



PLAN DE GESTION DEL RIESGO

TABLA DE CONTENIDO

10	PLANES Y PROGRAMAS	1
10.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	1
10.1.3	PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO.....	1
10.1.3.1	Conocimiento del riesgo	10
10.1.3.2	Plan de reducción del riesgo.....	209
10.1.3.3	Manejo de la contingencia	234

LISTA DE TABLAS

Tabla 10.1.3.1 Normas y acuerdos asociados a la gestión de riesgos	3
Tabla 10.1.3.2 Principales actividades del proyecto.....	14
Tabla 10.1.3.3 Valores medios mensuales de precipitación para cada estación	24
Tabla 10.1.3.4 Porcentajes de las unidades litoestratigráficas	26
Tabla 10.1.3.5 Unidades geomorfológicas para el área de influencia abiótica del proyecto de minería de oro a cielo abierto Gramalote	28
Tabla 10.1.3.6 Coberturas de la tierra en el área de influencia abiótica	30
Tabla 10.1.3.7 Proyectos de formalización minera que se interceptan con el proyecto	38
Tabla 10.1.3.8 Calificación de amenazas.....	39
Tabla 10.1.3.9 Categorías de probabilidad para los eventos.....	40
Tabla 10.1.3.10 Matriz de calificación del Riesgo	41
Tabla 10.1.3.11 Índice de Riesgo	41
Tabla 10.1.3.12 Criterios de niveles de riesgo por componente.....	42
Tabla 10.1.3.13 Principales factores amenazantes identificados en el departamento de Antioquia	45
Tabla 10.1.3.14 Reportes de amenazas en Desinventar.....	45
Tabla 10.1.3.15 Amenazas identificadas.....	46
Tabla 10.1.3.16 Identificación y clasificación de amenazas	47
Tabla 10.1.3.17 Características de los eventos sísmicos históricos fuera del área interés.....	52
Tabla 10.1.3.18 UHRS (5% de amortiguamiento) para las Probabilidades Anuales de Excedencia (PAE) seleccionadas en el sitio del proyecto Gramalote. El valor de Vs30 (1) usado es de 800 m/s	56
Tabla 10.1.3.19 Valores de aceleración para algunos periodos espectrales (PGA, 0,2 y 1,0 s) asociados a un periodo de retorno de 475 años de varios estudios para el sitio de la mina Gramalote.....	57
Tabla 10.1.3.20 Eventos identificados como posibles detonantes de una posible falla de presa.....	60
Tabla 10.1.3.21 Categorías de estabilidad geotécnica y amenaza.....	62
Tabla 10.1.3.22 Categorías de estabilidad geotécnica.....	62
Tabla 10.1.3.23 Calificaciones del parámetro M en el área de influencia abiótica del proyecto.....	64

Tabla 10.1.3.24 Valores de R en función de la pendiente y la forma del perfil de la ladera.....	64
Tabla 10.1.3.25 Valores del parámetro D – Pendiente y densidad de drenaje	66
Tabla 10.1.3.26 Valores del parámetro V – Vegetación	66
Tabla 10.1.3.27 Homologación coberturas vegetales vs Corine Land Cover (Parámetro V)	67
Tabla 10.1.3.28 Valores del parámetro erosión – E	67
Tabla 10.1.3.29 Valores del parámetro clima – C	68
Tabla 10.1.3.30 Valores parámetros de sismicidad – S	69
Tabla 10.1.3.31 Valores de susceptibilidad del parámetro Efectos Antrópicos.....	70
Tabla 10.1.3.32 Categorías de estabilidad geotécnica y amenaza, áreas.....	71
Tabla 10.1.3.33 Resultados obtenidos de la zonificación de la amenaza por inundación sobre el área de influencia abiótica del proyecto.....	73
Tabla 10.1.3.34 Niveles de amenaza por inundación según la FEMA.....	74
Tabla 10.1.3.35 Árbol de eventos asociado a los diferentes tipos de falla que pueden presentarse sobre el sedimentador La Colorada.....	77
Tabla 10.1.3.36 Caudales máximos en m ³ /s que podrían presentarse ante un eventual fallo por tubificación en la presa del sedimentador La Colorada (varios autores).....	78
Tabla 10.1.3.37 Ponderación de factores de la clasificación morfométrica	88
Tabla 10.1.3.38 Asignación del índice de compacidad.....	88
Tabla 10.1.3.39 Reclasificación de la densidad de drenaje.....	88
Tabla 10.1.3.40 Reclasificación de pendientes medias	88
Tabla 10.1.3.41 Clasificación de la cobertura vegetal	89
Tabla 10.1.3.42 Clasificación de la geomorfología.....	89
Tabla 10.1.3.43 Clasificación del material superficial.....	90
Tabla 10.1.3.44 Clasificación de la precipitación.....	90
Tabla 10.1.3.45 Ponderación de factores de susceptibilidad por avenidas torrenciales	90
Tabla 10.1.3.46 Asignación del índice de amenaza por avenida torrencial	91
Tabla 10.1.3.47 Tipo de combustible predominante según la cobertura	95
Tabla 10.1.3.48 Categoría de amenaza por tipo de combustible	96
Tabla 10.1.3.49 Tipo de combustible predominante según la cobertura en el AI abiótica	96

Tabla 10.1.3.50 Categoría de amenaza por tipo de combustible según la cobertura en el AI abiótica	97
Tabla 10.1.3.51 Duración del combustible según la cobertura vegetal.....	98
Tabla 10.1.3.52 Categoría de amenaza por la duración de combustible	99
Tabla 10.1.3.53 Duración del combustible según la cobertura vegetal en el área de influencia abiótica	99
Tabla 10.1.3.54 Categoría de amenaza por la duración de combustible en el AI abiótica	100
Tabla 10.1.3.55 Categoría total (Biomasa) de combustible	101
Tabla 10.1.3.56 Categoría de amenaza total (Biomasa) de combustible.....	102
Tabla 10.1.3.57 Categoría total (Biomasa) de combustible para el área de influencia abiótica	102
Tabla 10.1.3.58 Categoría de amenaza total (Biomasa) de combustible para el área influencia abiótica	103
Tabla 10.1.3.59 Clasificación y categorización de la susceptibilidad.....	105
Tabla 10.1.3.60 Categorización de amenaza según el rango de precipitación anual	106
Tabla 10.1.3.61 Categorización de amenaza según el rango de temperatura anual	106
Tabla 10.1.3.62 Categorización de amenaza según el grado de pendiente	108
Tabla 10.1.3.63 Categorización de amenaza según la distancia red vial	111
Tabla 10.1.3.64 Categorización de la zonificación de la amenaza por incendios forestales	112
Tabla 10.1.3.65 Clasificación de los depósitos de estériles.....	131
Tabla 10.1.3.66 Población total por unidad territorial	143
Tabla 10.1.3.67 Número de habitantes por kilómetro cuadrado en las unidades territoriales	144
Tabla 10.1.3.68 Aprovechamiento de agua en los hogares de las unidades territoriales	149
Tabla 10.1.3.69 Acceso al servicio de alcantarillado y otras formas de disposición en las unidades territoriales	150
Tabla 10.1.3.70 Acceso al servicio de energía en las unidades territoriales.....	151
Tabla 10.1.3.71 Tipo de combustible para cocinar en las unidades territoriales....	152
Tabla 10.1.3.72 Establecimientos educativos ubicados en las unidades territoriales	153
Tabla 10.1.3.73 Afiliación de la población al sistema de salud.....	155
Tabla 10.1.3.74 Asistencia a centros de salud	156

Tabla 10.1.3.75 Escenarios deportivos, recreativos y comunitarios presentes en las unidades territoriales.....	157
Tabla 10.1.3.76 Tipo de infraestructura vial y transporte utilizado.....	161
Tabla 10.1.3.77 Escala de calificación de consecuencias.....	168
Tabla 10.1.3.78 Análisis de consecuencias ante sismos.....	170
Tabla 10.1.3.79 Análisis de consecuencias ante movimientos en masa.....	172
Tabla 10.1.3.80 Análisis de consecuencias ante inundaciones.....	173
Tabla 10.1.3.81 Análisis de consecuencias ante avenidas torrenciales.....	174
Tabla 10.1.3.82 Análisis de consecuencias ante incendios forestales.....	175
Tabla 10.1.3.83 Análisis de consecuencias ante orden público y social.....	176
Tabla 10.1.3.84 Análisis de consecuencias ante explosiones no controladas.....	176
Tabla 10.1.3.85 Análisis de consecuencias ante derrame de materiales peligrosos.....	177
Tabla 10.1.3.86 Análisis de consecuencias ante incendio estructural.....	178
Tabla 10.1.3.87 Análisis de consecuencias ante colapso estructural.....	179
Tabla 10.1.3.88 Análisis de consecuencias ante falla de presa de colas.....	180
Tabla 10.1.3.89 Análisis de consecuencias ante falla de la tubería de colas.....	182
Tabla 10.1.3.90 Análisis de consecuencias ante un derrumbe de taludes de los depósitos y tajo.....	183
Tabla 10.1.3.91 Análisis de consecuencias ante una emergencia sanitaria.....	184
Tabla 10.1.3.92 Análisis de consecuencias ante accidentes de vehículos de carga.....	185
Tabla 10.1.3.93 Categorías de probabilidad para los eventos.....	187
Tabla 10.1.3.94 Análisis de probabilidad para los escenarios de riesgo.....	187
Tabla 10.1.3.95 Evaluación del riesgo.....	193
Tabla 10.1.3.96 Jerarquización del riesgo.....	196
Tabla 10.1.3.97 Criterios de valoración del riesgo ambiental.....	197
Tabla 10.1.3.98 Categorías de aceptabilidad del riesgo social.....	199
Tabla 10.1.3.99 Categorías de aceptabilidad del riesgo socioeconómico.....	201
Tabla 10.1.3.100 Criterios metodológicos para la valoración cualitativa del riesgo individual.....	203
Tabla 10.1.3.101 Parámetros de monitoreo.....	207
Tabla 10.1.3.102 Medidas de reducción del riesgo transversales ante amenazas identificadas.....	210
Tabla 10.1.3.103 Medidas de reducción del riesgo ante amenazas de origen natural y socio naturales.....	214

Tabla 10.1.3.104 medidas de reducción del riesgo ante amenazas de origen antrópico	220
Tabla 10.1.3.105 Medidas de reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	222
Tabla 10.1.3.106 Roles y responsabilidades Equipo de Manejo de Crisis - CMT ..	237
Tabla 10.1.3.107 Roles y responsabilidades del equipo de manejo de Emergencias - EMT	239
Tabla 10.1.3.108 Roles y responsabilidades del equipo de respuesta a emergencias - ERT	241
Tabla 10.1.3.109 Programas de entrenamiento y capacitación del personal.....	246
Tabla 10.1.3.110 Frecuencia de entrenamientos y simulacros de los equipos de manejo de crisis y emergencias	248
Tabla 10.1.3.111 Niveles de alerta en el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote	251
Tabla 10.1.3.112 Niveles de activación de alarma	251
Tabla 10.1.3.113 Procedimientos de Comunicación	265
Tabla 10.1.3.114 Contacto de actores externos de la gestión del riesgo.....	267
Tabla 10.1.3.115 Equipamientos para la atención de emergencias	267

LISTA DE FIGURAS

Figura 10.1.3.1 Localización general	11
Figura 10.1.3.2 Localización de cuencas dentro del área de Influencia.....	22
Figura 10.1.3.3 Cuerpo léntico en el área de influencia	24
Figura 10.1.3.4 Ciclos característicos de la precipitación para cada estación	25
Figura 10.1.3.5 Geología local de la zona del Proyecto Gramalote.....	26
Figura 10.1.3.6 Unidades geomorfológicas en el área de influencia de la modificación de la licencia ambiental del Gramalote	30
Figura 10.1.3.7 Coberturas de la tierra en el área de influencia abiótica	31
Figura 10.1.3.8 Ramal de conexión de la central de generación térmica desde el Sistema Interconectado Nacional.....	36
Figura 10.1.3.9 Redes eléctricas y Central Hidroeléctrica La Cascada, interceptadas por el proyecto.	37
Figura 10.1.3.10 Proyectos de formalización minera que se interceptan con el proyecto	39
Figura 10.1.3.11 Definición del área de análisis del Riesgo	44
Figura 10.1.3.12 Configuración tectónica y terremotos históricos más importantes	50
Figura 10.1.3.13 Secciones transversales esquemáticas que ilustran las principales características tectónicas y los hipocentros de los sismos históricos	50
Figura 10.1.3.14 Análisis localizado en la mina Gramalote	51
Figura 10.1.3.15 Mapa de intensidades EMS-98 para el sismo histórico del 10 de abril de 1911, con área epicentral en Yarumal, Antioquia. El epicentro de este evento se localizó al NW de la mina Gramalote	53
Figura 10.1.3.16 Curvas de amenaza media (5% de amortiguamiento) para los periodos espectrales seleccionados en el sitio de la mina Gramalote. El valor de Vs30 usado es de 800 m/s.....	55
Figura 10.1.3.17 Espectros de Respuesta de Amenaza Uniforme (UHRS) (5% de amortiguamiento) en el sitio de la mina Gramalote. El valor de Vs30 usado es de 800 m/s	55
Figura 10.1.3.18 Amenaza sísmica.....	58
Figura 10.1.3.19 Valores de calificación para el parámetro M (En el recuadro rojo se presentan los pesos asignados a los materiales del área de estudio)	63
Figura 10.1.3.20 Clases del terreno de acuerdo con el perfil de las superficies (índice de curvatura: Cóncavo, rectilíneo y convexo) y las pendientes.....	65

Figura 10.1.3.21 Efectos de la acción del hombre en la producción de deslizamientos	70
Figura 10.1.3.22 Amenaza ante movimientos en masa.....	72
Figura 10.1.3.23 Amenaza ante inundaciones sobre el área de influencia abiótica. 74	
Figura 10.1.3.24 Detalle de la amenaza ante inundaciones sobre la población de Providencia	75
Figura 10.1.3.25 Manchas de inundación valoradas para la línea base del proyecto (Tr=2,33 años, Tr=100 años, Tr=1.000 años y CMP)	81
Figura 10.1.3.26 Mancha de inundación para el caso de rompimiento de presa del sedimentador La Colorada	82
Figura 10.1.3.27 Zonificación de la amenaza por inundación ante el rompimiento de presa del sedimentador La Colorada	83
Figura 10.1.3.28 Detalle sobre la población de providencia de la zonificación de la amenaza por inundación ante el rompimiento de presa del sedimentador La Colorada	84
Figura 10.1.3.29 Mapa de susceptibilidad por Avenidas Torrenciales.....	87
Figura 10.1.3.30 Metodología para el análisis de la amenaza por avenidas torrenciales	88
Figura 10.1.3.31 Categorización de la amenaza por avenidas torrenciales en la zona de estudio	91
Figura 10.1.3.32 Esquema metodológico para la determinación de la susceptibilidad de incendios forestales	94
Figura 10.1.3.33 Amenaza según tipo de combustible en el área de influencia abiótica	98
Figura 10.1.3.34 Amenaza según la duración del combustible en el área de influencia abiótica	101
Figura 10.1.3.35 Amenaza según de la carga (Biomasa) de combustible en el Al abiótica	104
Figura 10.1.3.36 Mapa de susceptibilidad de la vegetación de incendios	105
Figura 10.1.3.37 Amenaza según el rango de precipitación anual	107
Figura 10.1.3.38 Amenaza según el rango de temperatura anual.....	108
Figura 10.1.3.39 Amenaza según el grado de pendiente	109
Figura 10.1.3.40 Amenaza según el factor histórico	110
Figura 10.1.3.41 Amenaza según la distancia a la red vial	111
Figura 10.1.3.42 Mapa de amenaza ante incendios forestales	113
Figura 10.1.3.43 Amenaza ante orden público y social	115

Figura 10.1.3.44 Amenaza ante explosiones no controladas	119
Figura 10.1.3.45 Amenaza ante derrame de materiales peligrosos.....	121
Figura 10.1.3.46 Amenaza ante incendio estructural	123
Figura 10.1.3.47 Amenaza ante colapso estructural	125
Figura 10.1.3.48 Amenaza ante Falla de la presa de Colas	128
Figura 10.1.3.49 Amenaza ante falla de la tubería de colas.....	130
Figura 10.1.3.50 Amenaza ante emergencia sanitaria	134
Figura 10.1.3.51 Amenaza ante accidentes de vehículos de carga.....	136
Figura 10.1.3.52 Proyección de temperatura a 2040 para el municipio de San Roque	139
Figura 10.1.3.53 Proyección de precipitación a 2040 para el municipio de San Roque	140
Figura 10.1.3.54 Pirámide poblacional, 2025	142
Figura 10.1.3.55 Unidades territoriales del AI abiótica	145
Figura 10.1.3.56 Elementos expuestos del componente personas	146
Figura 10.1.3.57 Elementos expuestos del componente ambiental.....	148
Figura 10.1.3.58 Elementos expuestos del componente socioeconómico.....	166
Figura 10.1.3.59 Riesgo ambiental	198
Figura 10.1.3.60 Riesgo Social	200
Figura 10.1.3.61 Riesgo Socioeconómico.....	202
Figura 10.1.3.62 Riesgo individual.....	205
Figura 10.1.3.63 Equipo de respuesta ante emergencias	236
Figura 10.1.3.64 Niveles de consecuencias y activación de los equipos de emergencia	255
Figura 10.1.3.65 Activación y Notificación General de Emergencias.....	265
Figura 10.1.3.66 Canales de notificación de emergencias	266

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 10.1.3.1 Probabilidad de los eventos.....	40
Ecuación 10.1.3.2 Calificación de estabilidad	63
Ecuación 10.1.3.3 Densidad de drenaje	66

LISTA DE ANEXOS

Anexo_PGR_Valoracion_Riesgos
Anexo_PGR_Reporte_Desinventar
Anexo_PGR_I-I-10719-ROMPPRESACOLORADA-00-V
Anexo_PGR_Analisis_Rotura_Presa_DesvGuacas
Anexo_PGR_Riesgo_Tecnológico
Anexo_PGR_Análisis_Rotura_PresaColas
Anexo_PGR_Manual_Señalización
Anexo_PGR_Plan_Emergencia_SITE
Anexo_PGR_Manual_Gestion_Crisis
Anexo_PGR_Plan_de_Ayuda_Mutua
Anexo_PGR_Simulacros
Anexo_PGR_Guias_Tacticas
Anexo_PGR_PONs

MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE

10 PLANES Y PROGRAMAS

10.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

10.1.3 PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO

La Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres normalizada por la Ley 1523 de 2012 establece la responsabilidad compartida y los lineamientos de la política de corresponsabilidad pública, privada y comunitaria en la Gestión del Riesgo de Desastres, es decir que el ejercicio de la gestión del riesgo de desastres es colaborativo y participativo. La ley 1523 define la gestión del riesgo de desastres como: “un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible” (Ley 1523, 2012).

Los objetivos del Plan de Gestión del Riesgo se definieron teniendo en cuenta el marco normativo establecido en la Ley 1523 de 2012, mediante la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se organiza el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres; el Decreto 2157 de 2017, que establece las directrices generales para la elaboración de los planes de gestión del riesgo de desastres de entidades públicas y privadas conforme al artículo 42 de la Ley 1523 de 2012; los Términos de Referencia TdR 13 para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos de Explotación Minera; los términos de referencia TdR de la Metodología General Para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales; el decreto 1868 de 2021; así como las políticas y procedimientos corporativos de Gramalote Colombia Limited (GCL).

Es importante destacar que el presente Plan de Gestión del Riesgo se actualiza en el marco del proceso de Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Esta actualización, que atiende el requerimiento de la del decreto 2157 de 2017, a según la cual los planes de gestión del riesgo deben someterse periódicamente a actualización, no solo revisa y ajusta los análisis existentes, sino que integra los escenarios de riesgo asociados a las obras y actividades objeto de modificación, garantizando que las nuevas condiciones del proyecto sean evaluadas de manera integral. Asimismo, se conservan y mantienen vigentes los análisis y lineamientos contenidos en el documento PGR_01_V1, previamente aprobado bajo la licencia ambiental vigente, en aquellos aspectos que no experimentan cambios (obras no objeto de modificación). De esta manera, el plan actualizado presenta continuidad técnica y una gestión del riesgo

alineada con la evolución del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote y con los lineamientos exigidos por la autoridad ambiental.

El PGR requiere identificar las amenazas que puedan materializarse durante el desarrollo de las obras, actividades y fases de operación del Proyecto, las cuales podrían generar daños o pérdidas sobre las personas, los bienes materiales, los recursos socioeconómicos y/o el medio ambiente dentro del área de influencia. El propósito de esta identificación es establecer lineamientos claros para prevenir, atender y controlar de manera adecuada y eficaz cualquier contingencia.

La metodología de evaluación de riesgos consiste en clasificar las amenazas exógenas y endógenas en diferentes escenarios posibles y asignarles una calificación a partir de análisis cualitativos y cuantitativa basada en la probabilidad de ocurrencia y la magnitud de las consecuencias del evento no deseado. Con esta clasificación se jerarquizan los riesgos y se determinan las acciones y lineamientos necesarios para prevenir, atender y controlar de manera eficaz la materialización de los escenarios priorizados, evitando la generación de nuevas condiciones de vulnerabilidad, reduciendo los riesgos existentes y promoviendo la recuperación del entorno a condiciones normales.

El Plan de Gestión del Riesgo se estructura en tres ejes fundamentales para su adecuada formulación y ejecución:

1. **Conocimiento del riesgo**, que comprende: la identificación de amenazas, el análisis de escenarios de riesgo, las áreas afectadas, los elementos vulnerables y la valoración del riesgo;
2. **Reducción del riesgo**, donde se plantean las medidas de prevención y mitigación destinadas a disminuir la amenaza, la exposición y/o la vulnerabilidad; y el
3. **Manejo de la contingencia**, en el cual se establecen las medidas de prevención, control y atención ante la eventual materialización de una situación de emergencia.

A. Objetivos del plan

Actualizar el Plan de Gestión del Riesgo (PGR) para la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, con el fin de responder de manera efectiva a los riesgos identificados en el área de influencia durante las diferentes etapas del proyecto, mediante acciones de prevención, preparación y atención que garanticen la protección de la vida humana, los recursos naturales, los bienes y la infraestructura potencialmente afectados por emergencias generadas o agravadas por la ejecución del proyecto.

B. Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar los riesgos potenciales asociados al Proyecto Gramalote que puedan generar o agravar situaciones de emergencia, jerarquizándolos según su probabilidad y nivel de afectación sobre las personas, el ambiente, los bienes y la infraestructura.
- Identificar y cartografiar las áreas de riesgo derivadas de incidentes potenciales asociados a las distintas actividades y etapas del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.
- Definir y articular la estructura organizacional para la gestión del riesgo, estableciendo el personal, las responsabilidades, los roles y los recursos

necesarios, en concordancia con el marco normativo vigente y las políticas corporativas de GCL.

- Establecer un plan para la reducción del riesgo, donde se plantean las medidas de prevención y mitigación destinadas a disminuir la amenaza, la exposición y/o la vulnerabilidad.
- Establecer el plan de manejo de emergencias, incluyendo procedimientos, protocolos y medidas de prevención, respuesta y control que permitan reducir las consecuencias de una emergencia y asegurar una reacción oportuna y eficaz ante los riesgos identificados.
- Diseñar el plan de formación y entrenamiento dirigido al personal vinculado al Proyecto y a las comunidades del área de influencia, con el fin de fortalecer sus capacidades de prevención, preparación y respuesta ante emergencias.
- Proponer estrategias de recuperación y rehabilitación post-emergencia, orientadas a restablecer las condiciones del entorno y minimizar los impactos negativos de eventos catastróficos generados o agravados por el Proyecto.
- Establecer los mecanismos de información, sensibilización y capacitación comunitaria sobre las emergencias potenciales durante las distintas etapas del Proyecto, así como las medidas de autoprotección, prevención y atención que deben adoptarse.
- Identificar los recursos humanos, técnicos y logísticos necesarios y definir la organización requerida por GCL para garantizar una atención eficaz ante una potencial emergencia.

