientes pronunciadas o escarpadas, cobertura vegetal escasa o nula y rocas deleznales. 	<ul style="list-style-type: none"> Se localiza sobre la parte alta de la quebrada Encajón, En la ladera del cerro Sugares, parte alta de la quebrada Pachanes, Sobre la quebrada San José, quebrada Callejón, depósito de desmonte Cerro Negro y Tajo Cerro negro. Asimismo, se puede apreciar sobre la parte alta de la quebrada del Ciénega y quebrada de la Coshpa.

Peligros de Geodinámica Externa	Causa Principal	Factor Defonante	Ubicación de Procesos Geodinámicos
Erosión de Laderas	Naturaleza del suelo, escorrentía superficial.	<ul style="list-style-type: none"> Precipitaciones pluviales intensas, suelos donde la cobertura vegetal es escasa o ha sido destruida por la acción antrópica. 	<ul style="list-style-type: none"> Se ubican sobre las laderas localizadas cerca del Tajo Maqui Maqui. También se localizan sobre quebrada Río Colorado, en la parte alta de la quebrada de la Quinua, margen izquierda del río Shoclla. También se ubica cerca del depósito de desmonte Cerro Negro, parte baja del Tajo La Quinua Sur, cerca de la quebrada Encajón, quebrada San José y quebrada La Saccha.
Zonas de inundación	Escorrentía superficial y lluvias extraordinarias.	<ul style="list-style-type: none"> Precipitaciones pluviales intensas y el desbordamiento de grandes cuerpos de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Se podría manifestar sobre el río Shoclla, la quebrada Shillamayo, la quebrada La Pajuela y la quebrada San José. Asimismo, se podría manifestar sobre la quebrada Pampa Larga, quebrada río Colorado. También podría suscitarse sobre la quebrada callejón y quebrada Encajón.

3.6.5.2 Evaluación de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se concibe como el grado de resistencia y/o exposición que éste puede sufrir ante la ocurrencia de un fenómeno natural. La evaluación de la vulnerabilidad consiste en identificar los elementos que pudieran estar en riesgo y sufrir daños por la exposición a la ocurrencia de los peligros naturales; en tal sentido la evaluación de la vulnerabilidad está referida a las instalaciones de la Unidad Minera Yanacocha e infraestructura básica construida (viviendas, carreteras, puentes, canales de riego, etc.). Para fines de Estimación del Riesgo, la vulnerabilidad se ha estratificado en cuatro niveles: Bajo, Medio, Alto y Muy Alto, los cuales se detallan en la Tabla 3.6-7, *Niveles de Vulnerabilidad*.

Tabla 3.6-7 Niveles de Vulnerabilidad

Nivel	Descripción	Calificación
Bajo	Viviendas e infraestructura asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de los servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	0.0 – 0.25
Medio	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones existentes.	0.25 – 0.50
Alto	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencia; así como con una escasa organización, mínima participación, débil relación y una baja integración entre las instituciones y organizaciones existentes.	0.50 – 0.750

Nivel	Descripción	Calificación
Muy Alto	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias; así como una nula organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.	0.750 – 1.00
Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI.		

La calificación se efectúa a partir del grado de fragilidad que presentan los elementos (infraestructura del Proyecto, infraestructura básica, áreas de cultivos), para ello se emplean algunas variables e indicadores de vulnerabilidad como se muestran en la Tabla 3.6-8, *Variables e Indicadores de Vulnerabilidad Física*, y la Tabla 3.6-9, *Variables e Indicadores de Vulnerabilidad Técnica*.

Tabla 3.6-8 Variables e Indicadores Niveles de Vulnerabilidad Física

Variable	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta
	< 0.25	0.25 – 0.50	0.50 – 0.75	0.75 – 1.00
Material de construcción utilizada en viviendas y edificaciones	Estructura Sismo-resistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario
Localización de viviendas y edificaciones	Muy alejada > 5 Km	Medianamente cerca 1-5 Km	Cercana 0.2 – 1 Km	Muy cercana 0.2 – 0 Km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, capa freática alta con turba, material inorgánico, etc.)
Leyes existentes	Con leyes estrictamente cumplidas	Con leyes medianamente cumplidas	Con leyes sin cumplimiento	Sin ley
Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI.				

Tabla 3.6-9 Variables e Indicadores de Vulnerabilidad Técnica

Tipo de Vulnerabilidad	Variables	Indicador
Técnica	Estado de mantenimiento de puentes, carreteras, caminos, etc.	% de elementos en buen estado.
	Tecnología de construcción en zonas de riesgo	% de infraestructura con técnicas de construcción.
	Obras hidráulicas para soportar eventos extremos	% de obras hidráulicas con capacidad de resistencia a eventos extremos.
	Equipos y obras para prevenir o mitigar el riesgo	% de disponibilidad de equipos.
Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI.		

3.6.5.3 Análisis y Evaluación de Riesgos

Esta etapa consiste en estimar los riesgos, a partir de la identificación de los niveles de peligros y el análisis de vulnerabilidad realizado sobre el área de estudio; esta evaluación se basa en el uso de una matriz de doble entrada (Matriz de Peligro y Vulnerabilidad) y se expresa en términos de probabilidad de sufrir pérdidas y daños ante la ocurrencia de los peligros determinados. Los niveles de peligro se muestran en forma vertical, mientras que los niveles de vulnerabilidad se muestran en forma horizontal; en la intersección de ambos valores se estima el nivel de riesgo esperado, los cuales se muestran en la Tabla 3.6-10, *Matriz de Peligro y Vulnerabilidad*.

Tabla 3.6-10 Matriz de Peligro y Vulnerabilidad

Peligro	Vulnerabilidad			
Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta
Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI.				

A continuación, se muestra la Tabla 3.6-11, *Evaluación de Riesgo*, donde se aprecian los resultados del análisis y evaluación de riesgos naturales realizados dentro del área de estudio.

Tabla 3.6-11 Evaluación de Riesgo

Área de Evaluación	Peligro Natural	Evaluación de Riesgos		Niveles de riesgos
		Peligro	Vulnerabilidad	Estratos
Área de Estudio de la Unidad Minera Yanacocha	Caída de rocas	Muy Alto	Alta	Riesgo Muy Alto
	Deslizamientos	Alto	Alto	Riesgo Alto
	Erosión en surcos y cárcavas	Alto	Alto	Riesgo Alto
	Reptación de suelos	Alto	Media	Riesgo Medio
	Erosión de laderas	Medio	Media	Riesgo Medio
	Escarpe	Bajo	Baja	Riesgo Bajo
	Zonas de inundación	Bajo	Baja	Riesgo Bajo

Los resultados mostrados en la Tabla 3.6-11, *Evaluación de Riesgo*, permiten identificar que el riesgo para el peligro de caída de rocas es Muy Alto, mientras que el riesgo para el peligro de Deslizamientos y Erosión en surcos y cárcavas es Alto. Asimismo, el riesgo para la reptación de suelos y erosión de laderas es Medio; en tanto que para el peligro de escarpe y zonas de inundación el riesgo es bajo. Los niveles de riesgo de origen natural se muestran en la Figura 3.6.3-3, *Mapa de Riesgos Naturales*, en este mapa se pueden observar las zonas clasificadas según los niveles de riesgo de origen natural.

Figura 3.6.5-1 Unidades Fisiográficas

Figura 3.6.5-2 Geodinámica Externa

Figura 3.6.5-3 Mapa de Riesgos Naturales