C. Marco legal

A continuación, en la Tabla 10.1.3.1 se presenta una recopilación de las principales normas, lineamientos y acuerdos nacionales e internacionales relacionados con la gestión del riesgo de desastres. Este marco regulatorio constituye la base para la formulación, implementación y seguimiento del Plan de Gestión del Riesgo, garantizando que las acciones y medidas adoptadas se encuentren alineadas con los estándares vigentes y respondan a las obligaciones legales y buenas prácticas reconocidas a nivel global.

Tabla 10.1.3.1 Normas y acuerdos asociados a la gestión de riesgos

Norma	Expide	Descripción
Decreto 2811 de 1974	Presidencia de la República de Colombia	“Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”
Decreto 1541 de 1978	Presidencia de la República de Colombia	Establece los procedimientos para la utilización de los recursos hídricos.
Ley 9 de 1979	Congreso de Colombia	“Por la cual se dictan Medidas Sanitarias” para la protección del ambiente.
Resolución 2400 de 1979	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social	“Por lo cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo”.

Norma	Expede	Descripción
Ley 46 de 1988	Congreso de Colombia	"Por la cual se crea y organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, se otorga facultades extraordinarias al presidente de la República y se dictan otras disposiciones"
Ley 164 de 1994	Congreso de Colombia	"Por medio de la cual se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático"
Decreto Ley 1295 de 1994	Ministerio de Gobierno de la República de Colombia	"Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales".
Decreto 1772 de 1994	Presidencia de la República de Colombia	Reglamenta la afiliación y las cotizaciones al sistema de riesgos profesionales.
Decreto 969 de 1995	Presidencia de la República de Colombia	Organiza la Red Nacional de Centros de Reserva para la Atención de Emergencias.
Ley 388 de 1997	Congreso de Colombia	Establece los Instrumentos de Ordenamiento Territorial y considera la prevención de amenazas y riesgos naturales.
Decreto 2340 de 1997	Presidencia de la República de Colombia	Se dictan medidas para la organización en materia de prevención y mitigación en incendios forestales.
Decreto 93 de 1998	Presidencia de la República de Colombia	"Por el cual se organizó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres".
Ley 629 de 2000	Congreso de Colombia	"Por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático".
Decreto 1609 de 2002	Presidencia de la República de Colombia	"Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera"
Resolución 1402 de 2007	Ministerio de la Protección Social	Reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo.
Resolución 1121 de 2007	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	"Por la cual se crea el Comité para la Gestión del Riesgo del Ministerio de Ambiente,

Norma	Expide	Descripción
		Vivienda y Desarrollo Territorial”.
Conpes 3700 de 2011	Departamento Nacional de Planeación	“Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia”.
Ley 1523 de 2012	Congreso de Colombia	“Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.”
Ley 1505 de 2012	Congreso de Colombia	“Por medio de la cual se crea el Subsistema Nacional de Voluntarios de Primera Respuesta y se otorgan estímulos a los voluntarios de la Defensa Civil, de los Cuerpos de Bomberos de Colombia y de la Cruz Roja Colombiana y se dictan otras disposiciones en materia de voluntariado en primera respuesta.”
Resolución 1514 de 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Adopta los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.
Ley 1575 de 2012	Congreso de Colombia	“Por medio de la cual se establece la ley general de Bomberos de Colombia”.
Resolución 1770 de 2013	UNGRD, Ministerio del Interior y Justicia	“Por el cual se crea la Comisión Técnica Nacional Asesora de Riesgos Tecnológicos - CNARIT”.
Resolución 256 de 2014	Director Nacional de Bomberos	“Por medio de la cual se reglamenta la conformación, capacitación y entrenamiento para las brigadas contra incendios de los sectores energético, industrial, petrolero, minero, portuario, comercial y similar en Colombia”.
Resolución 0358 de 2014	Director Nacional de Bomberos	“Por medio del cual se adopta como procedimiento operativo para los cuerpos de bomberos el modelo organizacional del

Norma	Expide	Descripción
		sistema de comando de incidentes”
Decreto 1076 de 2015	Presidencia de la República de Colombia	“Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.”
Decreto 2220 de 2015	Presidencia de la República de Colombia	"Por el cual se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015 en lo relacionado con las licencias y permisos ambientales para Proyectos de Interés Nacional y Estratégicos (PINE)".
Decreto 2434 de 2015	Presidencia de la República de Colombia	“Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; 1078 de 2015, para crearse el Sistema Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias como parte del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres”.
Decreto 308 de 2016	Presidencia de la República de Colombia	“Por medio del cual se adopta el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres”.
CONPES 3868 de 2016	Departamento Nacional de Planeación	“Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas”.
Decreto 298 de 2016	Presidencia de la República de Colombia	Establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático – SISCLIMA.
Resolución 4998 de 2016	Ministerio de Transporte	“Por el cual se crea el Comité Sectorial de Transporte para la Gestión del Riesgo de Desastre”.
Resolución 1767 de 2016	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Resolución mediante la cual se adopta el formato único para el reporte de las contingencias.
Decreto 2157 de 2017	Presidencia de la República de Colombia	"Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012".
Resolución 1209 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan Términos de Referencia para

Norma	Expide	Descripción
		la elaboración de los planes de contingencia para el transporte de hidrocarburos, derivados o sustancias nocivas.
Resolución 1486 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Aplica para el reporte de cualquier contingencia ambiental que se presente en proyectos que no requieran licencia ambiental.
Decreto 1868 de 2021	Presidencia de la República de Colombia	“Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia frente a pérdidas de contención de hidrocarburos y otras sustancias peligrosas y se adiciona el Capítulo 7 al Título 1 de la Parte 3 del Libro 2 del Decreto 1081 del 2015, Decreto Reglamentario del Sector Presidencia de la República”.
Resolución 312 de 2019	Ministerio de Trabajo	“Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST”.
Decreto 1347 de 2021	Ministerio del Trabajo	“Por el cual se adopta el Programa de Prevención de Accidentes Mayores y se toman otras determinaciones”.
Resolución 559 de 2022	Unidad Nacional Para La Gestión del Riesgo de Desastres	“Por la cual se adoptan valores nacionales de riesgo máximo individual accidental para instalaciones fijas y en especial las instalaciones fijas clasificadas de acuerdo al Decreto 1347 de 2021 y se dictan otras disposiciones”.
Decreto 0978 de 2024	Presidencia de la República de Colombia	"Por medio del cual se adopta la segunda actualización del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, y se dictan otras disposiciones".
Ley 2474 de 2025	Congreso de Colombia	“Mediante la cual se modifica la Ley 1523 de 2012, reconociendo e incluyendo a los animales dentro de la política de gestión de riesgos de desastre y se dictan otras disposiciones”.

Norma	Expede	Descripción
Ley 2476 de 2025	Congreso de Colombia	“Por medio del cual se fortalece la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo en Colombia a través de ciudades y centros urbanos verdes, biodiversos y resilientes (Ley de Ciudades Verdes)”
Marco de acción de Hyogo para 2005-2015	Naciones Unidas	Plan mundial para la reducción del riesgo de desastres con un plan decenal, aprobado por 168 Estados.
Norma ISO 31000:2018	Organización Internacional de Normalización	Es un estándar de origen internacional desarrollado por ISO y, que proporciona los principios y directrices para la Gestión de Riesgos.
NFPA 30	National Fire Protection Association (NFPA)	“Código de líquidos inflamables y combustibles”.

Fuente: Integral S.A., 2025

D. Alcance

El Plan de Gestión del Riesgo aborda la identificación y evaluación de los eventos que podrían ocurrir a producto de la modificación de Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, ya sea derivados de sus propias actividades o de factores externos que puedan intensificarse debido a las obras y operaciones del proyecto.

Para valorar el impacto potencial de estas emergencias, se consideran elementos clave como las comunidades dentro del área de influencia que podrían resultar afectadas, el personal vinculado al proyecto, los componentes ambientales y la infraestructura susceptible de daño, ya sea comunitaria, de terceros o propia del proyecto.

El PGR evalúa las amenazas asociadas a las obras objeto de modificación y las obras nuevas y los riesgos asociados a la modificación; hace una revisión sobre las amenazas asociadas a las obras no objeto de modificación y elimina toda recomendación o acción de prevención o atención asociadas a las obras que ya no se ejecutarán.

E. Conceptos preliminares

Para facilitar la comprensión del Plan de Gestión del Riesgo se presenta, a continuación, el significado de los principales términos empleados en el presente estudio, de acuerdo con la Ley 1523 de 2012.

Amenaza: peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Análisis y evaluación del riesgo: Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

Conocimiento del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia de este que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre.

Emergencia: situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia de este, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general.

Exposición (elementos expuestos): Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.

Gestión del riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia de este, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entendiéndose: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

Manejo de desastres: Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación post desastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entendiéndose: rehabilitación y recuperación.

Mitigación del riesgo: Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

Reducción del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entendiéndose: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entendiéndose: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos

físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera.

10.1.3.1 Conocimiento del riesgo

El componente de conocimiento del riesgo provee la base temática para desarrollar los procesos de reducción del riesgo y de manejo del desastre. El contenido de esta sección incluye la identificación de los elementos expuestos presentes en el área de influencia, la identificación de amenazas naturales, socio naturales, antrópicas y operacionales, el análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos y el análisis del riesgo.

Como parte de la gestión del riesgo es necesario que exista un proceso de conocimiento de este, como lo establece la Ley 1523 del 2012, la gestión del riesgo inicia en el conocimiento y entendimiento de los escenarios de riesgo y los elementos expuestos ante estos escenarios para que se realice un planteamiento más acertado de medidas de reducción y estrategias de atención de la emergencia.

10.1.3.1.1 Contexto Interno

El Contexto Interno describe las características organizacionales, operativas y administrativas de Gramalote en el marco de la Modificación de Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, que influyen en la identificación, evaluación y manejo de los riesgos. Esta sección permite comprender las capacidades institucionales, los procesos internos, la estructura organizacional, los recursos disponibles y las dinámicas propias del proyecto que determinan cómo se previenen, atienden y controlan las emergencias dentro de su ámbito de operación.

A. Información general de la actividad

La Modificación de Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote comprende la ejecución de labores orientadas a la extracción de oro, plata y otros minerales presentes en el yacimiento, así como los procesos de beneficio relacionados, dentro del área otorgada mediante el Contrato Único de Concesión T14292011.

Para esta modificación se estableció que la explotación se llevará a cabo el mismo esquema de explotación en el que solo se empleará el tajo a cielo abierto (conocido como Tajo Gramalote), método que resulta adecuado dada la forma del depósito mineral y su cercanía a la superficie. Esta opción posibilita un control eficiente de los materiales a remover y permite operar con la maquinaria minera proyectada para el desarrollo del proyecto.

Las actividades operativas se estructurarán en ciclos que inician con perforación y voladuras, seguidos por el cargue y transporte del material con equipos de alta capacidad. Excavadoras y cargadores frontales asumirán el cargue hacia camiones de acarreo, que trasladarán el mineral hacia la planta de procesamiento, las áreas de almacenamiento temporal o los depósitos de estériles, según el tipo de material extraído. Para apoyar estas labores se emplearán bulldozers, motoniveladoras y vehículos de servicio destinados a la adecuación y mantenimiento de vías, el empuje de material y otras tareas de soporte.

Gramalote, como empresa titular del proyecto, será responsable de ejecutar directamente las fases esenciales de extracción y beneficio, desde la remoción del mineral hasta su tratamiento en la planta optimizada para la recuperación de sulfuros.

B. Localización general

El proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se ubica en el nordeste del departamento de Antioquia, en jurisdicción del municipio de San Roque, Colombia. El área del proyecto se encuentra aproximadamente a 100 km por carretera al nororiente de Medellín y a 400 km por carretera al noroccidente de Bogotá. Las zonas objeto de modificación comprenden las veredas Guacas Abajo, Peñas Azules, La María, La Linda, El Diluvio, Manizales y centro poblado del corregimiento de Providencia en el municipio de San Roque. En la Figura 10.1.3.1 se ilustra la localización general del proyecto.

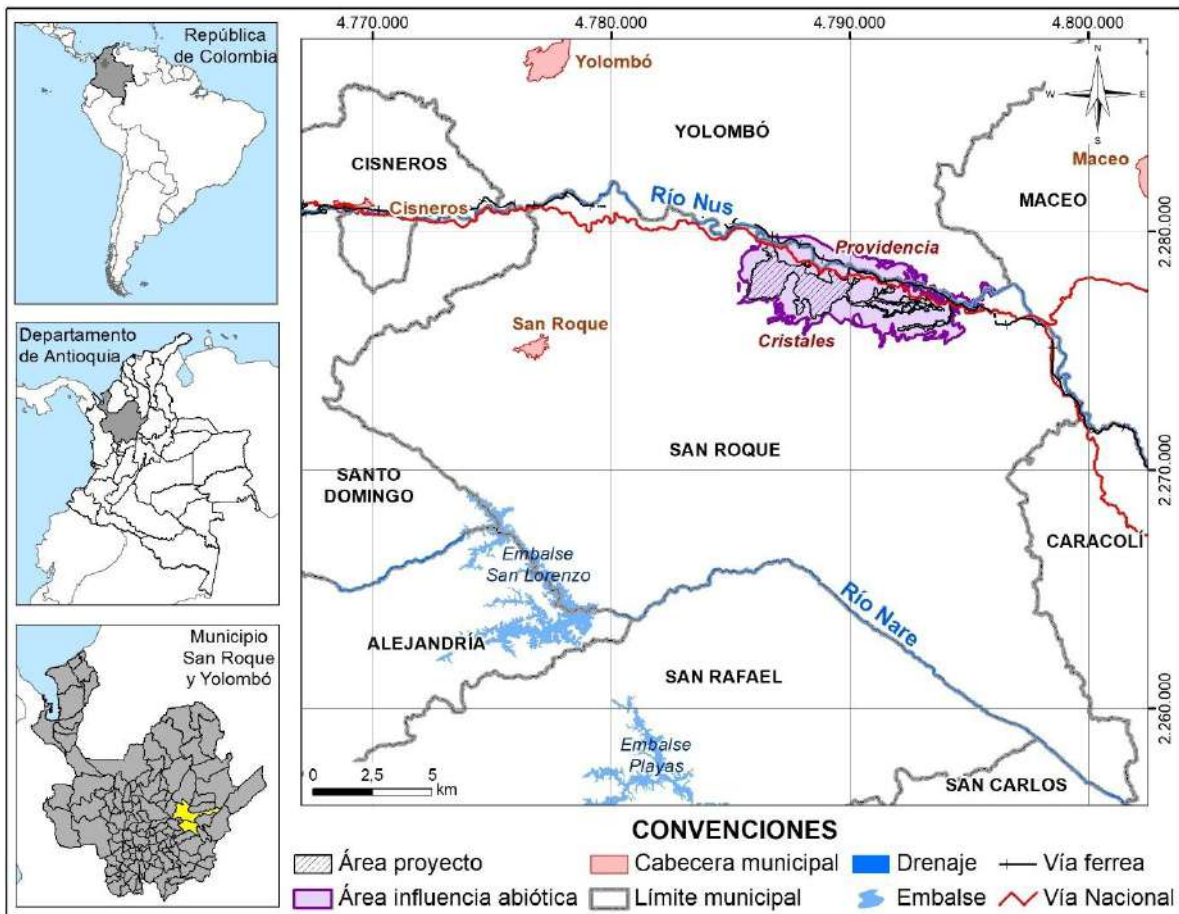


Figura 10.1.3.1 Localización general

Fuente: Integral S.A., 2025

C. Estructura organizacional

La estructura organizacional actual de Gramalote Colombia Limited se fortalecerá a medida que el proyecto se ejecuta, incluyendo un grupo de Proyectos y Construcción. Gramalote contará con empleados nacionales y algunos extranjeros que facilitarán la transferencia de experiencia y conocimiento.

Vivir los valores es la base para definir las tareas más importantes, razón por la que en Gramalote es importante tratar a los demás con dignidad y respeto. La Empresa ha implantado un sistema organizacional que se orienta a la vinculación del personal con el talento necesario, con el objetivo de hacer negocios con eficiencia, competitividad, creatividad, confianza y satisfacción en el trabajo.

La organización requerida se basa en dos principios fundamentales: primero, todas las personas vienen a trabajar para hacer lo mejor posible y, segundo, todas las políticas, procedimientos y prácticas se basan en la confianza mutua. Nuestra estructura organizacional incluye varios niveles de asignación de responsabilidades, roles y asignación de autoridades.

Un relacionamiento claro entre los empleados de una organización permite que trabajen de manera constructiva, responsable y efectiva. Para ello, Gramalote Colombia Limited hace énfasis en el diseño organizacional, en la planificación del recurso humano, el reclutamiento, la selección e inducción, en la gestión del rendimiento de cada empleado, la compensación y el gerenciamiento del talento humano desde su desarrollo humano y técnico (capacitación, formación y entrenamiento).

Un requisito fundamental para lograr este desarrollo se basa en que todas las políticas, procedimientos y prácticas de gestión deben inducir confianza. La inducción de confianza no significa estar de acuerdo con todas las decisiones de sus superiores, sino lograr los resultados esperados mediante un trato justo de la gente, asegurando la eficiencia y eficacia para conseguir que el trabajo se lleve a cabo de la mejor forma posible.

Gramalote Colombia Limited considera todas las políticas como una declaración de alto nivel que refleja las creencias de la organización, que serán utilizadas como base para la elaboración de normas, procedimientos y directrices más detalladas.

Los valores de Gramalote se centran en crear una relación que apoya a cada empleado para hacer una contribución al éxito compartido y mantener una relación basada en la confianza mutua. La seguridad es nuestro primer valor y es nuestra responsabilidad colectiva e individual construir un ambiente de trabajo seguro y saludable, libre de lesiones y enfermedades.

D. Políticas, objetivos y estrategias

Gramalote Colombia Limited, empresa de propiedad de B2Gold Corp., desarrolla sus operaciones en Colombia bajo estándares internacionales de sostenibilidad, ética y responsabilidad social. Su gestión se rige por el Sistema de Gestión del Desempeño Social (SGS) de B2Gold, el cual establece las directrices y requerimientos corporativos para alcanzar un desempeño socialmente responsable y garantizar la mejora continua en la relación con los grupos de interés.

El SGS se aplica a todas las etapas del ciclo minero desde la exploración hasta el cierre e integra políticas, estándares y procedimientos que orientan la actuación social y ambiental de la Compañía, así como la de sus contratistas y aliados. Este sistema se fundamenta en ocho Estándares de Desempeño Social, que reflejan las mejores prácticas internacionales y los compromisos corporativos en materia de derechos humanos, participación, desarrollo comunitario y sostenibilidad:

1. Relacionamento con actores: garantiza el diálogo abierto, respetuoso y permanente con las comunidades y partes interesadas.
2. Gestión de quejas comunitarias: establece un mecanismo formal, accesible y transparente para la recepción, evaluación y respuesta de reclamaciones e inquietudes.
3. Inversión comunitaria: orienta las contribuciones voluntarias y para mitigación de impactos de la empresa hacia el fortalecimiento de capacidades locales y el desarrollo sostenible en salud, educación y medios de vida.
4. Reasentamiento y acceso a tierras: promueve la prevención del desplazamiento involuntario y, cuando es inevitable, asegura que los procesos se desarrollen bajo los principios de equidad, restauración de medios de vida y consulta informada.
5. Contenido local: fomenta el empleo y desarrollo de proveedores locales, la contratación de bienes y servicios locales, fortaleciendo el desarrollo económico en las comunidades de influencia.
6. Derechos humanos: establece lineamientos para prevenir impactos adversos y garantizar el respeto de los derechos fundamentales en todas las relaciones de negocio.
7. Minería artesanal y de pequeña escala: define estrategias de interacción responsable con mineros artesanales, priorizando el diálogo, la formalización y la reducción de conflictos.
8. Cierre social: asegura una transición responsable al cierre de operaciones, dejando un legado social positivo y mitigando impactos económicos o comunitarios.

Estas políticas y estándares están alineados con la Política de Responsabilidad Social de B2Gold, que compromete a la compañía a:

- Respetar los derechos humanos y las culturas locales.
- Evitar, mitigar y compensar los impactos negativos.
- Promover el desarrollo comunitario sostenible.
- Garantizar la transparencia, la participación y el acceso a mecanismos de reparación.
- Integrar los factores sociales en la toma de decisiones corporativas.

El marco normativo que orienta la gestión de Gramalote Colombia Limited incluye el cumplimiento estricto de la legislación colombiana (Constitución Política, Código de Minas - Ley 685 de 2001, Ley 99 de 1993 y normas ambientales, sociales y laborales vigentes), así como la adhesión voluntaria a principios, convenios y guías internacionales, entre ellos:

- Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos.
- Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social de la IFC (2012).
- Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM).
- Global Reporting Initiative (GRI).

- Principios Voluntarios en Seguridad y Derechos Humanos.
- Pacto Global de Naciones Unidas y estándares de la OIT.
- Acuerdo de Escazú.

A través de este marco Corporativo, Gramalote Colombia Limited asegura que todas sus operaciones y decisiones sociales se conduzcan con integridad, respeto por las comunidades y compromiso con el desarrollo sostenible, en coherencia con las mejores prácticas internacionales y los lineamientos de B2Gold Corp.

E. Cultura organizacional

En Gramalote Colombia Limited, la cultura organizacional se fundamenta en la convicción de que la sostenibilidad no solo es un principio de gestión, sino también una oportunidad para generar valor compartido. Bajo esta perspectiva, la compañía orienta sus acciones a través de los siguientes pilares:

- Respeto por el medio ambiente y las comunidades.
- Cumplimiento de los compromisos.
- Actuar con pasión, devoción e imaginación.
- Avanzar y crecer juntos.
- Dejar un legado en las generaciones futuras.

Como parte de esta cultura, la estrategia de sostenibilidad integra componentes que buscan fortalecer el desarrollo social, económico y ambiental de las zonas de influencia. Estos componentes son:

Educación: Uno de los más grandes y duraderos legados que podemos ofrecer a las comunidades locales. Nuestros proyectos clave incluyen infraestructura escolar, becas educativas, herramientas y materiales didácticos, y asistencia y capacitación para docentes.

Medio ambiente: Tenemos un compromiso con la conservación del entorno, contribuyendo en beneficios ambientales duraderos y promoviendo las mejores prácticas. Nuestros proyectos clave incluyen gestión del agua, recuperación de minas, reforestación y conservación de la biodiversidad.

Salud: Una comunidad saludable significa una comunidad feliz y próspera. Nuestros proyectos clave incluyen acceso a instalaciones de salud y medicinas, programas de educación en nutrición, acceso a agua potable, mejoras en saneamiento y prevención de epidemias.

Medios de vida: El fortalecimiento y la promoción de medios de vida sostenibles y alternativos a la minería, son vitales para el crecimiento económico, la prosperidad y el bienestar general de las comunidades locales. Nuestros proyectos clave incluyen creación de empleos, desarrollo de negocios locales, capacitación vocacional y fortalecimiento de habilidades para encontrar empleo.

F. Descripción de las principales actividades

Las principales actividades definidas para la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se listan en la Tabla 10.1.3.2.

Tabla 10.1.3.2 Principales actividades del proyecto

Etapa		Actividad	Definición
Construcción y montaje	Construcción de infraestructura y montaje de equipos	Operación de casinos, oficinas y campamentos	Almacenamiento de insumos peligrosos y no peligrosos, disposición de residuos sólidos y la operación de sistema de tratamiento de agua (abastecimiento y vertimiento)
		Transporte y acarreos	Cargue, transporte y descargue de agregados, material proveniente de la excavación, material proveniente de la remoción de la cobertura vegetal y suelo orgánico, así como también transporte de maquinaria y equipos, insumos, residuos de construcción y productos químicos entre otros. Se incluye además el transporte del personal de la obra
		Desmante	Retiro de la cobertura vegetal para todas las actividades constructivas. Incluye zona de tajo, los depósitos, las vías, etc.
		Descapote	Retiro del suelo orgánico, previo al desarrollo de las actividades de construcción.
		Excavaciones y voladuras	Proceso de remoción de material o roca de un lugar. La excavación incluye operaciones de profundización, ruptura y cargue del material removido. Incluye construcción del tajo.
		Adecuación, operación y mantenimiento de zonas de depósito, plataformas e infraestructura asociada, y áreas de movilidad y multipropósito.	Construcción de obras de arte, sistemas de drenaje y adecuación de sitios para la disposición de material proveniente de las excavaciones, suelo orgánico, desmante, escombros, etc.
		Preparación de concretos y agregados	Incluye suministro de agua para preparación de concretos.
		Construcción, operación y mantenimiento de obras civiles	Construcción de edificaciones e infraestructura, construcción de obra negra y obra blanca, obras de drenaje y señalización, construcción de sistemas de captación, bombeo, potabilización y distribución de agua. Aplica para las instalaciones temporales y definitivas como: almacenes, campamentos, talleres, bodegas, estación de ciclones, planta de beneficio, sistemas de tratamiento de agua potable y aguas residuales, además de las obras civiles para las desviaciones de cauces.

	Etapa	Actividad	Definición
		Construcción, operación y mantenimiento de vías	Instalación de sub-base, base, pavimento asfáltico o concreto, construcción de obras de arte y señalización.
		Construcción de obras hidráulicas	Construcción de obras de drenaje y ocupaciones de cauce.
Operación	Actividades preliminares	Operación de casinos, oficinas y campamentos	Disposición de residuos sólidos y la operación de sistema de tratamiento de agua (abastecimiento y vertimiento)
		Operación y mantenimiento de maquinaria y equipos	Operación y desarrollo de actividades preventivas para el adecuado funcionamiento de la maquinaria y el equipo requeridos en la fase de operación: limpieza, cambio de aceite y lubricación, entre otros. Dentro de esta actividad también se incluye la operación constante de plataformas y áreas de movilidad y multipropósito, donde se llevan a cabo procesos técnicos específicos del proyecto.
		Transporte y acarreo	Transporte del material retirado desde el sitio de extracción o tajo hasta las pilas de almacenamiento o el depósito según sea el caso (depósitos de óxidos, estériles, suelo orgánico). Incluye transporte de los explosivos desde el sitio de almacenamiento hasta el tajo, transporte de personal y transporte de maquinaria e insumos para el proceso minero.
		Operación de estaciones de servicio	Operación de estaciones para el almacenamiento y suministro de combustibles.
		Operación y mantenimiento de obras hidráulicas	Se refiere a la operación y mantenimiento de diques, canales y demás obras hidráulicas
		Generación de energía (gas)	La actividad de generación de energía corresponde a la instalación y operación de una central eléctrica destinada a suministrar electricidad al proyecto a partir del aprovechamiento del gas proveniente de la infraestructura de gas existente. La central contará con cuatro motores a gas, con una capacidad instalada total de 44 MW, suficiente para cubrir las demandas máximas del proyecto, estimadas en 30 MW. Tres motores estarán en operación continua y uno quedará en reserva. Se integrarán

Etapa	Actividad	Definición
		<p>sistemas de desconexión de carga para gestión y seguridad operativa. El propietario de la tubería será el responsable de proporcionar la conexión hasta el sitio y ejecutar la construcción de la central.</p>
Extracción	Operación depósitos de materiales	Descargue, disposición y esparcimiento del material en el depósito de estériles, suelo orgánico y saprolito.
	Desmante	Retiro de la cobertura vegetal en el tajo, área de manejo de colas y zonas de depósito.
	Descapote	Retiro del suelo orgánico en el tajo, área de manejo de colas y zonas de depósito.
	Perforación y voladura	Incluye la ubicación de la maquinaria, ejecución de perforaciones, carga de material explosivo, retiro del área y activación del explosivo de acuerdo con los diseños.
	Arranque mecánico y cargue	Retiro del material fragmentado y carga de camiones.
	Almacenamiento de roca	Almacenamiento temporal del material fragmentado previo al transporte para el beneficio y transformación, realizado en el área del tajo que a éste momento aún está sin explotar, o en la plataforma de facilidades mineras.
	Adecuación y Mantenimiento de Vías Mineras	Adecuación de vías mineras por medio de perfilado y nivelación en aquellos sectores que lo requiera. Inspección de obras de arte, retiro de obstrucciones y rehabilitación de las que se encuentren en mal estado. Mantenimiento de señalización.
Beneficio y transformación	Preparación y distribución de insumos químicos para el proceso	Preparación de los insumos para el proceso de beneficio y transformación, así como su distribución a las distintas áreas.
	Trituración Primaria	Se realiza con el fin de disminuir el tamaño del mineral proveniente de los tajos y de este modo facilitar el manejo del material en la planta. Una vez

Etapa	Actividad	Definición
		finalizado este proceso se apila y se transporta al circuito de molienda.
	Molienda (primaria y Secundaria)	Esta operación se realiza posterior al proceso de trituración, se realiza en húmedo y se busca disminuir aún más el tamaño de la partícula. Se realiza en molino semi-autógenos (SAG) y un molino de bolas. Se incluye un proceso de remolienda.
	Flotación	Acondicionamiento de pulpa, adición de reactivos, flotación Rougher, flotación Scavenger, recirculación del concentrado Scavenger, bombeo del concentrado Rougher, clasificación por tamaño, bombeo del producto de la remolienda, espesamiento de pulpa, recuperación de agua, bombeo de pulpa para la cianuración, alimentación de la remolienda, alimentación del circuito gravimétrico de finos, espesamiento de colas, recuperación de agua, bombeo de colas para la presa de colas.
	Concentración Gravimétrica	Cribado, concentración gravimétrica.
	Lixiviación	Cribado, alimentación de la cianuración, inyección de aire, dosificación de reactivos, cianuración en tanques agitados, bombeo de la pulpa cianurada.
	Adsorción con carbón (CIP)	Recepción de pulpa, admisión de carbón en los tanques, adsorción de metales en carbón, transferencia de pulpa entre tanques, cribado de colas de adsorción, bombeo de la pulpa para el CCD (Decantador en contracorriente), cribado del carbón cargado, transferencia del carbón cargado para la elución.
	Elución	Recepción de carbón en columna de lavado ácido, admisión de solución ácida, recepción de carbón en la columna de elución, elución de metales, bombeo de solución rica para electrodeposición, alimentación del horno de regeneración de carbón, regeneración de carbón, transferencia de carbón regenerado para tanques de adsorción.

Etapa		Actividad	Definición
		Electrodeposición de Oro	Recibimiento de solución rica, bombeo de solución rica para las celdas electrolíticas, recirculación de solución en las celdas electrolíticas, admisión de NaOH, electrodeposición de oro y plata, filtración de precipitado, alimentación del horno de fusión.
		Fundición	Recuperación de los metales de oro y plata desde las soluciones lixiviadas mediante el uso de calor a través de procesos pirometalúrgicos.
		Tratamiento de Colas	Alimentación del espesamiento pos cianuración, bombeo de la pulpa para decantación, bombeo de la pulpa del circuito de decantación, bombeo de la solución del decantador, bombeo de solución cianurada para H ₂ O ₂ destrucción, distribución de cianuro con H ₂ O ₂ , bombeo de solución detoxificada para el circuito CCD, bombeo de la solución del decantador para detoxificación con SO ₂ , adición de reactivos para detoxificación con SO ₂ , bombeo final de colas. Esta actividad contempla además el transporte hacia el sitio de tratamiento y la operación de ciclones.
		Regeneración de carbón	Paso siguiente a la elución que consiste en la remoción de la mayor cantidad de materia orgánica e inorgánica que se adhiere al carbón durante la adsorción y que no es removida durante la elución; a través del calentamiento en hornos que alcanzan hasta los 650 grados de temperatura.
Abandono y cierre	Abandono y cierre	Desmantelamiento / Demoliciones	Demolición de la infraestructura asociada al proceso minero, tal como planta de beneficio, talleres de mantenimiento, estaciones de bombeo, estaciones de ciclones, entre otras. Hace parte de esta actividad el retiro de estaciones de bombeo, retiro de tuberías y ductos de transporte de colas, así como la neutralización de los residuos de combustibles y aceites y colas de lixiviación presentes en estas redes.

Etapa		Actividad	Definición
		Adecuaciones a las lagunas de sedimentación	Remoción de sedimentos, demolición de las presas y desagüe de hacia las fuentes originales.
		Transporte y acarreo	Transporte de suelo para las actividades de rehabilitación y de escombros del proceso de desmantelamiento, así como también el acarreo de insumos y materiales asociados a la etapa de cierre.

Fuente: Integral S.A., 2025

G. Sustancias Requeridas en las Actividades Presentadas en la Modificación

En el apartado de información de contexto, además de las actividades orientadas a la identificación y análisis de posibles amenazas de origen operacional o tecnológico, resulta fundamental la identificación de las sustancias químicas empleadas en el proyecto. Esta información permite fortalecer el análisis de dichas amenazas y contribuye a la definición de los posibles escenarios de riesgo tecnológico que podrían presentarse.

Los reactivos utilizados en la planta de procesamiento son básicamente los mismos que se empleaban en el proceso descrito en el Programa de Trabajos y Obras aprobado, aunque su consumo será diferente:

- Amil Xantato de Potasio, PAX (Colector)
- Metil Isobutil Carbinol, MIBC (Espumante)
- Cal (Modificador de pH)
- Cianuro de Sodio (Agente lixivante)
- Metabisulfito de sodio, SMBS (Agente detox)
- Ácido Clorhídrico, HCl (Lavado ácido de carbón)
- Bórax (fundición de doré)
- Sílice (fundición de doré)
- Carbonato de sodio (fundición de doré)
- Nitrato de plomo (fundición de doré)
- Soda Caustica, NaOH (Proceso de elución)
- SNF- 913 SH (floculante)
- Sulfato de cobre pentahidratado (Catalizador para proceso detox)
- Tierra diatomácea (filtración)
- Polvo de Zinc (Precipitación Au, Ag y Cu)
- Nitrato de plomo (Precipitación Merrill Crowe)

La planta de preparación de reactivos y el patio de almacenamiento se ubicarán en un área común. Todas las construcciones contarán con ducha de emergencia, ducha para lavado de ojos y sistema de extinción de incendios. El patio de almacenamiento será un área pavimentada con cierre perimetral y se ubicará al lado de la planta de preparación de reactivos. La disposición de los reactivos químicos en el patio de almacenamiento será acorde con la normativa y protocolos establecidos por el área Seguridad Industrial y Salud Ocupacional.

Todas las áreas de almacenamiento, preparación y distribución de reactivos constarán de un sistema de contención de derrames, uno para cada tipo de reactivo, con canal central y bomba de sumidero. Los derrames o fugas serán dirigidos a sumideros y enviados a tanques adecuados para ser reutilizados en la planta de proceso.

A continuación, se detallan las características básicas para el manejo de cada uno de los productos químicos usados en el proceso de beneficio y su relación respecto a las cantidades de mineral procesado.

- Lechada de cal apagada para el control del pH en la lixiviación de concentrados y la destrucción de cianuro;
- Colector de xantato de amilo de potasio (PAX) para flotación de espuma;
- Vaporizador para proporcionar una espuma estable para la flotación de espuma;
- Cianuro de sodio (NaCN) para la disolución de oro en lixiviación concentrada y reactor de cianuración intensiva y desorción de carbono;
- Nitrato de plomo ($Pb(NO_3)_2$) para mejorar la disolución del oro;
- Sosa cáustica o hidróxido de sodio (NaOH) para el control del pH en un reactor de cianuración intensiva, neutralización del lavado ácido de carbono, desorción de carbono y electroobtención;
- Ácido clorhídrico (HCl) para el lavado con ácido carbónico;
- Metabisulfito de sodio (SMBS) para la destrucción del cianuro;
- Sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) para la destrucción del cianuro;
- Floculante para espesar;
- Fundentes para fundición;
- Antiincrustante para minimizar la incrustación en la distribución de agua de proceso, distribución de agua de lixiviación, distribución de agua de recuperación, distribución de agua dulce, distribución de agua de glándula y circuito de elución.

Adicionalmente se utilizará en los procesos las siguientes sustancias:

Aire comprimido: El aire comprimido será utilizado como aire para instrumentación (Válvulas y demás instrumentos neumáticos), para el funcionamiento de las herramientas neumáticas y para el accionamiento de algunos equipos.

El sistema de aire de baja presión para flotación consistirá en 2 redes de distribución diferentes, ya que las celdas de flotación Rougher requieren mayor presión de aire que las celdas Cleaner. Por tanto, se tendrán 2 tipos de compresores diferentes para este suministro.

El aire requerido en la flotación flash será suministrado por sopladores destinados solamente para cada una de las celdas que estarán ubicados cerca de ellas en el área de los circuitos de molienda, en tanto que el aire requerido por el tanque de pre-oxigenación será suministrado por un soplador de uso exclusivo para el tanque.

Oxígeno: El oxígeno requerido para el proceso de cianuración y para el método Inco de destrucción de cianuro se proveerá a través de una planta de oxígeno que suministrará el gas con una pureza del 93 % y que tendrá una capacidad de producir 60 t/d.

Se estima que el consumo en el proceso de lixiviación será de 48.6 t/d y para el proceso Inco será de 9.1 t/d.

Gas natural: El gas requerido para el horno de regeneración de carbón y el intercambiador de calor empleado en el proceso de elución se proveerá directamente a la planta de procesamiento mediante una conexión a la red nacional de gas natural.

El consumo anual estimado de gas para el intercambiador de calor será de 1,769 gJ y para el horno de regeneración de carbón será 1,966 gJ.

10.1.3.1.2 Contexto externo

Se refiere al entorno externo en el que la organización busca lograr sus objetivos organizacionales, estableciendo un compromiso, credibilidad y confianza con su entorno y la comunidad en el área de influencia potencialmente afectada, todo en concordancia con la gestión de riesgos (Decreto 2157, 2017).

A. Medio Abiótico

a. Hidrología

El área de influencia del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Nus, la principal corriente hídrica de la zona. En la Figura 10.1.3.2 se presenta la red hidrográfica generalizada correspondiente a las cuencas susceptibles de intervención, todas ubicadas en la margen derecha del río Nus y limitada aguas abajo hasta una longitud de mezcla muy conservadora, que es suficiente para que se den los procesos de mezcla de los nuevos vertimientos. Estas cuencas incluyen las quebradas El Topacio, El Banco, San Antonio, Guacas, La Colorada, La María, El Torito y La Palestina.

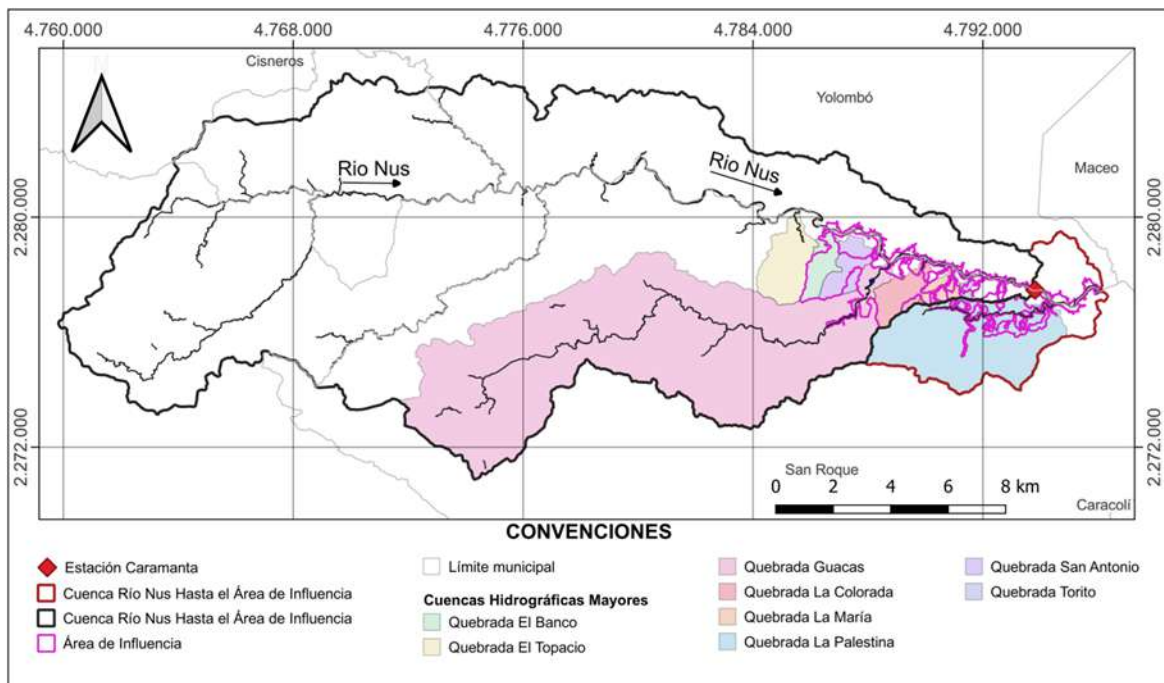


Figura 10.1.3.2 Localización de cuencas dentro del área de Influencia.

Fuente: Integral S.A., 2025

Río Nus: La cuenca del río Nus se localiza al este del departamento de Antioquia, en la zona central del mismo. El río forma su cuenca sobre la vertiente oriental de la cordillera Central, en los municipios de Santo Domingo, Cisneros, Yolombó, Maceo, Puerto Berrío y Puerto Nare en su vertiente izquierda; y San Roque y Caracolí en su vertiente derecha.

Quebrada el Topacio: La cuenca de la quebrada El Topacio cuenta con un área de 4,06 km², con altitudes que varían entre los 1.255 m.s.n.m. hasta los 820 m.s.n.m.; una longitud de cauce de 5,33 km y un perímetro de 9,82 km.

Quebrada El Banco: La cuenca cuenta con un área de 1,76 km², un perímetro de 7,46 km y una longitud de cauce de 3,79 km, además cuenta con una variación altimétrica que va desde los 1.185 m.s.n.m. a los 820 m.s.n.m.

Quebrada San Antonio: La cuenca de la quebrada San Antonio tiene un área de 2,24 km² aproximadamente, con altitudes que varían entre los 1.090 m.s.n.m. en su nacimiento y los 815 m.s.n.m. en su desembocadura sobre el río Nus; su perímetro es de 8,18 km y cuenta con una longitud de cauce principal de 3,40 km.

Quebrada Guacas: La cuenca de la quebrada Guacas se encuentra localizada en el municipio de San Roque, puntualmente sobre la margen derecha del río Nus. Se caracteriza por tener un área de 64,13 km², con altitudes que varían entre los 1.820 m.s.n.m. aproximadamente en su nacimiento y los 815 m.s.n.m. en su confluencia con el río Nus. Su perímetro es de 54,59 km aproximadamente y el cauce tiene una longitud de 28,22 km.

Quebrada La Colorada: La cuenca de la quebrada La Colorada tiene un área de 2,33 km² con altitudes que varían entre los 1.160 m.s.n.m. en su nacimiento y los 815 m.s.n.m. en su desembocadura en el río Nus, su perímetro es de 7,80 km y su longitud de cauce de 3,34 km.

Quebrada La María: La cuenca de la quebrada La María tiene un área de 1,13 km², la cual cuenta con altitudes que varían entre los 980 m.s.n.m. en su nacimiento y los 810 m.s.n.m. en su desembocadura en el río Nus, su perímetro es de 4,93 km y su longitud de cauce es de 1,96 km.

Quebrada El Torito: La hoya hidrográfica de la quebrada El Torito cuenta con un área de 0,27 km², una longitud de cauce principal de 1,04 km, un perímetro de 2,50 km y con altitudes que varían entre los 995 m.s.n.m. y los 810 m.s.n.m.

Quebrada La Palestina: La cuenca de La Palestina hasta su confluencia con el río Nus presenta altitudes que varían entre los 1.305 m.s.n.m. aproximadamente en su nacimiento y los 805 m.s.n.m. en su punto más bajo; presenta un perímetro de 20,42 km, un área de 15,78 km² y una longitud de cauce de 10,40 km.

Con relación a los sistemas lénticos y lóticos identificados, el río Nus, constituye el principal sistema lótico identificado en la zona, debido a su relevancia en términos de longitud y área de drenaje aferente. Adicionalmente, se identificó un cuerpo léntico antrópico (ver Figura 10.1.3.3) que se encuentra dentro del área de influencia sobre las coordenadas E: 4.787.998,62 y N: 2.278.158,79 (sistema de origen único nacional). Según lo observado en campo, este reservorio es destinado para desarrollar actividades ganaderas.

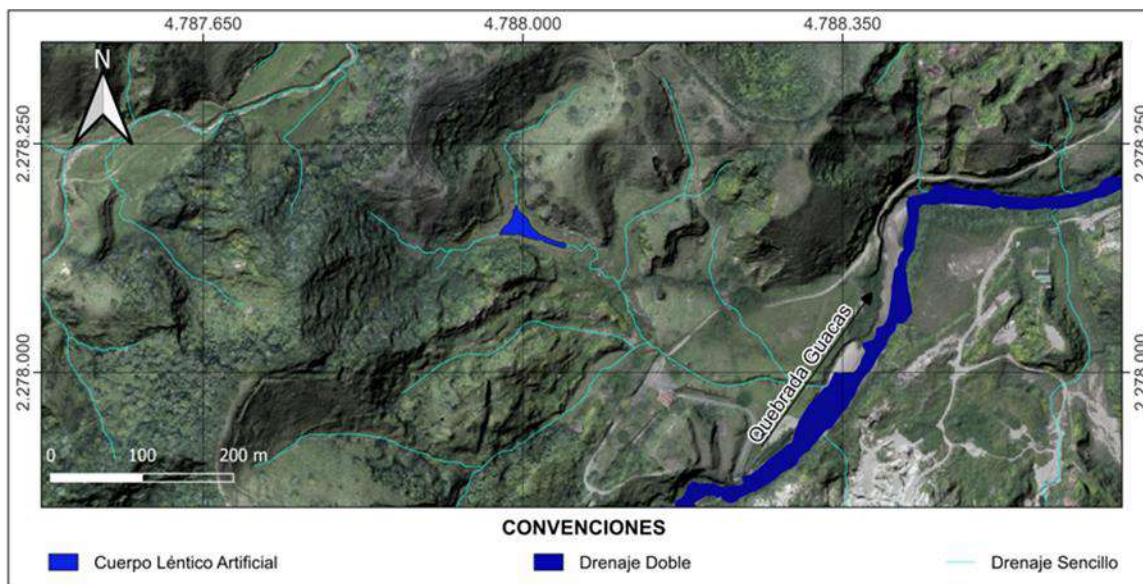


Figura 10.1.3.3 Cuerpo léntico en el área de influencia

Fuente: Integral S.A., 2025

Por otra parte, en relación con el régimen de precipitaciones presente en la zona donde se localiza el proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se evidencia que todas las estaciones de precipitación presentan un régimen bimodal, identificando que los periodos de lluvias más intensas se ubican entre los meses de marzo-mayo y septiembre-noviembre, mientras que las épocas secas se presentan entre diciembre-febrero y junio-agosto. (ver Tabla 10.1.3.3 y Figura 10.1.3.4).

Tabla 10.1.3.3 Valores medios mensuales de precipitación para cada estación

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
San Roque	124	162	297	420	498	361	294	345	423	450	363	189
Gja Exp El Nus	56	85	162	238	288	218	224	232	281	278	191	84
Alejandría	181	193	348	458	600	458	407	466	540	543	366	225
El Morro	89	147	226	421	503	305	321	350	416	418	300	161
Guayabito	122	147	248	399	509	365	353	393	428	441	328	175
Las Violetas	119	142	264	390	456	350	325	369	448	532	382	216
San Antonio	55	67	175	264	292	201	153	232	231	268	188	86
Sto. Domingo	108	131	237	347	438	346	301	366	382	386	293	140
Yolombo	88	95	273	346	429	296	228	322	320	381	307	103

Fuente: Integral S.A., 2025

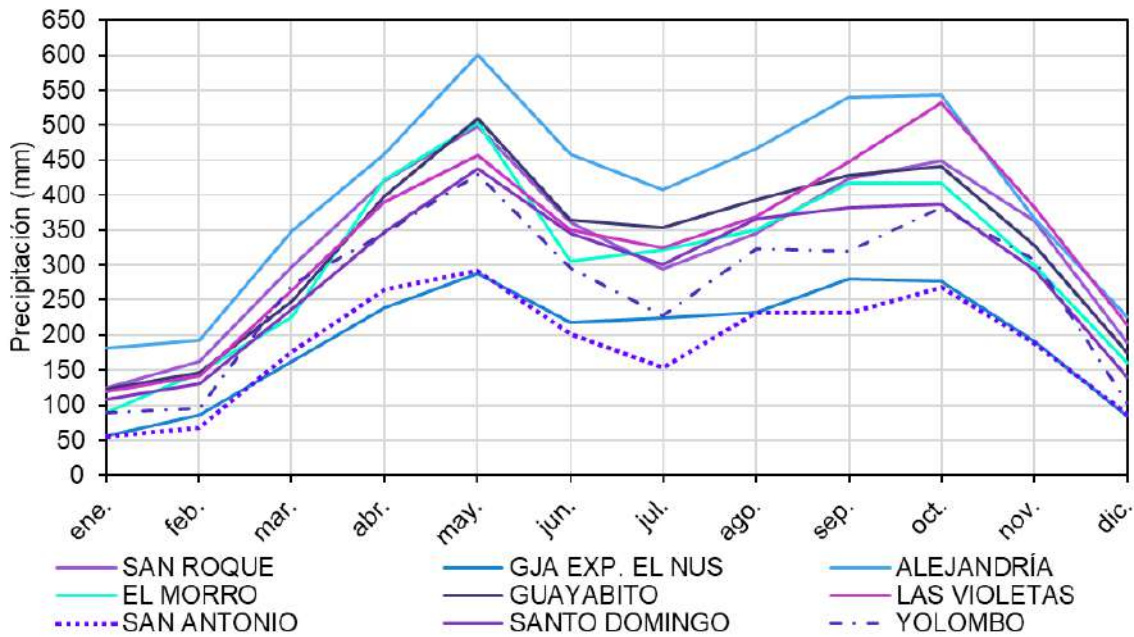


Figura 10.1.3.4 Ciclos característicos de la precipitación para cada estación

Fuente: Integral S.A., 2025

b. Geología

A continuación, se describe de manera general las unidades geológicas que se encuentran dentro del área de influencia abiótica, sobre la cual se realiza el análisis del riesgo. Es importante señalar que la información a detalle de la geología del proyecto se encuentra en el capítulo 5.1.1 Geología de la presente modificación de licencia.

En la Figura 10.1.3.5 se presenta el mapa geológico local para área de influencia del medio abiótico para la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote y en la en la Tabla 10.1.3.4 se presentan las áreas y los porcentajes de ocupación de las unidades geológicas locales con respecto al área de influencia abiótica.

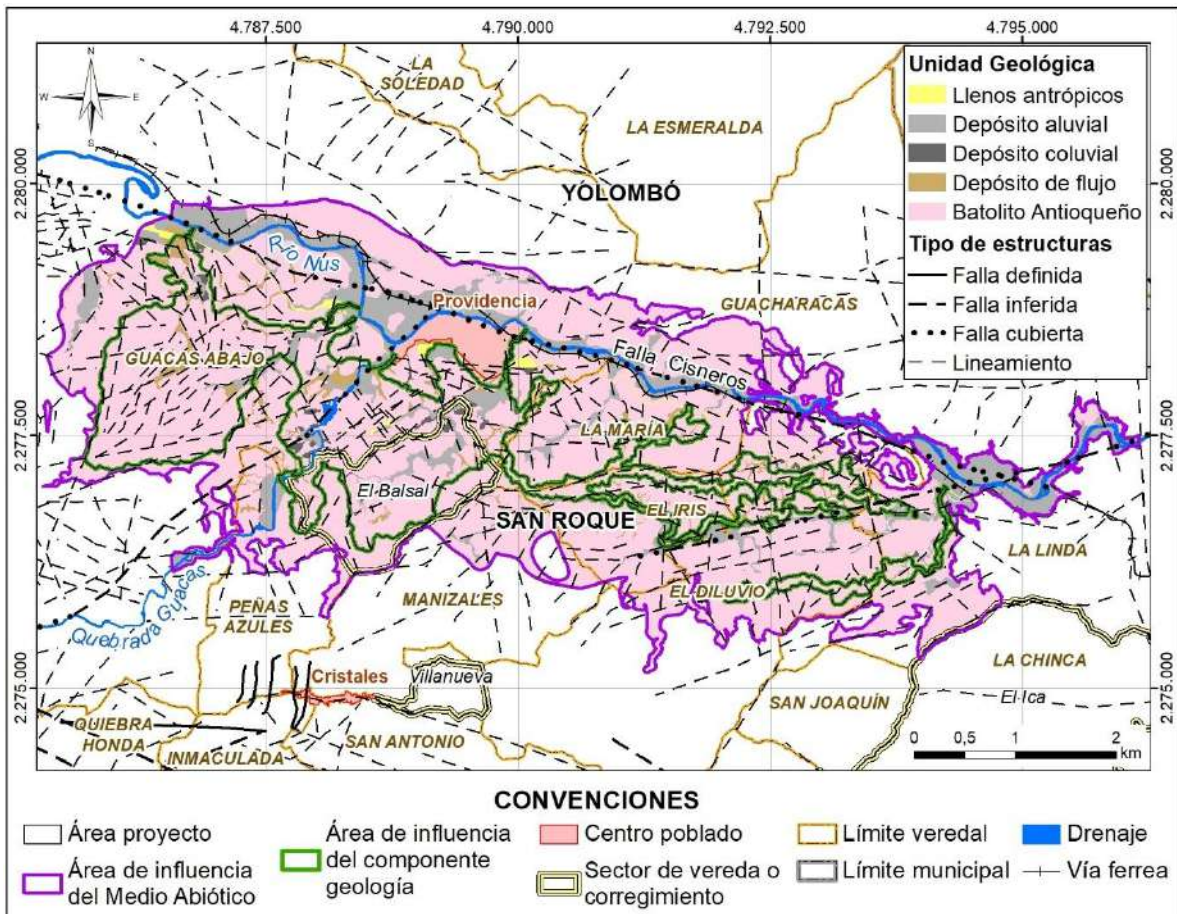


Figura 10.1.3.5 Geología local de la zona del Proyecto Gramalote

Fuente: Integral S.A., 2025

Tabla 10.1.3.4 Porcentajes de las unidades litoestratigráficas

Unidad Geológica o Formación superficial	Área de influencia abiótica		Área de influencia componente geología	
	ha	%	ha	%
Batolito Antioqueño	1968,09	78,87	588,12	83,64
Depósitos aluviales	387,70	15,54	58,52	8,32
Depósitos coluviales	17,09	0,68	10,87	1,55
Depósitos de flujo	66,56	2,67	38,86	5,53
Llenos antrópicos	17,94	0,72	2,43	0,35
Río	37,91	1,52	4,38	0,62
Total	2495,27	100,00	703,18	100,00

Fuente: Integral S.A., 2025

I. Batolito Antioqueño

MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL
PROYECTO DE MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO
GRAMALOTE

01/2026

I-I-10719-PLANGESRIESGO-00-V

26

Es una roca de tipo ígneo, masiva, de textura fanerítica, equigranular con variaciones locales en el tamaño de grano. Su composición es principalmente tonalítica con variaciones a granodiorita y cuarzodiorita. Los minerales constituyentes incluyen plagioclasa, anfíbol, biotita y cuarzo. En algunos sectores se observa orientación de minerales y presencia de autolitos o enclaves de la roca encajante.

II. Depósitos aluviales (Qal)

Esta unidad agrupa depósitos generados a partir de los drenajes que surcan la zona. La dinámica fluvial del sector incluye corrientes permanentes, con cauces definidos y diversos grados de incisión que favorecen la acumulación del material aluvial hacia los cauces activos y llanuras de inundación cercanos al río Nus y quebradas afluentes de éste. Los principales depósitos aluviales se asocian a los drenajes que incisan en sentido NE (agrupadas de Oeste a Este están representados por las quebradas El Topacio, El Banco, San Antonio, Guacas, La Colorada, El Balsal y La Palestina) y desembocan posteriormente al río Nus. La mayoría están constituidos por suelos arenosos finos a limosos, de compacidad baja, derivados del arrastre de los suelos del Batolito Antioqueño.

III. Depósitos coluviales (Qc)

La dinámica de ladera asociada a los espesos suelos presentes y las zonas de pendientes altas a moderadas favorece la generación de deslizamientos. Por lo anterior, es común la ocurrencia de depósitos coluviales (Qc) constituidos en su mayoría por suelo y menor porcentaje de bloques de roca que han sido removidos de los horizontes de meteorización más superficiales. Son generalmente matriz soportados con fragmentos meteorizados de tamaños generalmente centimétrico, de formas angulosas a subangulosas; la textura de la matriz varía de limo arcillosa a limo arenosa y es de consistencia principalmente blanda.

IV. Depósitos de flujo (Qfl)

Son depósitos generados por movimientos en masa, muchas veces canalizados por cañadas o valles estrechos, que involucran gran cantidad de agua y por lo tanto un transporte relativamente fluido, para finalmente depositarse con una forma alargada con mayor amplitud en una parte baja.

Son generalmente matriz soportados con fragmentos meteorizados de tamaños centimétrico, de formas angulosas a subangulosas; la textura de la matriz varía de limo arcillosa a limo arenosa y es de consistencia principalmente blanda. Se presentan en algunas vaguadas y caños menores.

V. Llenos antrópicos (Qll)

Corresponden a depósitos artificiales no consolidados que son generados por el hombre con diferentes finalidades como excavaciones, reconfiguración de terraplenes para vías o caminos, depósitos de escombros, entre otros. El material se caracteriza por presentar diferentes granulometrías, desde material fino a grueso granular suelto, de color gris a amarillo claro, consistencia blanda a media, mal seleccionado y de espesor variable; comúnmente se encuentran fragmentos de madera, ladrillo, cerámica, concreto, etc., con clastos de roca angulosa.

c. Geomorfología

Las geofomas son la expresión superficial del terreno, resultado de la interacción de los materiales que las constituyen, disposición estructural, los procesos morfológicos que interactúan según el ambiente morfogenético donde se desarrollan y el tiempo de duración de la acción que los moldea.

La unidad geomorfológica, geofoma individual genéticamente homogénea, se genera por procesos constructivos o destructivos de un ambiente particular. Son los elementos básicos que componen el paisaje y los modelos geomorfológicos soportados por diferentes criterios en función de la génesis, forma y geometría con relación a la escala del proceso natural formador (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Para la caracterización de la subunidad geomorfológica, en una escala comprendida entre 1:10.000 y 1:25.000, se consideran la fotointerpretación de imágenes satelitales, el Modelo de Elevación Digital (DEM) con resolución de 1 m y los recorridos de campo realizados. Igualmente, a partir de análisis espaciales realizados en la plataforma ArcGIS, se derivan el mapa de pendientes (véase mapa I-M-10719-GCLMEIA2-V1-CAI-05-PEND) y el modelo de sombras, los cuales aportan información relevante para esta categoría. La caracterización está fundamentada en los contrastes morfológicos y morfométricos, donde el tipo de material o la disposición estructural están relacionados. Además, se asocia con procesos superficiales actuales, tales como meteorización, erosión, transporte y acumulación.

En la Tabla 10.1.3.5 se muestran las áreas en hectáreas y en porcentajes de las unidades geomorfológicas que se encuentran en el área de influencia abiótica del proyecto, así mismo en la Figura 10.1.3.6 se presenta la cartografía geomorfológica local (unidades geomorfológicas), esto según el Servicio Geológico Colombiano, (2015).

Tabla 10.1.3.5 Unidades geomorfológicas para el área de influencia abiótica del proyecto de minería de oro a cielo abierto Gramalote

Subunidades geomorfológicas	Nomenclatura	Área de influencia abiótica	
		ha	%
<i>Ambiente denudacional</i>			
Colina residual	Dcr	219,91	8,81
Colina residual muy disectada	Dcrmd	122,64	4,91
Cono o lóbulo coluvial y de soliflucción	Dco	16,55	0,66
Cono o lóbulo de flujo de lodo y tierra	Dfl	66,25	2,43
Lomos denudados	Dlde	128,11	5,13
Montículos y ondulaciones denudacionales	Dmo	626,21	25,10
Escarpe de erosión mayor	Deem	8,34	0,33
Ladera erosiva	Del	126,46	0,70
Lomeríos muy disectados	Dlmd	95,95	3,85
Lomeríos poco disectados	Dlpd	64,89	2,60
Lomo denudado moderado de longitud media	Dldmm	134,70	5,40

Subunidades geomorfológicas	Nomenclatura	Área de influencia abiótica	
		ha	%
Ambiente estructural			
Lomo de falla	Slf	426,24	17,08
Ambiente Fluvial			
Cauce aluvial	Fca	37,91	1,52
Planicie aluvial confinada	Fpac	17,01	0,68
Plano o Llanura de inundación	Fpi	364,22	14,60
Cono de deyección	Fcdy	5,13	0,21
Ambiente antropogénico			
Explotación minera	Aemc	17,46	0,70
Planos y campos de llenos antrópicos	Ar	6,36	0,26
Superficies de explanación	Asp	10,47	0,42
Total		2.495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2025 a partir de Servicio Geológico Colombiano, (2015)

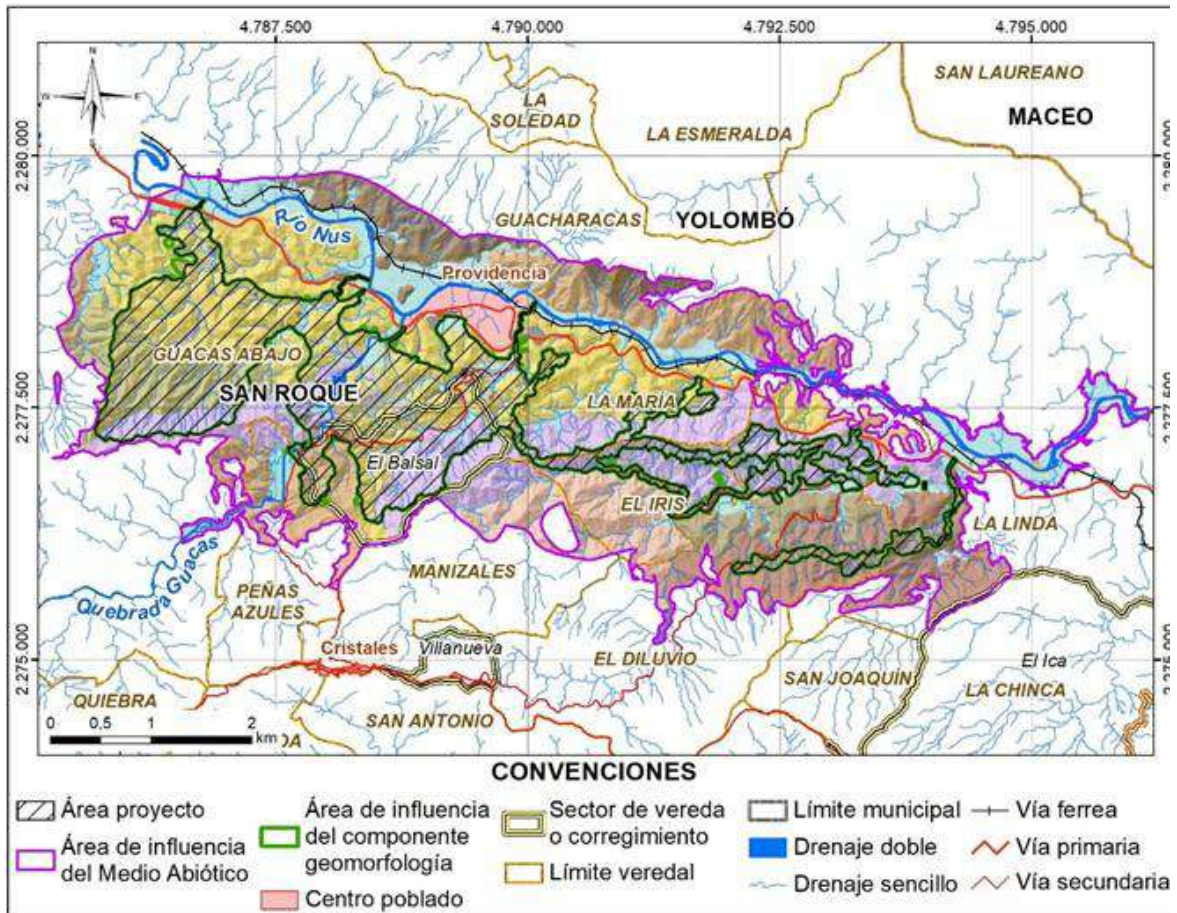




Figura 10.1.3.6 Unidades geomorfológicas en el área de influencia de la modificación de la licencia ambiental del Gramalote

Fuente: Integral S.A., 2025 a partir de Servicio Geológico Colombiano, (2015)

d. Coberturas de la tierra

Para el área de influencia abiótica, área sobre la cual se realiza el análisis del riesgo en el presente documento, las coberturas de la tierra abarcan una extensión total de 2.495,27 ha, distribuidas en 21 coberturas. La cobertura de mayor extensión corresponde a pastos limpios con 632,31 ha, lo que representa el 25,34% del área total del área de influencia abiótica, seguido por la cobertura de vegetación secundaria baja con 363,67 ha, representando un 14,57% del área total de influencia abiótica. En la Tabla 10.1.3.6 se listan las coberturas de la tierra presentes en el área de influencia abiótica y en la Figura 10.1.3.7 se ilustra la espacialización de estas.

Tabla 10.1.3.6 Coberturas de la tierra en el área de influencia abiótica

Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Aeropuerto	0,29	0,01%
Bosque de galería y/o ripario	247,24	9,91%
Bosque denso alto	19,39	0,78%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	180,54	7,24%
Cultivos permanentes herbáceos - Caña	284,71	11,41%
Instalaciones recreativas	0,71	0,03%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,71	0,03%
Mosaico de cultivos	10,88	0,44%
Pastos arbolados	234,91	9,41%
Pastos enmalezados	196,10	7,86%
Pastos limpios	632,31	25,34%
Red vial y territorios asociados	19,98	0,80%
Ríos	37,88	1,52%
Tejido urbano continuo	17,88	0,72%
Tejido urbano discontinuo	12,59	0,50%
Tierras desnudas y degradadas	6,63	0,27%

Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Vegetación secundaria alta	200,95	8,05%
Vegetación secundaria baja	363,67	14,57%
Zonas arenosas naturales	2,69	0,11%
Zonas de extracción minera	17,46	0,70%
Zonas industriales o comerciales	7,76	0,31%
Total	2.495,27	100,00%

Fuente: Integral S.A., 2025

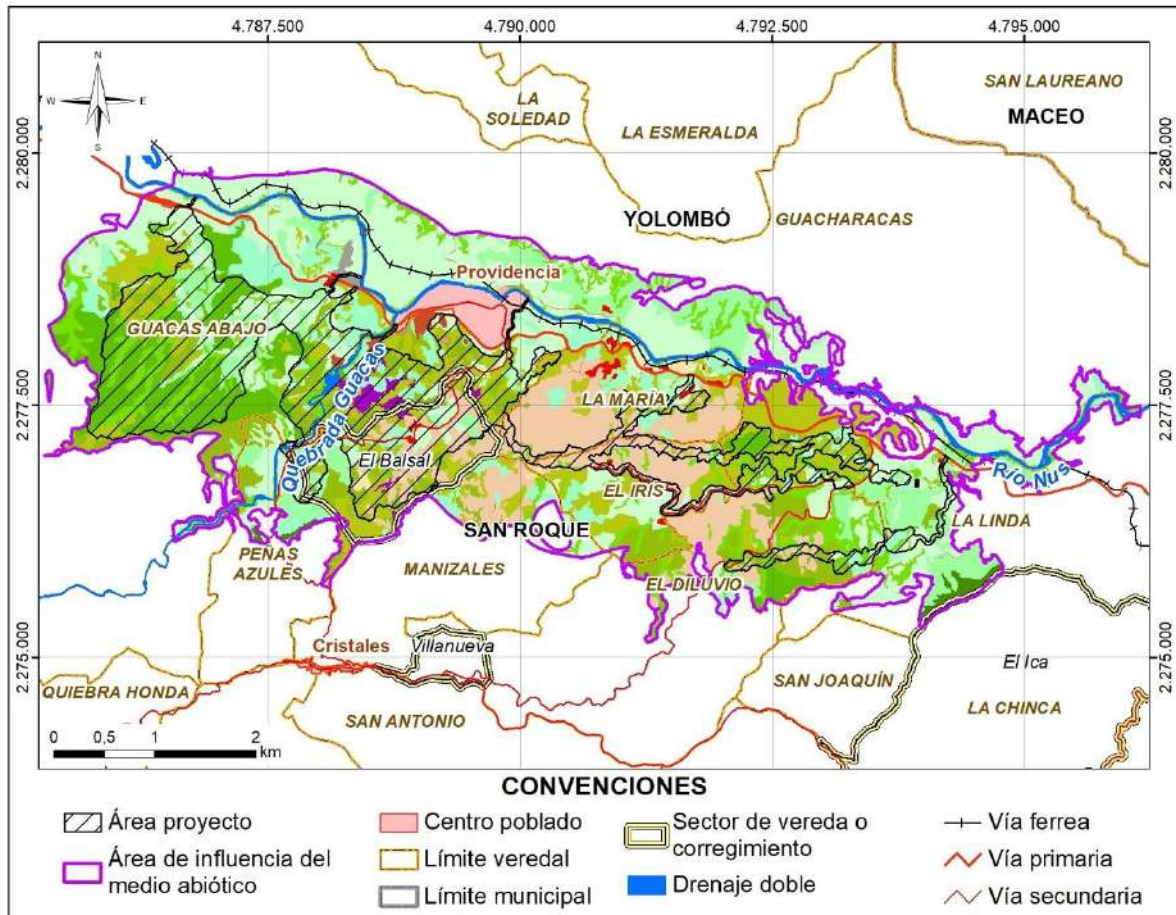


Figura 10.1.3.7 Coberturas de la tierra en el área de influencia abiótica

Fuente: Integral S.A., 2025

B. Medio Biótico

a. Flora

Para el presente MEAI, la caracterización y estadística de la flora del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se desarrolló en el marco del Área de Influencia (AI)

Biótica. En este sentido, el presente apartado del Plan de Gestión del Riesgo corresponde a una síntesis de la información procesada para dicha área, presentada de manera contextual e incorporando el área de análisis de la gestión del riesgo.

La caracterización florística del área de influencia del proyecto Gramalote reveló una alta diversidad vegetal, con 1.923 especies potenciales distribuidas en 166 familias y 761 géneros. Las familias más representativas fueron Rubiaceae, Fabaceae, Melastomataceae y Orchidaceae, que en conjunto aportan cerca del 25% de la riqueza total. Predominan los árboles (637 especies), seguidos por hierbas, arbustos y epífitas, estas últimas con 254 especies, principalmente de Orchidaceae y Bromeliaceae, muchas bajo regulación CITES y vedas nacionales. Se identificaron 68 especies endémicas y 62 con categorías de amenaza (VU, EN, CR) según UICN y normativa nacional, lo que resalta la importancia ecológica del área y la necesidad de medidas de conservación.

En los muestreos de campo se registraron dos biomas: Orobioma Subandino Nechí–San Lucas y Helobioma Nechí–San Lucas. El primero concentró la mayor riqueza y abundancia, con 75.908 individuos en 13 coberturas, destacando la familia Cyatheaaceae con 32.515 individuos, principalmente helechos arborescentes como *Cyathea paisa* y *Cyathea poeppigii*, que evidencian alta capacidad de regeneración (21.154 individuos juveniles). También se censaron especies vedadas regionalmente como *Calophyllum brasiliense*, *Cariniana pyriformis* y *Magnolia silvioi*, sumando 450 individuos, con preferencia por coberturas boscosas fragmentadas y de galería. Estas especies son claves por su valor ecológico y su vulnerabilidad frente a la intervención antrópica.

La flora epífita mostró una notable diversidad: se registraron 9.804 individuos de epífitas vasculares en el Orobioma Subandino, pertenecientes a 112 especies y 26 familias, con dominancia de Araceae y Orchidaceae. Las especies más abundantes fueron *Tillandsia sp.1*, *Didymoglossum sp.1* y *Pleopeltis bombycina*, asociadas principalmente a bosques de galería y vegetación secundaria. En cuanto a epífitas no vasculares, se identificaron 189 especies (líquenes, hepáticas, musgos y antoceros) que cubren 1.804.906 cm², con predominio de líquenes (66,18% de la cobertura) y hepáticas (28,44%), indicadores de microclimas húmedos y calidad ambiental. Esta riqueza confirma la relevancia de los ecosistemas conservados para mantener la funcionalidad ecológica y la biodiversidad.

Finalmente, las coberturas naturales y seminaturales, como bosques de galería y fragmentados, concentran la mayor diversidad y abundancia, mientras que las áreas antropizadas presentan menor riqueza y ausencia de grupos sensibles como epífitas vasculares. La presencia de especies vedadas, endémicas y amenazadas, junto con la alta diversidad de epífitas, subraya la necesidad de estrategias de manejo que incluyan protección de hábitats críticos, control de actividades extractivas y programas de restauración ecológica. Estos resultados constituyen insumos esenciales para el Plan de Manejo Ambiental y la gestión de riesgos asociados a la pérdida de biodiversidad en el marco del proyecto.

b. Fauna

Para el presente MEAI, la caracterización y análisis de la fauna del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se desarrollaron en el marco del Área de Influencia (AI) Biótica. En consecuencia, este apartado del Plan de Gestión del Riesgo presenta una

síntesis de la información procesada para dicha área, expuesta de manera contextual e incorporando el área de análisis de la gestión del riesgo.

De acuerdo con el informe de caracterización de los ecosistemas terrestres centrada en la fauna para el proyecto de Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, con fecha de enero de 2026 descrito en el capítulo 5.2.1.2 Fauna de la presente modificación de licencia se describe la composición y diversidad general de la fauna, en especial la caracterización de los ecosistemas terrestres y el medio biótico, específicamente la fauna, incluyendo avifauna, mamíferos, anfibios y reptiles.

Los principales resultados del muestreo arrojaron:

I. Aves

- Composición Registrada: Se registraron 1599 individuos y 176 especies. El orden Passeriformes fue el más abundante (915 individuos) y rico (112 especies).
- Especies Dominantes: Las especies más abundantes fueron *Leptotila verreauxi* (5,13%), *Ortalis columbiana* (4,69%), *Amazona amazónica* (4,09%) y *Psarocolius decumanus* (3,69%).
- Diversidad por Hábitat: Todas las coberturas evaluadas mostraron una diversidad de aves de moderada a alta (índice de Shannon H' superior a 3). Los pastos arbolados (Pa) destacaron con el valor de diversidad más elevado (H'= 4,226), mientras que los cultivos permanentes herbáceos de caña (Cañ) mostraron la mayor riqueza (83 especies) y abundancia (365 individuos). La presencia dominante de la familia Tyrannidae en la mayoría de las coberturas sugiere un grado de intervención en estos hábitats.
- Gremios Tróficos: El gremio insectívoro presentó la mayor riqueza (80 especies), con *Elaenia flavogaster* y *Pitangus sulphuratus* como las más abundantes dentro de este grupo. Las aves frugívoras son el segundo gremio más rico (59 especies).
- Conservación y Endemismo (Registrado): Ninguna especie registrada se encuentra en alguna categoría de amenaza (IUCN, MADS). Sin embargo, se registró una especie endémica, la Guacharaca colombiana (*Ortalis columbiana*), catalogada como Preocupación Menor (LC) por la IUCN. Diecinueve (19) especies migratorias fueron registradas, siendo la mayoría de tipo latitudinal (16 spp.).

II. Mamíferos

- Composición Registrada: Se registraron 576 individuos y 34 especies. Chiroptera (13 especies) fue el orden más diverso, pero Rodentia (268 individuos) fue el más abundante.
- Especies Dominantes: La rata espinosa *Proechimys semispinosus* fue la especie dominante, representando el 36,46% de la abundancia total. La segunda especie más abundante fue el Tití gris (*Oedipomidas leucopus*) (19,44%).
- Diversidad por Hábitat: La mayor riqueza (22 especies) se concentró en el bosque fragmentado con vegetación secundaria (Bfvs), que también presentó la mayor diversidad (H'= 2,355). La mayor abundancia (179 individuos) se registró en el bosque de galería y/o ripario (Bgr).

- Gremios Tróficos: El gremio frugívoro tuvo la mayor riqueza (14 especies), seguido por los omnívoros (9 especies) y los insectívoros (5 especies).
- Conservación y Endemismo (Registrado): El Tití gris (*Oedipomidas leucopus*) es la única especie endémica registrada en el muestreo y se encuentra categorizada como Vulnerable (VU) tanto a nivel global (IUCN) como nacional (MADS). Seis (6) especies registradas están listadas en los apéndices CITES.

III. Anfibios

- Composición Registrada: Se registraron 247 individuos y 18 especies, todas del orden Anura. Hylidae fue la familia más representativa en riqueza (8 especies) y abundancia (85 individuos).
- Especies Dominantes: Las especies más comunes fueron *Rhinella horribilis* (20,65%) y *Engystomops pustulosus* (17,81%).
- Diversidad por Hábitat: El bosque de galería y/o ripario (Bgr) mostró la mayor diversidad ($H' = 2,418$) y riqueza (12 especies), lo que sugiere que los hábitats boscosos son cruciales para la conservación de la herpetofauna local.
- Gremios Tróficos: El ensamblaje de anfibios está dominado por insectívoros, con *Rhinella horribilis* destacada por su dieta generalista y oportunista.
- Conservación y Endemismo (Registrado): Ninguna de las especies registradas está en alguna categoría de amenaza (IUCN, MADS). *Dendrobates truncatus*, una especie endémica, está catalogada en CITES Apéndice II, siendo vulnerable a la sobreexplotación por el tráfico de fauna. No se registraron especies migratorias.

IV. Reptiles

- Composición Registrada: Se registraron 113 individuos y 18 especies. Las familias Anolidae y Teiidae fueron las más ricas (3 especies cada una), siendo Teiidae la más abundante (34 individuos).
- Especies Dominantes: Las especies más comunes son *Anolis auratus* (18,58%), *Gonatodes albogularis* (17,70%) y *Cnemidophorus gaigei* (16,81%), todas ellas tolerantes a la intervención antrópica.
- Diversidad y Esfuerzo de Muestreo: La riqueza observada (18 especies) fue moderada en relación con la potencial (29 especies). El muestreo alcanzó una cobertura moderada, lo cual se atribuye a la baja detectabilidad y al comportamiento críptico de los reptiles.
- Gremios Tróficos: El gremio insectívoro presentó la mayor riqueza (8 especies).
- Conservación y Endemismo (Registrado): *Anolis sulcifrons* se registró y está catalogada por la IUCN como Casi Amenazada (NT), siendo afectada por la fragmentación y pérdida de hábitat. La *Boa constrictor* está en CITES Apéndice II. No se registraron especies migratorias.

En resumen, el área de influencia del proyecto posee una alta diversidad de fauna, especialmente en los grupos de aves y mamíferos, con una notable representatividad de especies especialistas, aunque las especies dominantes suelen ser generalistas y

resilientes a la alteración del paisaje. La conservación se centra en especies endémicas y amenazadas registradas, como el Tití gris (*Oedipomidas leucopus*) (VU) y la guacharaca colombiana (*Ortalis columbiana*), así como en la importancia de los hábitats boscosos (bosque de galería y bosque fragmentado) como refugios clave.

C. Medio Socioeconómico

a. Empresas que manejen sustancias químicas

Para la definición de las empresas que manejen sustancias químicas con las cuales se superpone el proyecto se identificaron los proyectos de redes eléctricas, vías, predios, Central Hidroeléctrica La Cascada y proyectos de formalización minera.

I. Redes de oleoductos, poliductos y gas

En el área de intervención del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote no se identifican redes de oleoductos, poliductos ni gasoductos licenciados o en operación, de carácter nacional, regional o local, que requieran ser trasladados, reubicados o protegidos como resultado del desarrollo de las obras. De acuerdo con la información disponible en el portal en línea Sistema Ágil ANLA y la revisión de información suministrada por Cornare en la respuesta con radicado CS-02552-2025 (ver ANEXOS_CONSULTA_AUTORIDADES_2_CORNARE_CS-02552-2025), en las veredas y sectores intervenidos no existen infraestructuras asociadas al transporte de hidrocarburos o gas que generen condicionantes para el diseño o la ejecución del proyecto.

No obstante, el proyecto contempla la implementación de una planta para autoproducción de energía, destinada a garantizar el abastecimiento eléctrico requerido para las actividades del proyecto, en complemento a la infraestructura eléctrica existente. Esta instalación corresponde a infraestructura energética interna del proyecto, localizada dentro del área licenciada.

La planta de energía corresponde a una central de generación térmica a gas natural, con una capacidad instalada total de 44 MW, diseñada para el abastecimiento eléctrico de las operaciones del proyecto. La central estará conformada por un conjunto de unidades de generación térmica, que operan mediante la combustión controlada de gas natural para la producción de energía eléctrica, lo que permite una operación continua, eficiente y confiable. El sistema incluirá las instalaciones auxiliares necesarias para su funcionamiento, tales como sistemas de recepción y regulación de gas, unidades de control y protección eléctrica, sistemas de enfriamiento, ventilación y control de emisiones, así como infraestructura de seguridad industrial.

El gas natural requerido para la operación de la central de generación térmica será suministrado a través del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural (SNT), infraestructura de alcance nacional encargada del transporte del combustible desde los puntos de producción y procesamiento hasta los centros de consumo (ver Figura 10.1.3.8). El suministro hasta el sitio del proyecto se realizará mediante un ramal de conexión asociado al SNT, el cual garantiza que el gas entregado cumpla con las condiciones de presión, calidad y continuidad necesarias para el adecuado funcionamiento de los motogeneradores que conforman la central.

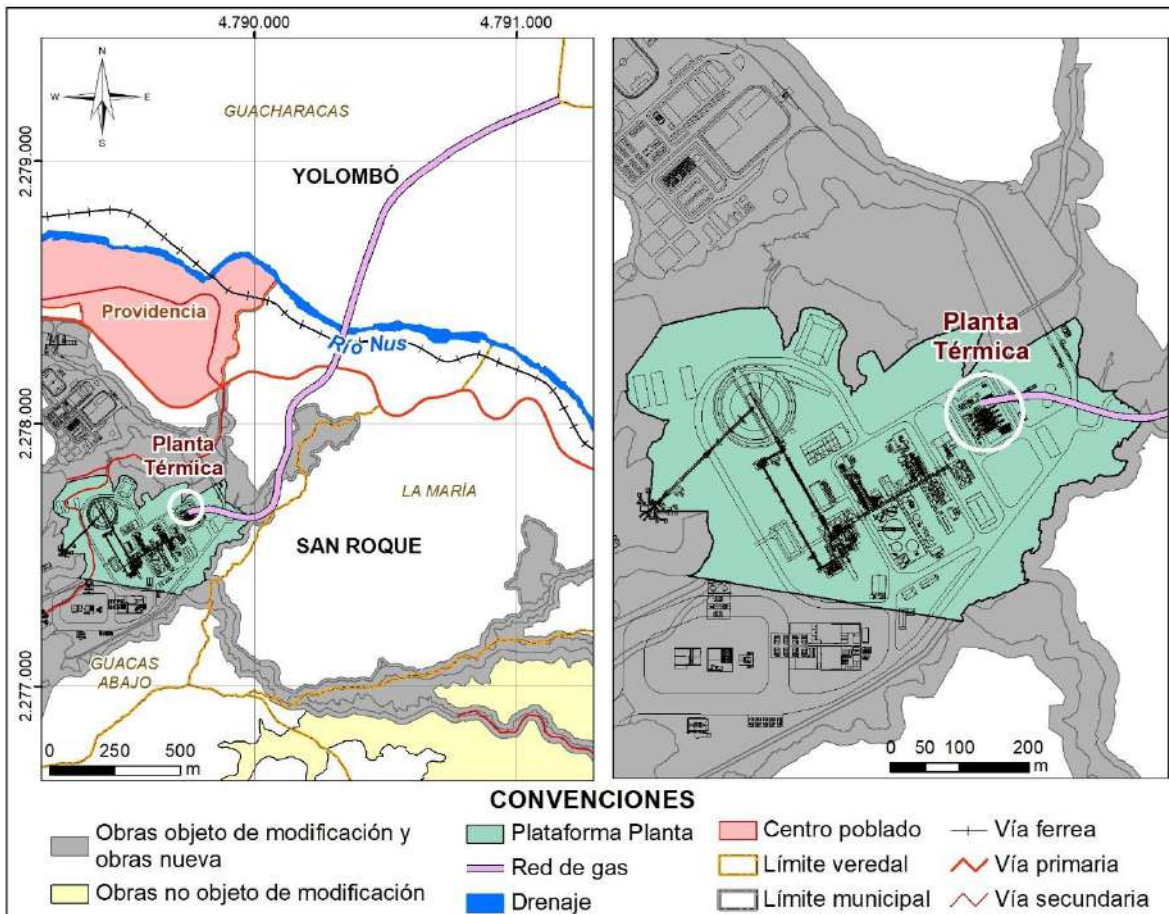


Figura 10.1.3.8 Ramal de conexión de la central de generación térmica desde el Sistema Interconectado Nacional

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2025

En este sentido, aunque el proyecto incorpora infraestructura para generación propia de energía, no se configura la interceptación ni afectación de redes de oleoductos, poliductos o gas existentes.

II. Redes eléctricas

A partir de la información identificada en el Geoportal del Grupo EPM se identificó que el área del proyecto es atravesada por un corredor eléctrico conformado por líneas aéreas de subtransmisión y distribución primaria, todas en estado operativo y clasificadas como red rural.

Las líneas de subtransmisión se asocian al circuito San José de Nus, con tensiones del orden de 44 kV. Estos tramos conforman el corredor principal de subtransmisión que atraviesa el municipio de San Roque y se superpone parcialmente con el área del proyecto.

La red primaria también de carácter rural hace parte de un grupo de redes de 7,62 kV y 13,2 kV. Estos tramos corresponden a alimentadores y ramales de distribución que suministran energía a veredas y asentamientos rurales en áreas aledañas al proyecto.

Todas las líneas son de propiedad u operación de EPM, con mercado de atención regional, y se encuentran en estado de operación, lo que indica que se trata de infraestructura existente y en servicio, ver Figura 10.1.3.9.

III. Central Hidroeléctrica La Cascada

En el área de intervención del proyecto se localiza la Central Hidroeléctrica La Cascada (ver Figura 10.1.3.9), infraestructura destinada a la generación de energía eléctrica, la cual cuenta con título de concesión y con el respectivo instrumento ambiental otorgado por la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare). Este proyecto dispone de licencia ambiental vigente, expedida mediante la Resolución No. 112-3905-2003 del 11 de junio de 2003, acto administrativo que autorizó su construcción y operación bajo las condiciones ambientales establecidas por la autoridad competente.

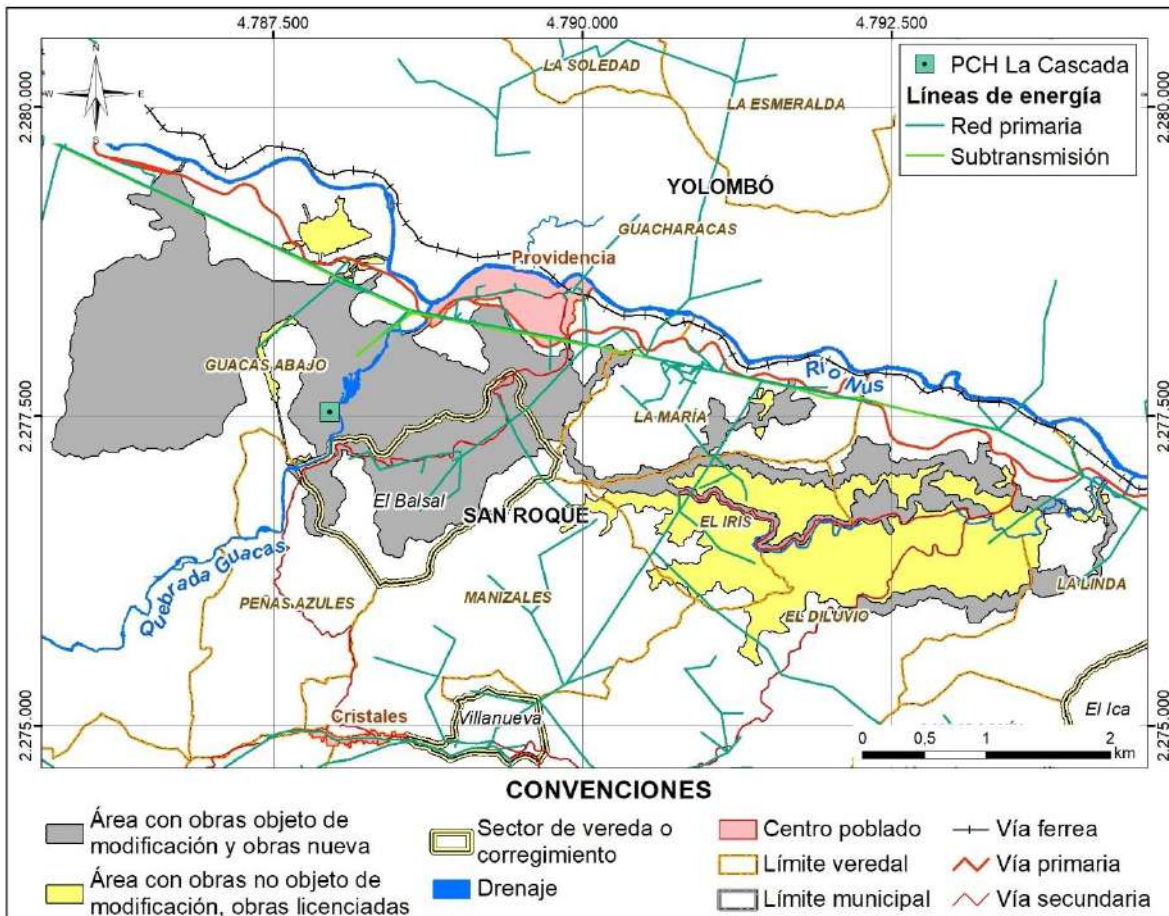


Figura 10.1.3.9 Redes eléctricas y Central Hidroeléctrica La Cascada, interceptadas por el proyecto.

Fuente: Integral S.A., 2025

IV. Polígonos de formalización minera

Al interior del título minero otorgado a Gramalote Colombia Limited mediante el Contrato Único de Concesión T14292011, se han desarrollado históricamente actividades de minería tradicional, principalmente asociadas a explotaciones de pequeña escala realizadas por mineros locales. Estas actividades han hecho parte de la dinámica productiva del territorio y han constituido una fuente relevante de sustento para comunidades asentadas en el área del proyecto.

En este contexto, Gramalote Colombia Limited ha venido adelantando procesos de formalización minera, orientados a integrar a los mineros tradicionales al marco legal vigente, promover prácticas técnicas y ambientales adecuadas, y garantizar condiciones seguras de operación. Dichos procesos se han implementado mediante la suscripción de contratos de operación minera, los cuales permiten regularizar la actividad extractiva, fortalecer las capacidades técnicas de los mineros y asegurar el cumplimiento de los lineamientos establecidos por la autoridad minera y ambiental.

Ver la Tabla 10.1.3.7 y Figura 10.1.3.10 donde se relacionan los proyectos mineros que actualmente se encuentran en proceso de formalización.

Tabla 10.1.3.7 Proyectos de formalización minera que se interceptan con el proyecto

Bloque	Sociedad	Autoridades
Limones 1	Sociedad Mineros Limones Gold S.A.S.	ANM - Cornare
Limones 2	Sociedad Minera Limones 2 S.A.S.	ANM - Cornare
Viboras 1	Sociedad Minera Viboras 1 S.A.S.	ANM - Cornare
Marsella Gold	Marsella Gold S.A.S.	ANM - Cornare

Fuente: Integral S.A., 2025

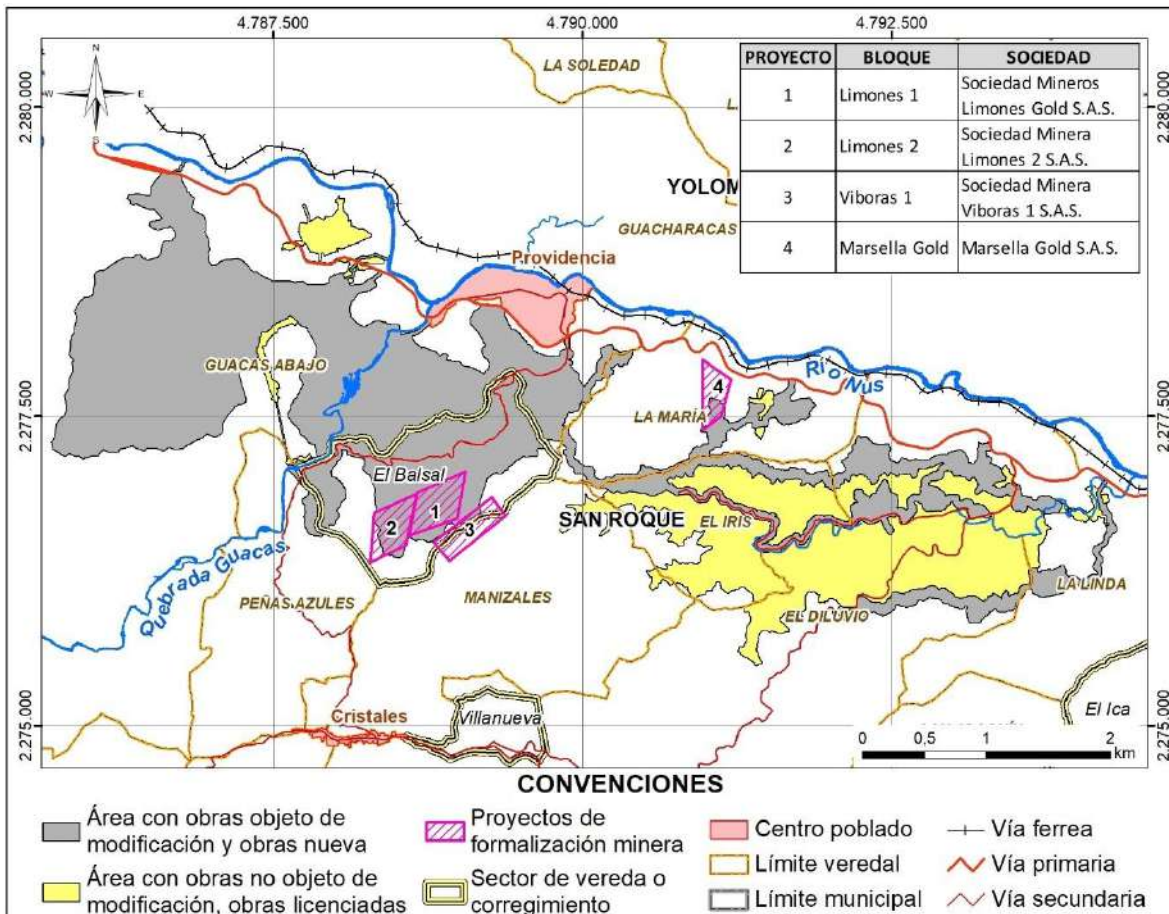


Figura 10.1.3.10 Proyectos de formalización minera que se interceptan con el proyecto

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.3.1.3 Contexto del proceso de Gestión del Riesgo (Criterios del riesgo)

A. Calificación de la amenaza

El nivel de amenaza se determina mediante el resultado de la zonificación de cada una de las amenazas, utilizando métodos de modelos matemáticos y modelos heurísticos que incluyen álgebra de mapas y la información recopilada de fuentes de información primarias y secundarias. En cada descripción de las amenazas se explican los métodos utilizados para determinar el nivel de amenaza. A partir de las amenazas zonificadas, se califican teniendo en cuenta los rangos definidos en la Tabla 10.1.3.8, lo que permite obtener el nivel de amenaza correspondiente.

Tabla 10.1.3.8 Calificación de amenazas

Nivel de la amenaza	Valor de la amenaza
Baja	1

Nivel de la amenaza	Valor de la amenaza
Media	2
Alta	3

Fuente: Integral S.A., 2025

B. Análisis de probabilidad

La probabilidad hace referencia a la posibilidad de que se materialice una amenaza en un periodo de tiempo determinado, en términos prácticos está asociada a la frecuencia con la cual ocurre dicho evento en un periodo fijo de tiempo; esta es determinada a partir de datos históricos, análisis específicos y/o el juicio de expertos.

La probabilidad está expresada en porcentaje de 0% a 100% dividido en 6 categorías, y contempla tanto la probabilidad de que se materialice el evento, como la probabilidad de que se den las consecuencias potenciales descritas previamente; esta evaluación se realiza asignándole a las amenazas un nivel de probabilidad en términos de dos escalas, la primera de ellas es probabilística (porcentaje), y la segunda es lingüística, tal como se muestra en la Tabla 10.1.3.9.

Tabla 10.1.3.9 Categorías de probabilidad para los eventos

Probabilidad	Porcentaje	<1%	1-33%	33-50%	50-60%	66-96%	96-100%
	Lingüístico	Casi Imposible	Muy Improbable	Improbable	Probable	Muy probable	Casi seguro
		L1	L2	L3	L4	L5	L6
Posibilidad durante la vida del proyecto							

Fuente: PGR_01_V1, 2019

Para aquellos escenarios de riesgo, cuya probabilidad está asociada a periodos de retorno de amenazas naturales, se realiza el análisis para los tiempos considerados dentro de la vida útil de las estructuras y su cálculo se lleva a cabo por medio de la Ecuación 10.1.3.1.

$$p = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^t \right) \times 100\%$$

Ecuación 10.1.3.1 Probabilidad de los eventos

Donde:

P = probabilidad

T = período de retorno

t = tiempo considerado

C. Valoración del riesgo

Se entiende como riesgo la magnitud probable o esperada de daños o pérdidas que pueden generarse en un periodo de tiempo específico, producto de la ocurrencia de un evento peligroso; es decir, que el riesgo es en función de las consecuencias en las personas, bienes materiales, recursos económicos y medio ambiente generadas en las áreas de afectación y la probabilidad de que las amenazas y/o las consecuencias potenciales se materialicen. Basado en lo anterior, la evaluación del riesgo se desarrolla mediante la

“Matriz de evaluación y elaboración de informes de riesgo del grupo AGA” (AngloGold Ashanti, 2015), la cual según la calificación a las consecuencias y a la probabilidad establece el índice de riesgo, éste oscila entre 1 y 36 indicando que a mayor índice la “magnitud” del riesgo será exponencialmente mayor.

Para evaluar el riesgo, se establece y califica la probabilidad de ocurrencia de cada evento o materialización de cada escenario de riesgo y se califican las consecuencias para cada uno de los escenarios, inicialmente calificando el impacto o consecuencia individual, ambiental, social y económico mediante un análisis independiente y posteriormente se realiza la calificación del riesgo general para cada escenario tomando el valor mayor de las consecuencias calificadas y la probabilidad determinada. Estas evaluaciones se realizan a cada uno de los escenarios de riesgo identificados a través de la integración de las variables de probabilidad y consecuencias por medio de la matriz; es importante anotar que en el análisis para determinar probabilidad y consecuencia se consideran las medidas preventivas y de control diseñadas e implementadas en el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote; de acuerdo con la calificación de probabilidad y consecuencia se determina un índice de riesgo como se presenta en la Tabla 10.1.3.10.

Tabla 10.1.3.10 Matriz de calificación del Riesgo

		Calificación del Riesgo (índice de Riesgo)					
Consecuencias	C6 - Extremo	(-21)	(-30)	(-32)	(-34)	(-35)	(-36)
	C5 - Mayor	(-17)	(-27)	(-28)	(-29)	(-31)	(-33)
	C4 - Alto	(-14)	(-22)	(-23)	(-24)	(-25)	(-26)
	C3 - Moderado	(-8)	(-15)	(-16)	(-18)	(-19)	(-20)
	C2 - Menor	(-2)	(-9)	(-10)	(-11)	(-12)	(-13)
	C1 - Insignificante	(-1)	(-3)	(-4)	(-5)	(-6)	(-7)
		L1 – Casi Imposible)	L2 – Muy Improbable	L3 - Improbable	L4 – Probable	L5 – Muy probable	L6 – Casi seguro
		<1%	1-33%	33-50%	50-60%	66-96%	96-100%
		Probabilidad durante la vida del proyecto					

Fuente: Integral S.A., 2025 (Adaptado de AngloGold Ashanti Group Risk Assessment and Reporting Matrix, 2015)

A partir de los resultados de la matriz de calificación del riesgo se definen el índice de riesgo y el umbral del riesgo tal como se describe en la Tabla 10.1.3.11.

Tabla 10.1.3.11 Índice de Riesgo

Índice de riesgo	Umbral de riesgo	Nivel de riesgo
Rojo (-31 a -36)	Excede significativamente el umbral – Acción	Alto

Índice de riesgo	Umbral de riesgo	Nivel de riesgo
Naranja (-25 a -30)	Excede el umbral –Gestión proactiva	Medio
Amarillo (-16 a -24)	Umbral del riesgo – Gestión activa	
Azul (-9 a -15)	Por debajo del umbral de riesgo – Gestión rutinaria	Bajo
Verde (-1 a -8)	Muy por debajo del umbral de riesgo - Gestión rutinaria	

Fuente: Integral S.A., 2025 (Adaptado de AngloGold Ashanti Group Risk Assessment and Reporting Matrix, 2015)

A pesar de que para algunos riesgos no se puede calcular de manera exacta (matemática) cual es la probabilidad de que ocurran, la evaluación del riesgo por esta metodología es una base para determinar las medidas de atención y prevención que se deben contemplar en el Plan de Contingencia, con el fin de evitar la generación de nuevas condiciones de vulnerabilidad y reducir el riesgo.

Los resultados de las valoraciones obtenidas para cada escenario de riesgo se presentan en el Anexo_PGR_Valoracion_Riesgos y el proceso de identificación, análisis y valoración que llevaron a ese resultado se describe en los siguientes apartes.

D. Criterios de análisis del riesgo por componente

Para efectos de la presente metodología, el nivel de riesgo se clasifica en tres categorías cualitativas: alto, medio y bajo, que reflejan la magnitud de las posibles consecuencias derivadas de la materialización de una amenaza sobre los componentes analizados. Esta clasificación se fundamenta en la guía metodológica para desarrollar análisis y evaluación del riesgo de desastres del departamento Nacional de Planeación – DNP (DPN, 2020), el Manual para la evaluación de daños y pérdidas (CEPAL, 2014) y la norma ISO 31010:2019, las cuales recomiendan la utilización de escalas cualitativas para la valoración integrada del riesgo cuando no se dispone de datos cuantitativos de alta resolución.

El análisis se realiza de manera diferenciada para los componentes ambiental, social, socioeconómico e individual, con el fin de identificar de forma integral los efectos potenciales del riesgo de desastres en el territorio y en la población. Los criterios definidos para cada componente se presentan en la Tabla 10.1.3.12.

Tabla 10.1.3.12 Criterios de niveles de riesgo por componente

Nivel de Riesgo	Componente Ambiental	Componente social	Componente Socioeconómico	Componente Individual
Bajo	Afectaciones leves y reversibles en el ambiente. No compromete hábitats ni servicios ecosistémicos. Requiere	Alteraciones mínimas en la convivencia o estructura comunitaria. Las capacidades locales permiten atender la situación.	Pérdidas económicas menores sin afectar la funcionalidad de las actividades productivas o de servicios.	Lesiones leves o molestias temporales sin hospitalización. No hay víctimas fatales.

Nivel de Riesgo	Componente Ambiental	Componente social	Componente Socioeconómico	Componente Individual
	acciones básicas de control y monitoreo			
Medio	Deterioro moderado de ecosistemas o recursos naturales, con afectaciones parcialmente reversibles. Requiere medidas de mitigación y seguimiento.	Disminución de la cohesión social o conflictos temporales. Requiere acompañamiento institucional o comunitario.	Interrupción temporal de servicios o daños parciales en infraestructura. Pérdidas económicas recuperables a corto plazo.	Lesiones que requieren hospitalización. Posibles víctimas aisladas.
Alto	Daño ambiental severo o irreversible. Pérdida de cobertura vegetal, contaminación persistente o alteración de hábitats sensibles.	Ruptura del tejido social, desplazamientos o pérdida de liderazgo comunitario. Requiere respuesta institucional urgente.	Colapso o suspensión prolongada de servicios esenciales. Pérdidas económicas significativas o crisis sectorial.	Múltiples heridos graves o víctimas fatales. Emergencia que desborda la capacidad local de respuesta.

Fuente: Integral S.A., 2025

E. Definición de área de análisis o área de probable afectación

El análisis de riesgo y las zonificaciones de amenaza, consecuencias y riesgo se desarrollan sobre el área de influencia abiótica de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Esta área se toma como referencia para determinar la zona de probable afectación por riesgos y los elementos expuestos dentro de ella.

El área de influencia abiótica, definida en la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote comprende tanto las características físicas del terreno como los componentes ambientales susceptibles de ser impactados por los diferentes escenarios de riesgo asociados al proyecto.

De esta manera, se adopta el área de influencia abiótica como la zona representativa de posible afectación por riesgos tal como se observa en la Figura 10.1.3.11, al integrar información física, ambiental y social que permite reflejar de forma más completa las condiciones del entorno donde podrían manifestarse los impactos.

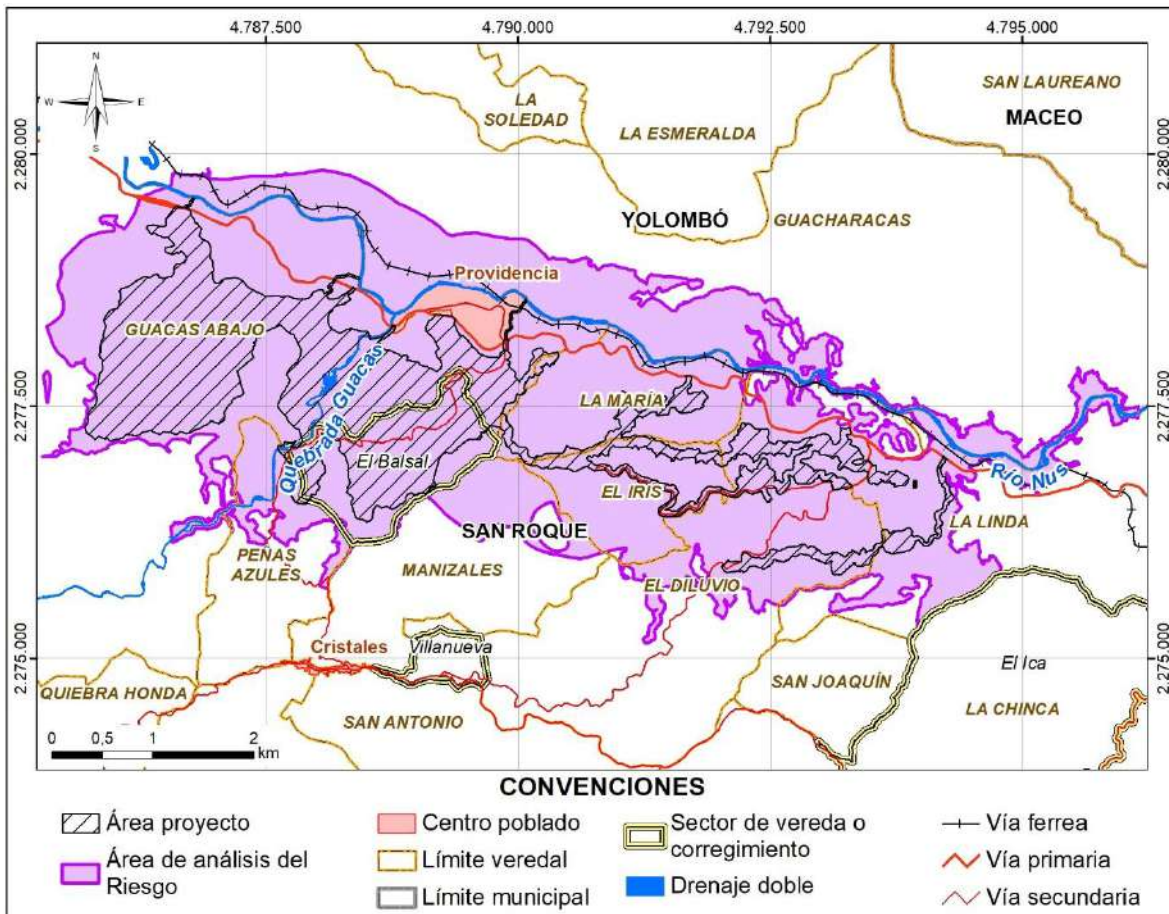


Figura 10.1.3.11 Definición del área de análisis del Riesgo

Fuente: Integral S.A., 2025

Es importante destacar que en la sección de Identificación de eventos amenazantes (Escenarios) se desarrolló la zonificación de las amenazas, a partir de la cual se establecieron niveles de amenaza alta, media y baja, en función de la probabilidad de ocurrencia y la intensidad esperada de los eventos. Esta zonificación constituye el insumo para la delimitación espacial de las áreas potenciales de afectación, en la medida en que las zonas clasificadas con amenaza alta y media representan los sectores donde, ante la materialización de un escenario de riesgo, podrían presentarse efectos directos sobre los elementos expuestos, y por tanto se asocian funcionalmente con el concepto de área de afectación directa. Por su parte, las zonas con amenaza baja o sin calificación de amenaza corresponden a áreas donde los efectos serían secundarios, atenuados o poco probables, y se asocian con el concepto de área de afectación indirecta. De esta manera, la zonificación de amenazas permite integrar y representar espacialmente las áreas de afectación directa e indirecta, garantizando coherencia metodológica y evitando la duplicidad de delimitaciones espaciales.

10.1.3.1.4 Identificación de eventos amenazantes (Escenarios)

Según la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, una amenaza se define como el riesgo latente de que ocurra un evento físico, ya sea de origen natural, socio natural, humano no intencional, tecnológico, biológico, o causado accidentalmente por la acción humana, con suficiente severidad para provocar la pérdida de vidas, lesiones o impactos en la salud. También puede causar daños y pérdidas en bienes, infraestructura, medios de sustento, prestación de servicios y recursos ambientales. De esta manera, las amenazas están influenciadas por las características físicas de los territorios, tales como su geología, topografía, características hidrográficas y climáticas, entre otras.

De acuerdo con el Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres del departamento de Antioquia – PDGRD (DAPARD, 2018), En las nueve regiones de Antioquia se han identificado diversos fenómenos amenazantes, relacionados con las características geológicas, topográficas, hidrográficas y climáticas del territorio. Algunos de estos fenómenos no son recurrentes, mientras que otros ocurren con mayor frecuencia. Estas condiciones hacen de Antioquia un lugar vulnerable a una variedad de eventos. Los principales factores amenazantes en la región se pueden establecer a partir de las condiciones ambientales y los antecedentes de desastres.

Tabla 10.1.3.13 Principales factores amenazantes identificados en el departamento de Antioquia

Origen	Amenaza
Hidrometeorológicos	Temporales, avenidas torrenciales, heladas, sequía, granizada, movimientos en masa, tormenta eléctrica, inundaciones
Geológicos	Sismos, diapirismo (volcanes de lodo), movimientos en masa, socavación de cauces, erosión litoral
Tecnológicos	Derrames, explosiones, accidentes mineros, fugas, incendios estructurales, rotura de presa, colapso estructural, accidentes (tránsito, aéreos, marítimos).
Socio naturales	Incendios de cobertura vegetal, incendios estructurales, movimientos en masa, inundaciones
Antrópicos no intencionales	Aglomeración de personas

Fuente: PMGRD Antioquia, 2018

Así mismo, este mismo PDGRD destaca que, en la región nordeste, donde se localiza la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, el evento que más número de registros presenta entre los años 1894 y 2014 son los movimientos en masa, seguido de las inundaciones y en tercer lugar los vendavales.

Adicionalmente, según la base de datos de Desinventar, los eventos más reportados en los municipios de San Roque y Yolombó, áreas que coinciden con la zona de probable afectación definida en este PGR son las inundaciones en San Roque, los incendios forestales en Yolombó y los movimientos en masa en ambos municipios. Estos eventos se detallan en la Tabla 10.1.3.14 y se analizan con mayor profundidad en el Anexo_PGR_Reporte_Desinventar.

Tabla 10.1.3.14 Reportes de amenazas en Desinventar

Amenaza	San Roque	Yolombó
	Número de reportes	Número de reportes
Sismo	2	2
Tormenta eléctrica	1	1
Inundación	8	2
Avenida torrencial	3	2
Incendio forestal	1	7
Movimiento en masa	11	6
Tormenta eléctrica	3	1

Fuente: Desinventar, 2025

Esta información concuerda con los instrumentos de planificación municipal como el Plan Municipal de Gestión del Riesgo del Municipio de San Roque (CMGRD C. M., 2017) donde se priorizan los escenarios de movimientos en masa, vendavales, inundaciones y avenidas torrenciales e incendios. Mientras que para el municipio de Yolombó las amenazas potenciales de origen natural están relacionadas con las corrientes de agua que generan inundaciones y avenidas torrenciales, los procesos erosivos y de remociones en masa, y en menor medida, la actividad sísmica (EOT, 2019).

De acuerdo con la Política de Seguridad Minera (MinEnergía, 2022), en el sector minero colombiano, las emergencias más frecuentes y graves están asociadas principalmente a fallas geomecánicas, atmósferas contaminadas o irrespirables, explosiones y fallas mecánicas, que en conjunto representan más de la mitad de la accidentalidad registrada entre 2011 y 2022. Aunque la mayor siniestralidad ocurre en minería subterránea especialmente en carbón, la minería de oro, incluida la realizada a cielo abierto, también presenta escenarios de riesgo relevantes relacionados con inestabilidades del terreno, procesos erosivos, manejo inadecuado de explosivos, inundaciones por cercanía a cuerpos de agua y deficiencias en los sistemas de transporte interno. La persistencia de operaciones con bajos estándares técnicos, la limitada cultura de autocuidado y la falta de sistemas eficaces de gestión de seguridad contribuyen a que estos eventos se materialicen, generando un alto número de accidentes y fatalidades que evidencian la necesidad de fortalecer las medidas preventivas y los mecanismos de control en toda la actividad minera.

De acuerdo con lo anterior y con las actividades contempladas en la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote para sus fases de construcción, operación y cierre, en la Tabla 10.1.3.15 se presentan las amenazas identificadas para el proyecto. En dicha tabla se relacionan los eventos potenciales y las etapas del proyecto en las que cada uno de ellos podría materializarse.

Tabla 10.1.3.15 Amenazas identificadas

Amenaza	Etapas del proyecto						
	Reasentamiento	Construcción y montaje	Actividades preliminares	Operación			Cierre y abandono
	Reasentamiento	Construcción de infraestructura y montaje de equipos		Extracción	Beneficio y transformación	Tratamiento de colas	Abandono y cierre
Incendio forestal	+	+	+	+			
Avenida torrencial		+	+	+	+	+	+
Orden público y social	+	+	+	+	+	+	+
Movimiento en masa		+	+	+	+	+	+
Sismos	+	+	+	+	+	+	+
Accidentes de vehículos de carga (derrame de cianuro, combustible)		+	+	+	+	+	
Colapso estructural		+			+	+	
Derrame de materiales peligrosos		+	+	+	+	+	
Derrumbes de taludes de los depósitos de material y tajos				+		+	
Emergencia sanitaria	+	+	+	+	+		
Explosiones no controladas		+	+	+	+		
Falla de la presa de colas					+	+	+
Falla de tubería de colas					+	+	
Incendios estructurales	+	+	+	+	+	+	+

Fuente: PGR_01_V1, 2019

A partir de la identificación de las amenazas listadas en la Tabla 10.1.3.15, se realiza una categorización de las amenazas por tipo y origen como se muestra en la Tabla 10.1.3.16, clasificando las amenazas identificadas entre amenazas exógenas y endógenas, además si son de origen natural, socio natural, antrópico u operacionales/tecnológicas.

Tabla 10.1.3.16 Identificación y clasificación de amenazas

Tipo	Origen	Amenaza
Exógenas	Amenazas naturales	Sismos
	Amenazas socio naturales	Movimientos en masa
		Inundaciones
		Avenidas torrenciales
		Incendios forestales
Amenazas antrópicas	Orden público y social	
Endógenas	Amenazas operacionales/tecnológicas	Explosiones no controladas
		Derrame de materiales peligrosos
		Incendio estructural
		Colapso estructural
		Falla de la presa de colas
		Falla de tubería de colas
		Derrumbes de taludes de los depósitos de material y tajos
		Emergencia sanitaria
		Accidentes de vehículos de carga (derrame de cianuro, combustible)

Fuente: Integral S.A., 2025

A. Amenazas naturales

a. Sismos

Los sismos consisten en una sacudida brusca y pasajera de la corteza terrestre producida por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas. Estos fenómenos son producto de la dinámica entre las placas tectónicas, en la cual se libera energía manifestada como movimientos telúricos (UNGRD, 2017).

El proyecto Gramalote cuenta con un estudio de amenaza sísmica desarrollado por la empresa Golder Associates USA Inc. Este fue elaborado para B2Gold & Anglo Gold Ashanti (AGA). Este estudio denominado “Site-specific probabilistic – deterministic seismic hazard assessment and acceleration time histories” (Evaluación de amenaza sísmica probabilística y determinística específica de sitio y aceleración tiempo-historia), con fecha de marzo de 2022, presenta los resultados de los análisis de amenaza sísmica probabilística (PSHA, por sus siglas en inglés) y determinística (DSHA, por sus siglas en inglés) específicos del sitio donde se construirá el terraplén de la presa de almacenamiento de relaves o colas (TSF, por sus siglas en inglés correspondientes a Tailing Storage Facility) propuesta en el sitio de Gramalote, Colombia. Este estudio también incluye el análisis de aceleración tiempo-historia de terremotos (ATH, por sus siglas en inglés) para respaldar el diseño de ingeniería de la presa de almacenamiento de relaves o colas (TSF).

Este informe proporciona la aceleración máxima horizontal del suelo (PGA, por sus siglas en inglés) específica del sitio y aceleraciones espectrales amortiguadas (Sa) al 5 % para las probabilidades de excedencia anual (AEP, por sus siglas en inglés) seleccionadas. Los movimientos sísmicos de la media y del percentil 84 también se estiman para el sismo máximo creíble (MCE, por sus siglas en inglés) en función del DSHA específico del sitio Golder Associates USA Inc (2022).

Como se indica en el estudio desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022), la estimación de la amenaza sísmica tuvo en cuenta los lineamientos de las principales organizaciones internacionales, por ejemplo, International Committee on Large Dams - ICOLD; Canadian Dam Association - CDA; Australian National Commission of Large Dams - ANCOLD; Global International Standard of Tailings Management - GISTM, entre otros.

El estudio de amenaza sísmica desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022) para la presa de almacenamiento de relaves o colas (TSF, por sus siglas en inglés), el cual es aplicable a la mina Gramalote, se presenta en el ANEXOS_CHARACTERIZACION_GEOLOGIA_SISMICA. A continuación, se resumen los principales aspectos del estudio mencionado anteriormente relevantes para el área de influencia del medio abiótico para la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

I. Contexto sismo – tectónico

El área de influencia del medio abiótico para la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se encuentra ubicado en una región tectónicamente compleja, localizada al noroeste de Sudamérica. Esta zona se caracteriza por importantes zonas de subducción, numerosas fallas tectónicamente activas, las cuales están mayormente orientadas en dirección N-S, la presencia de volcanes activos y un registro histórico de sismos de magnitud importante. La convergencia y las interacciones de tres placas tectónicas (Nazca, Caribe y Sudamericana) con la placa de los Andes del Norte y la placa Paleo-Caribe dominan la tectónica de placas actual del noroeste de Colombia (Golder Associates USA Inc, 2022).

La configuración tectónica actual, la cual domina los procesos presentes en el área de la mina Gramalote, y en general, el territorio colombiano se presenta en la Figura 10.1.3.12 y la Figura 10.1.3.13. Adicionalmente, la evolución tectónica de esta región se describe en detalle en el numeral 2.0 del informe “*Site-specific probabilistic – deterministic seismic hazard assessment and acceleration time histories*” desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022).

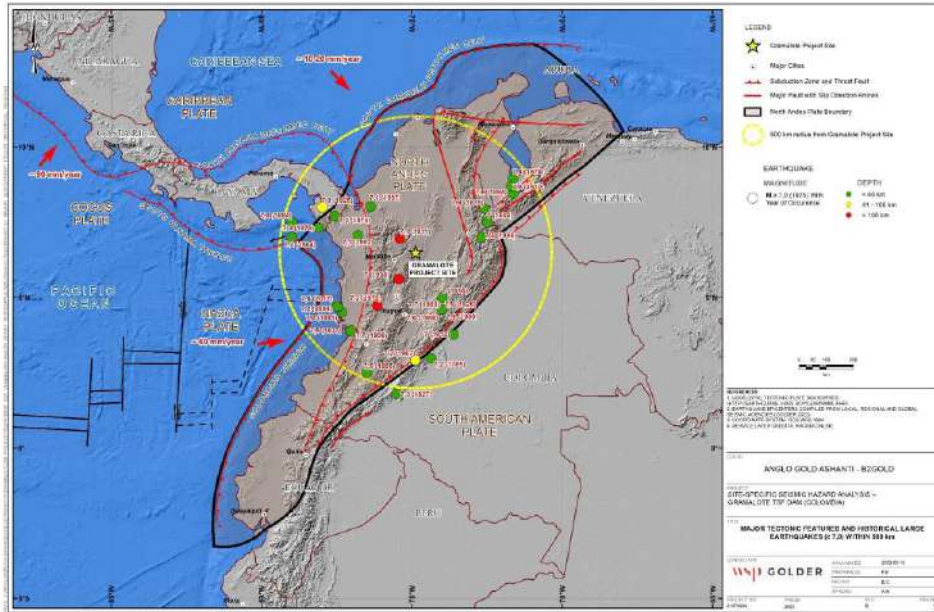


Figura 10.1.3.12 Configuración tectónica y terremotos históricos más importantes

Fuente: (Golder , 2022)

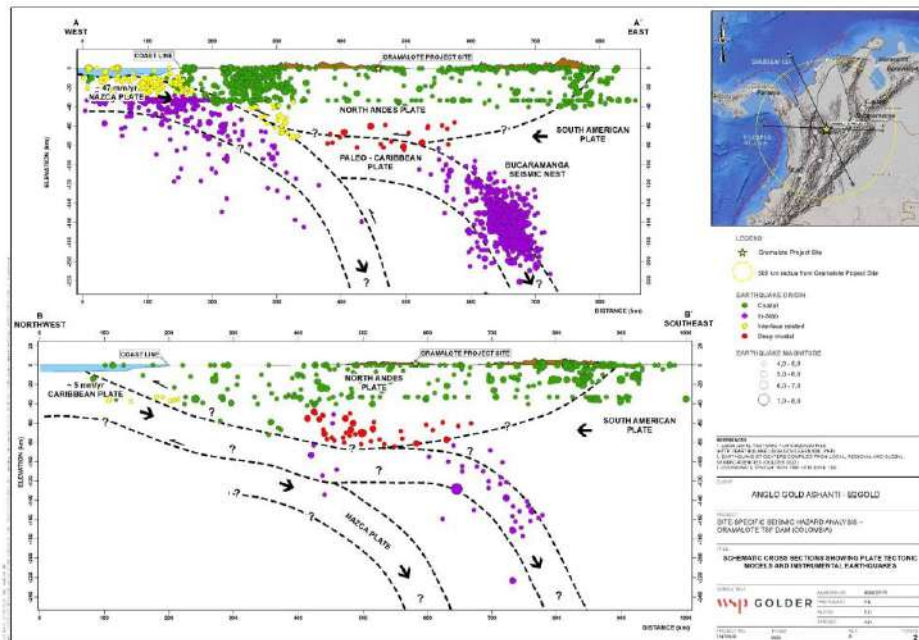


Figura 10.1.3.13 Secciones transversales esquemáticas que ilustran las principales características tectónicas y los hipocentros de los sismos históricos

Fuente: (Golder , 2022)

II. Fuentes sísmicas consideradas

La interacción de las placas de Nazca, Caribe, Andes del Norte y América del Sur ha resultado en la formación de una amplia variedad de fallas corticales sísmicamente activas en Colombia, además de volcanes activos en el sur del territorio, cerca de la frontera con Ecuador (Golder Associates USA Inc, 2022). Los terremotos históricos más grandes están asociados con la subducción superficial y más profunda de las placas de Nazca y del Caribe, así como con algunas fallas regionales que atraviesan el territorio colombiano (Figura 10.1.3.13 y Figura 10.1.3.14).

Para el estudio de amenaza sísmica desarrollado por Golder para Gramalote, se consideraron 20 fallas corticales (Golder Associates USA Inc, 2022). La información de estas estructuras fue recopilada desde distintos estudios desarrollados por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Modelo de Amenaza Sísmica de Colombia (Arcila, 2020), la base de datos del Proyecto de Evaluación de Riesgos de América del Sur (SARA, 2016) y la base de datos de fallas cuaternarias desarrollado por el USGS para Colombia (Paris, 2000).

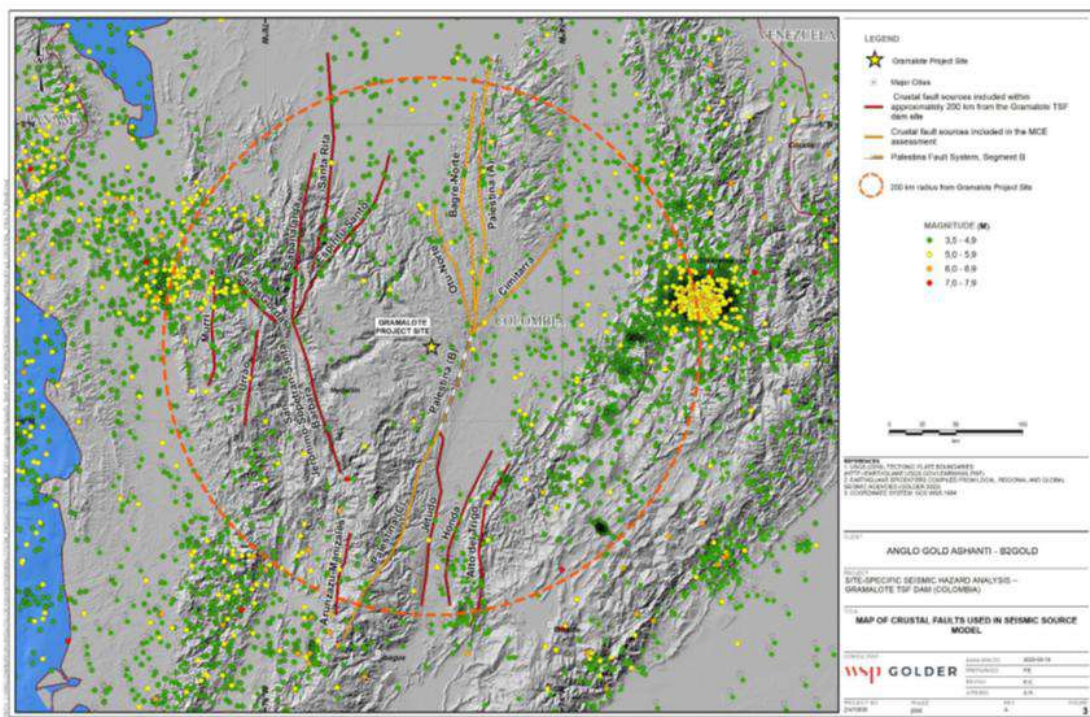


Figura 10.1.3.14 Análisis localizado en la mina Gramalote

Fuente: Golder Associates USA Inc (2022)

III. Sismicidad histórica

Presentar el contexto sísmico de Colombia a través de los sismos más importantes que han generado algún tipo de afectación en el territorio y conocer los efectos que los sismos

históricos han tenido en las distintas zonas del país, permite, en cierta medida, entender cuáles serían los efectos locales que podrían suceder en caso de que un sismo de magnitud importante ocurriera en la zona de interés para la mina Gramalote.

El sismo histórico más cercano del área de influencia del medio abiótico para la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote sucedió el 10 de abril de 1911, con epicentro localizado en el municipio de Yarumal, Antioquia, al NW del área de la mina. En la Tabla 10.1.3.17 se presentan las características principales de este evento histórico. Adicionalmente, en el numeral A se describen algunos de los efectos generados por este sismo. Para este caso, el evento se mide en la escala de Intensidad Macrosísmica Europea (EMS-98, por sus siglas en inglés), la cual corresponde a una clasificación de la severidad de la sacudida del suelo, basándose en los efectos observados en un área limitada.

Tabla 10.1.3.17 Características de los eventos sísmicos históricos fuera del área interés

Fecha (aaaa-mm-dd)	Hora local (hh:mm)	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (km)	Magnitud	Área epicentral	Distancia al sitio* (km)
10/04/1911	13:42	6,96	-75,41	120	6,4 Mw	Yarumal*	77

*Departamento de Antioquia

Fuente: Elaboración propia a partir de SGC (2022)

- **Sismo de 1911-04-10**

Este sismo generó daños en las poblaciones de Yarumal y Campamento en el departamento de Antioquia, y se sintió en el centro y nororiente del país. El sitio más afectado fue Yarumal, donde se reportaron graves averías en algunas casas y en la torre de la iglesia, la cual posteriormente fue mandada a derribar (Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2022).

En Campamento, se desplomó parte del frontis de la iglesia, y en el corregimiento de Santa Isabel (Remedios, Antioquia) se reportaron "grandes pérdidas materiales". Fue sentido en Medellín y Cúcuta en Colombia, y en Barinas, Guanare y Tariba en Venezuela (Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2022). El hecho de que este sismo haya sido sentido en un área tan extensa, justifica la interpretación de su profundidad de 120 km. Sin embargo, es necesario considerar la posibilidad de que el epicentro se localizara un poco más al este, dado que fue sentido en el territorio venezolano.

En la Figura 10.1.3.15 se presenta los valores intensidad (EMS-98) alcanzados en los municipios de Yarumal, Medellín, Montería, Cúcuta (Colombia) y San Cristóbal (Venezuela).

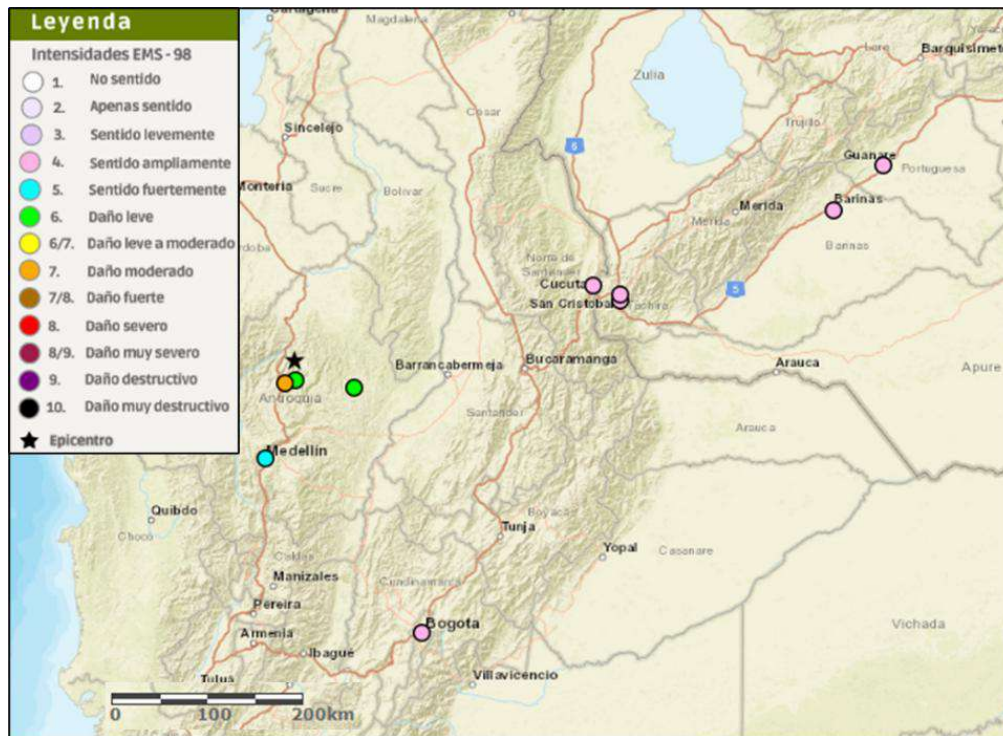


Figura 10.1.3.15 Mapa de intensidades EMS-98 para el sismo histórico del 10 de abril de 1911, con área epicentral en Yarumal, Antioquia. El epicentro de este evento se localizó al NW de la mina Gramalote

Fuente: SGC (2022)

Dadas las características tectónicas del territorio colombiano, existen otros eventos históricos asociados a las distintas sismo-fuentes presentes en el país, sin embargo, los epicentros de estos eventos se encuentran a distancias superiores a los 100 km desde la mina Gramalote. Las características principales de los eventos históricos se presentan en el numeral 3.1 del informe “*Site-specific probabilistic – deterministic seismic hazard assessment and acceleration time histories*” desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022).

IV. Sismicidad instrumental

El estudio de amenaza sísmica desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022), compiló información de sismicidad histórica e instrumental de 11 catálogos sísmicos (locales, regionales y globales). Esta compilación permitió generar un catálogo de sismos confiable y suficiente para desarrollar los análisis requeridos en el sitio de la mina Gramalote. La distribución de la sismicidad compilada se puede observar en la Figura 10.1.3.14.

A continuación, se listan las bases de datos utilizadas en la compilación del catálogo sísmico del estudio PSHA y DSHA de la mina Gramalote (Golder Associates USA Inc, 2022):

- Servicio Geológico Colombiano (SGC)

- *United States Geological Survey – USGS*
- *USGS Centennial Earthquake Catalog – CENT*
- Archivo histórico global de sismos compilado por *Global Earthquake Model (GEM)*
- Catálogo del boletín del *International Seismological Centre (ISC)*
- Catálogo de sismicidad instrumental global compilado por *ISC y Global Earthquake Model (ISCGEM)*
- Catálogo sísmico del *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*
- Catálogo de *Advanced National Seismic System (ANSS)*
- Catálogo del *Global Centroid Moment Tensor (GCMT)*
- Catálogo del *Incorporated Research Institutions for seismology – IRIS*
- Catálogo de sismos de Suramérica (SARA)

En el numeral 3.0 del informe “*Site-specific probabilistic – deterministic seismic hazard assessment and acceleration time histories*” desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022), se encuentra el detalle y las características de los catálogos mencionados anteriormente.

V. Nivel de amenaza del sitio de interés

El análisis probabilístico de amenaza sísmica (PSHA, por sus siglas en inglés) desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022) para el área de influencia del medio abiótico para la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se realizó usando el software EZ-FRISK v8.0. El valor de VS30 utilizado en la estimación de la amenaza sísmica fue de 800 m/s (Golder Associates USA Inc, 2022), el cual es equivalente a un afloramiento de roca de rigidez media, según se define en el título A de la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2010).

Los resultados obtenidos a partir del análisis probabilístico se exponen mediante las curvas de amenaza, que representan la frecuencia anual de los diferentes niveles de aceleración máxima esperada en el sitio de interés y los espectros de respuesta de amenaza uniforme (UHRS) para distintos periodos de retorno. El término "Amenaza Uniforme" se usa aquí porque existe la misma probabilidad de exceder los movimientos del terreno en un tiempo de exposición seleccionado en cualquier período espectral (Golder Associates USA Inc, 2022).

En la Figura 10.1.3.16 y Figura 10.1.3.17 se presentan las curvas de amenaza y los espectros de respuesta de amenaza uniforme (UHS). Adicionalmente, en la Tabla 10.1.3.18 se muestran los valores de aceleración para distintos periodos espectrales asociados a los periodos de retorno de 475, 975, 2.475, 5.000 y 10.000 años y sus respectivas tasas anuales de excedencia. El detalle de los resultados del estudio de amenaza sísmica se puede consultar en los numerales 5.0, 6.0 y 7.0 del informe “*Site-specific probabilistic – deterministic seismic hazard assessment and acceleration time histories*” desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022).

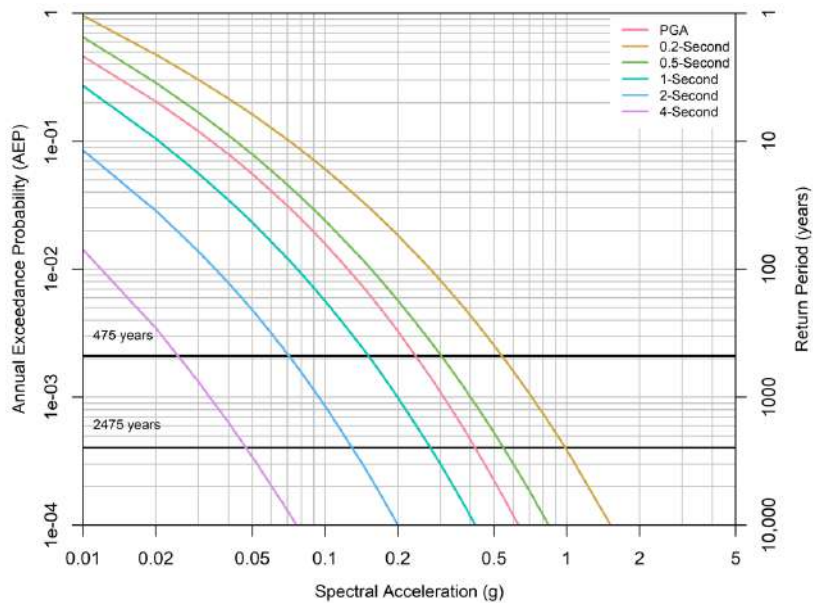


Figura 10.1.3.16 Curvas de amenaza media (5% de amortiguamiento) para los periodos espectrales seleccionados en el sitio de la mina Gramalote. El valor de V_{s30} usado es de 800 m/s

Fuente: Golder Associates USA Inc (2022)

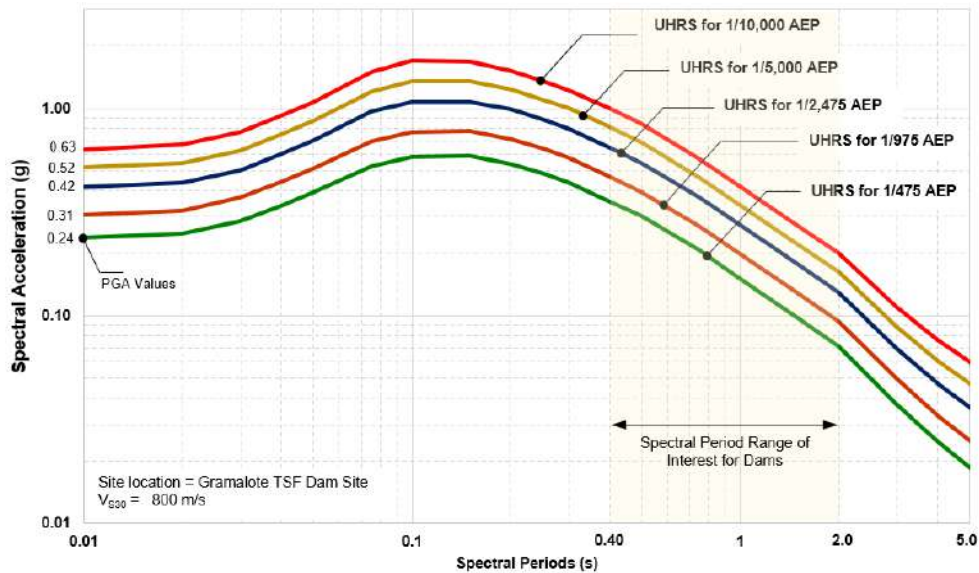


Figura 10.1.3.17 Espectros de Respuesta de Amenaza Uniforme (UHRS) (5% de amortiguamiento) en el sitio de la mina Gramalote. El valor de V_{s30} usado es de 800 m/s

Fuente: Golder (2022)

Tabla 10.1.3.18 UHRS (5% de amortiguamiento) para las Probabilidades Anuales de Excedencia (PAE) seleccionadas en el sitio del proyecto Gramalote. El valor de Vs30 (1) usado es de 800 m/s

Periodo espectral (s)	Aceleración Espectral Horizontal - UHRS (g)				
	PAE*	PAE*	PAE*	PAE*	PAE*
	1/475	1/975	1/2.475	1/5.000	1/10.000
PGA	0,238	0,308	0,418	0,518	0,632
0,1	0,586	0,773	1,075	1,351	1,692
0,15	0,591	0,779	1,079	1,352	1,689
0,2	0,54	0,711	S _s = 0,987 ⁽²⁾	1,227	1,519
0,3	0,438	0,576	0,796	0,997	1,214
0,4	0,357	0,468	0,647	0,811	1
0,5	0,303	0,397	0,547	0,684	0,842
0,75	0,207	0,271	0,373	0,465	0,571
1	0,151	0,198	S ₁ = 0,273 ⁽²⁾	0,34	0,419
2	0,071	0,094	0,129	0,163	0,2
3	0,038	0,05	0,07	0,089	0,111
4	0,025	0,033	0,047	0,06	0,076
5	0,019	0,025	0,036	0,047	0,06
7,5	0,011	0,015	0,023	0,03	0,039
8	0,01	0,014	0,021	0,027	0,036
9	0,009	0,012	0,018	0,023	0,03
10	0,008	0,011	0,015	0,02	0,026

Valores espectrales de amenaza sísmica uniforme específico del sitio, calculados para afloramientos de roca de rigidez media (VS30 de 800 m/s) equivalente a un suelo Tipo B, según lo definido por el NSR-10.

SS y S1 son las aceleraciones espectrales medias para el Sismo Máximo Considerado (MCEQ, por sus siglas en inglés) en periodos definidos para TSS = 0,2 s y TS1 = 1,0 s, para el periodo de retorno de 2.475 años según ASCE 7-16 (2016) (Golder Associates USA Inc, 2022). Si bien el MCEQ utiliza un VS30 de 760 m/s, los valores proporcionados aquí pueden considerarse equivalentes, pero para el diseño final, deben recalcularse para un VS30 de 760 m/s.

Fuente: Golder Associates USA Inc (2022)

Como se puede observar en el numeral 7.2 del informe “Site-specific probabilistic – deterministic seismic hazard assessment and acceleration time histories”, los valores de aceleración del estudio desarrollado por Golder Associates USA Inc (2022) para el sitio de la mina Gramalote, son coherentes respecto de otros estudios de amenaza sísmica desarrollados en el país) (Tabla 10.1.3.19). Los valores presentados en este informe son más conservadores por lo que su uso en el diseño de las obras se considera adecuado y representativo para la zona.

Tabla 10.1.3.19 Valores de aceleración para algunos periodos espectrales (PGA, 0,2 y 1,0 s) asociados a un periodo de retorno de 475 años de varios estudios para el sitio de la mina Gramalote

PSHA con Probabilidad Anual de excedencia de 1/475			
Estudio	PGA	0,2 s	1,0 s
Golder -2013	0,21	0,46	0,15
GEM -2018	0,20-0,35	---	---
Petersen et al, -2018	0,22	0,5	0,12
Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia -2020	0,15-0,21	0,33- 0,44	0,07-0,08
Este estudio (Golder, (2022))	0,24	0,54	0,15

Fuente: modificado de Golder Associates USA Inc (2022)

En la NSR-10 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2010) se presenta el mapa de zonificación sísmica de Colombia, donde se define el nivel de amenaza según la localización del área de interés. Igualmente, se encuentra la definición del tipo de perfil de suelo considerando los parámetros de éste, determinando así su clasificación según la descripción del perfil de suelo.

De acuerdo con la NSR-10, el área del proyecto está considerada dentro de una zona de amenaza sísmica alta (Figura 10.1.3.18), esto se determina a partir del valor de la aceleración horizontal pico efectiva (A_a) para un periodo de retorno de 475 años que es de 0,238 g.

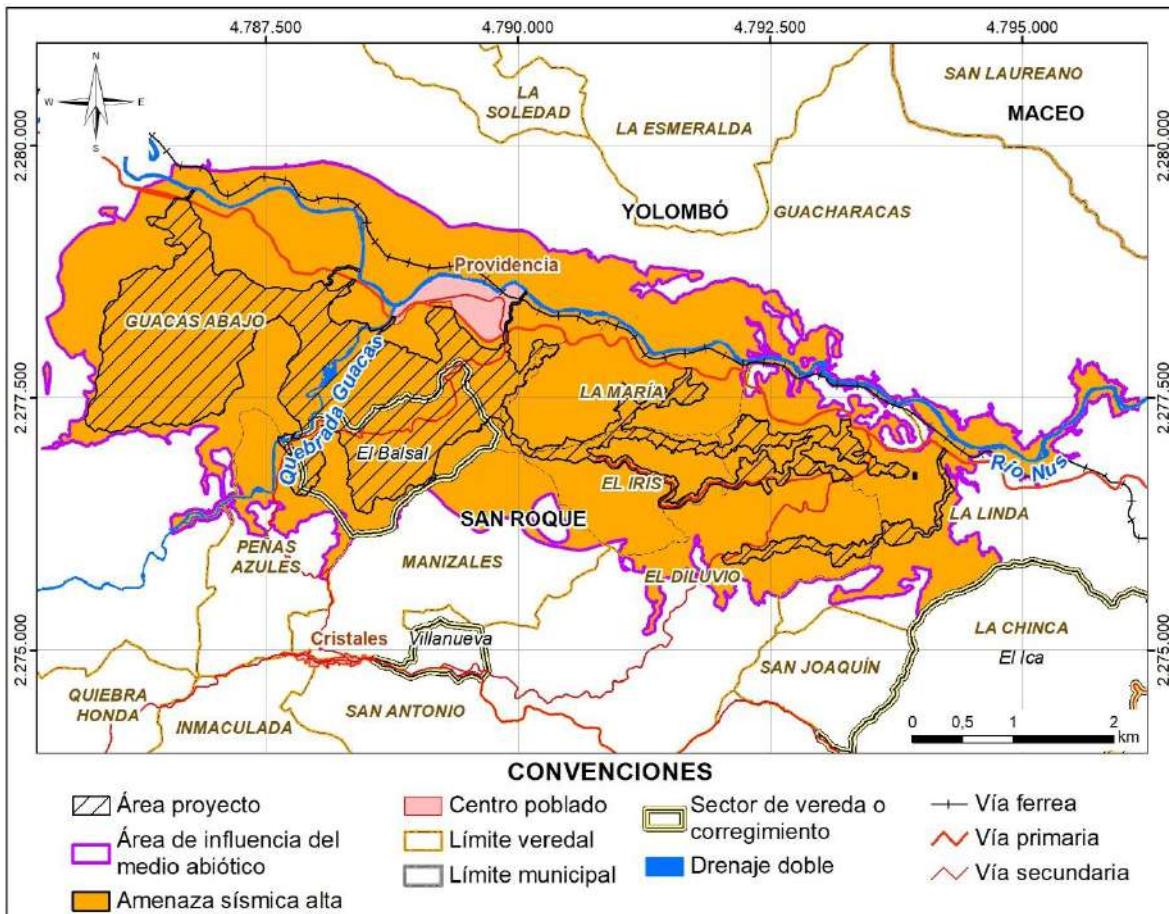


Figura 10.1.3.18 Amenaza sísmica

Fuente: Integral S.A., 2025

VI. Escenarios de riesgo asociados a la amenaza ante sismos

a) Rotura de la presa de colas por ocurrencia de un sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño de la presa

Es importante destacar que, puesto que la presa de colas no es una obra objeto de modificación se conservan los análisis ya aprobados en el PGR_01_V1. La principal consecuencia que tendría la materialización de este escenario sería la inundación aguas abajo, producto de la liberación del material contenido en la presa.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de rotura de presa, se encontró que la falla por sismo generaría una inundación semejante al escenario de sobrepaso; de acuerdo con esto, dicha inundación podría tener como consecuencia la afectación del río Nus y la Ruta Nacional 62 la cual puede ser alcanzada por la lámina del agua ocasionando el cierre parcial de la misma y la inundación de viviendas localizadas en las zonas de retiro del río Nus aguas abajo, como por ejemplo el corregimiento de San José del Nus y algunos sectores del Municipio de Caracolí.

b) Rotura de las presas de sedimentación de depósitos por ocurrencia de un sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño

Para el análisis de la posible rotura de las presas que sirven como sistema de retención en los sedimentadores se tuvo en cuenta varios enfoques.

Para el sedimentador La Colorada, dado que se trata de una estructura multipropósito de gran importancia que sirve tanto para la retención de sólidos en suspensión como para la conexión vial desde el acceso del proceso hasta la plataforma principal donde se dispondrá la planta de trituración, entre otras funciones, se tuvieron en cuenta diversos enfoques geotécnicos e hidráulicos.

Desde el punto de vista geotécnico, se caracterizaron los materiales de fundación y de construcción mediante un enfoque estadístico, incorporándolos en análisis de estabilidad probabilísticos con el fin de establecer las probabilidades de falla asociadas a la variabilidad geotécnica de los materiales. Adicionalmente, se asignó una categoría de presa siguiendo los lineamientos del (CDA, 2019) y considerando las principales características de su entorno.

De acuerdo con el Numeral 5_1_7_GEOTECNIA de la presente modificación de licencia, la presa del sedimentador La Colorada se proyecta como un terraplén de materiales homogéneos, construido en dos fases: la primera hasta la cota 830 m s.n.m. y la segunda hasta aproximadamente 850 m.s.n.m. El diseño incluye una geomembrana de HDPE de 2 mm como sistema de impermeabilización, protegida por geotextil, con una vida útil estimada entre 20 y 30 años para la primera etapa de los llenos. Asimismo, se incorpora un dren inclinado y capas de transición para el control de filtraciones y el mantenimiento de la estabilidad bajo condiciones de niveles de embalse extremos, considerando la geometría final de operación. Estas medidas se complementan con un vertedero de excesos diseñado para crecientes extremas, incluida la creciente máxima probable (CMP).

Se identificaron tres modos potenciales de falla: erosión interna, falla del vertedero y agrietamiento inducido por sismo. Para la mitigación de una posible falla por erosión interna, se establecen controles estrictos de compactación ($\geq 90\%$ de la densidad máxima determinada mediante el ensayo Proctor modificado), la definición de los parámetros geomecánicos que deben cumplir los materiales para la conformación de cada zona de la presa, así como recomendaciones de inspección e instrumentación geotécnica. Por su parte, el vertedero, con una sección hidráulica de 2,5 m \times 2,5 m, permite el tránsito de crecientes con periodos de retorno de 500 años (39,68 m³/s) y de la CMP (66,39 m³/s), evitando desbordamientos críticos. En un escenario extremo, la vía de acceso funcionaría como vertedero natural, reduciendo los riesgos asociados.

Con base en lo anterior y aplicando los criterios del (CDA, 2019), se determinó que la clasificación de la presa corresponde a riesgo alto, debido a la existencia de población permanente en la zona y a las potenciales pérdidas humanas, así como a los impactos ambientales y económicos que podrían generarse ante un fallo poco probable. No obstante, el potencial de pérdidas e impactos se reduce mediante la implementación de sistemas de monitoreo hidráulico y geotécnico, sistemas de alerta temprana y planes de contingencia, con el fin de mantener la seguridad de la obra y de las zonas aguas abajo. Con estas medidas, la probabilidad de falla se considera muy baja, garantizando condiciones seguras para el proyecto y las comunidades aledañas.

Así, el escenario de carga más crítico corresponde al sismo y en concordancia con lo anterior, los espaldones aguas arriba y aguas abajo de la presa del sedimentador La Colorada han sido diseñados para un sismo con un periodo de retorno robusto de 2.745 años. Las excavaciones para la conformación de los estribos, por su parte, se diseñaron para un sismo con un periodo de retorno de 475 años, dado que posteriormente serán confinadas con la conformación final de los llenos y con el fin de mantener coherencia con el periodo de retorno del sismo de diseño aplicable a las vías del proyecto.

Considerando el enfoque probabilístico aplicado en los análisis de estabilidad del sedimentador La Colorada, se cumplen los factores de seguridad establecidos. Adicionalmente, las probabilidades de falla asociadas a la variabilidad geotécnica de los materiales de fundación y de los llenos alcanzan como máximo 4E-1 (40 %) para el espaldón aguas abajo de la presa. En el talud del vertedero y en los estribos de la presa, la probabilidad máxima de falla es de 1,8E-2 (1,8 %). Estos resultados se encuentran reportados en el Numeral 5_1_7_6_4_PRESA DEL SEDIMENTADOR LA COLORADA, del Capítulo 5_1_7_GEOTECNIA, de la presente modificación de licencia.

No obstante, estas probabilidades de falla dependen del evento desencadenante, es decir, primero debe ocurrir el sismo de diseño para posteriormente provocar una potencial inestabilidad. En este sentido, la tasa anual de ocurrencia de un sismo con periodos de retorno de 475 y 2.475 años es del orden de 1/Tr, equivalente a 2,1E-03 y 4,04E-04, respectivamente (Ver Tabla 10.1.3.20). Al multiplicar esta tasa por la probabilidad de ocurrencia de una inestabilidad geotécnica —determinada mediante los análisis de estabilidad—, se obtiene que la probabilidad de ocurrencia de una inestabilidad geotécnica inducida por un sismo con periodos de retorno de 475 y 2.475 años es menor a los máximos indicados antes y es del orden de 3,8E-5 y 1,6E-4, respectivamente.

Tabla 10.1.3.20 Eventos identificados como posibles detonantes de una posible falla de presa

Tipo de evento detonante	Descripción de la consecuencia	Código	Probabilidad de ocurrencia	
			P (%) = 1/Tr	Tr (años)
Sismo	Materialización de un evento sísmico que genere un fallo de talud que obstruya la entrada del vertedero de la presa.	ST	0,21%	475
	Materialización de un evento sísmico que genere un colapso interno del vertedero de la presa.	SV	0,21%	475
	Materialización del evento sísmico de diseño que genere agrietamientos y/o deformaciones relevantes sobre la presa.	SP	0,04%	2.475

Fuente: Integral S.A., 2025

c) Rotura de otras presas de sedimentación por ocurrencia de un sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño

En el caso de los sedimentadores El Banco y San Antonio, la probabilidad de falla máxima anual está condicionada a la ocurrencia del sismo. Tierra Group asignó un sismo de diseño

de 475 años para dichas estructuras, lo que limita la probabilidad de falla a valores por debajo de $2,1E-3$ o 0,21%. Estos sedimentadores son de carácter temporal. Para estas obras aplicar las mismas recomendaciones de conformación de los llenos, procedimientos de inspección y monitoreo.

B. Amenazas socio naturales

Las amenazas socio naturales surgen de una combinación de procesos naturales y la intervención humana. En el marco de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, las amenazas de este tipo incluyen movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales las cuales se describen a continuación:

a. Movimientos en Masa

Los movimientos en masa hacen referencia a todos los movimientos ladera de roca, detritos o tierra por efectos de la gravedad. Estos incluyen fenómenos como deslizamientos, reptación, flujos, entre otros. Estos fenómenos son comunes en áreas que presentan pendientes pronunciadas y suelen ser detonados por precipitaciones, sismos, así como por acciones antrópicas.

En la base de datos de Desinventar esta es la amenaza de mayor número de reportes en los municipios de San Roque y Yolombó, además es uno de los escenarios de riesgo priorizados dentro de sus documentos de planificación territorial como el PMGRD.

Estos eventos son de tipo deslizamiento, con superficie de ruptura circular que se generan en zonas con gran espesor de suelo y detonados por la saturación de estos en épocas de lluvias. A nivel geomorfológico se pueden apreciar como pequeñas zonas de topografía escarpada. Tienen forma cóncava en el sentido de la pendiente, que demarcan el área desde donde se ha desprendido material por efecto de la gravedad y el agua contenida en ellos.

Este tipo de procesos se encuentran distribuidos por toda el área de influencia abiótica del proyecto, fueron cartografiados 27 deslizamientos activos, pocos de ellos concentrados hacia el cerro Gramalote (vereda Guacas) y áreas cercanas. Geológicamente, el terreno afectado por este proceso está conformado por suelo residual producto de la meteorización de las rocas del Batolito Antioqueño. A partir de esto se analizó la susceptibilidad por movimientos en masa en el área de influencia abiótica.

El análisis de amenaza por movimientos en masa se basa en información geológica, edafológica, geomorfológica, hidrogeológica, hidrológica, climatológica y de amenaza sísmica disponible para el área del proyecto. Con lo cual, se implementa la metodología SES (Sistema Semicuantitativo de Evaluación de Estabilidad para Zonas Homogéneas) desarrollada por Ramírez & González, (1989), que se enfoca en la evaluación del nivel de amenaza por procesos de remoción en masa a partir de la evaluación de parámetros intrínsecos o de susceptibilidad (Tipo de material, Drenaje, Relieve y Cobertura vegetal) y de parámetros detonantes (Clima, Erosión, Amenaza Sísmica y Factor Antrópico), bajo una calificación de la estabilidad geotécnica de los terrenos. Estos parámetros son evaluados mediante la asignación de valores altos (corresponden con zonas estables), mientras que bajos (corresponden a zonas inestables), obtenidos a partir de la suma ponderada de los índices de los factores asociados a cada parámetro, para finalmente obtener el valor de

“Calificación de Estabilidad” (CE) del cual se pueden definir diferentes niveles de amenaza, como se presenta en la Tabla 10.1.3.21.

Tabla 10.1.3.21 Categorías de estabilidad geotécnica y amenaza

Calificación de Estabilidad CE	Categoría de la amenaza	Reclasificación de la amenaza
>177	Baja	Baja
>157 - ≤177	Media	Media
≤151	Alta	Alta

Fuente: Modificado de (Aguilar, 2015)

La Tabla 10.1.3.22 muestra la categorización de la estabilidad geotécnica propuesta por Ramírez F; González A.J, (1989).

Tabla 10.1.3.22 Categorías de estabilidad geotécnica

Categoría de estabilidad	Calificación de estabilidad (CE)	Clase	Descripción
Zonas estables o independientes	200 - 300	I	Aquellas áreas que se consideran estables a partir del análisis comparativo entre variables. Incluye pendientes que no presentan inestabilidad y las planicies.
Zonas estables poco dependientes	185 - 200	II	Pendientes que no presentan evidencias de deslizamientos, pero pueden desarrollar procesos morfodinámicos dependiendo del manejo de la ladera.
Zonas estables moderadamente dependientes	150- 185	III	Pendientes que puntualmente presentan evidencia de deslizamientos antiguos cuya reactivación depende del manejo de la ladera.
Zonas estables muy dependientes	120- 150	IV	Pendientes con evidencias locales de deslizamientos antiguos y recientes.
Zonas inestables recuperables	85- 120	V	Pendientes con evidencia de deslizamientos y procesos de inestabilidad anteriores, pero que no han sufrido cambios en el registro histórico. Las formas de erosión son evidentes.
Zonas de inestabilidad alta	55- 85	VI	Pendientes que presentan deslizamientos frecuentes o reactivación de deslizamientos antiguos y con deslizamientos activos. Los procesos de inestabilidad no son regulares y se asocian a eventos espaciados varios años y periodos de lluvia.

Fuente: Ramírez F; González A.J, 1989

La metodología involucra la identificación de las unidades de terreno (Zonas Homogéneas) de acuerdo con las condiciones de: Tipo de material - Geología (M), Relieve – Pendiente del terreno y Forma del Relieve (R), Drenaje (D), Geomorfología y Procesos morfodinámicos- Erosión (E), Clima – Precipitación (C), Vegetación – Cobertura vegetal (V), Sismicidad (S) y la Evidencia de procesos antrópicos (A). Posteriormente se evalúan estos ocho parámetros y por último se integran todas estas variables con la ayuda del sistema de

información geográfica ArcGis en una algebra de mapas como se ve en la Ecuación 10.1.3.2.

$$CE = M + R + D + E + V + C + S + A$$

Ecuación 10.1.3.2 Calificación de estabilidad

Los parámetros se dividen en intrínsecos (M, R, D, V) y detonantes (C, S, E; A), su forma de evaluación y los valores utilizados para el presente estudio, según las condiciones propias de las unidades de terreno identificadas para el área de influencia del Proyecto se describen a seguir:

I. Material (M)

Desde el punto de vista del comportamiento geomecánico, el material que conforma las unidades de terreno se puede clasificar como roca, material intermedio o suelo. El término roca agrupa los horizontes de meteorización I y II según la Norma BS 5930 – *Code for practice for site investigations*. El material intermedio posee menos del 70% de matriz y corresponde a los horizontes de meteorización III y IV, según la Norma BS 5930. La erodabilidad de la matriz se analiza mediante un análisis comparativo con los demás materiales intermedios del área de influencia. Por último, se considera suelo aquel material que tiene más del 30% de matriz y se evalúa su origen “in situ” o transportado. En la Figura 10.1.3.19 se muestran las calificaciones para el parámetro Material a partir de los valores de calificación según Ramírez & González, (1989).

SUELO								
Tipo de Suelo	RESIDUAL				TRANSPORTADO			
	SUELO		SUELO SAPROLITICO		Por acción directa de la gravedad		Por agentes naturales	
Roca Parental	G	F	G	F	AGUA	VIENTO	HIELO	
Parental					G	F	G	F
Ignea	S 2	S 3	S 3	S 4				
Metamor.	S 1	S 2	S 2	S 3	S 3	S 4	S 2	S 3
Sedimen.	S 1	S 2	S 2	S 3				
Volcánica	S 2	S 3	S 3	S 4				
(G): Composición predominante granular (> 65% ret. T 2000) (F): Composición predominante fina (> 35% pasa T 2000)								
TIPO DE SUELO	CONDICION EN EL TERRENO							
	Granular (Densidad)			Fino (Consistencia)				
	Alta	Media	Baja	Dura	Media	Blanda		
Tipo S 1	25	16	7	23	14	6		
Tipo S 2	19	12	5	18	11	4		
Tipo S 3	11	7	3	11	7	3		
Tipo S 4	5	3	2	5	3	1		

Figura 10.1.3.19 Valores de calificación para el parámetro M (En el recuadro rojo se presentan los pesos asignados a los materiales del área de estudio)

Fuente: Ramírez & González, (1989)

La geología de la zona de estudio la constituyen principalmente suelos residuales y saprolitos derivados de la meteorización de las rocas del Batolito Antioqueño. Presentan una textura que varía entre limo arenosa a arenosa para el saprolito y generalmente limo

arcilloso para el suelo residual. La consistencia en ambos también es variable, sin embargo, se asume media para este ejercicio.

También, en el área se presentan depósitos de vertiente de tipo coluviales y flujos, generalmente matriz soportados, con una textura limo arcillosa a limo arenosa y consistencia blanda.

En cuanto al lleno antrópico, teniendo en cuenta que la metodología no considera materiales antrópicos, se asume la unidad de lleno con las características entre un depósito aluvial y coluvial, constituido por materiales granulares de densidad baja, teniendo en cuenta el modo de depositación de estos. Los llenos antrópicos en el área de influencia abiótica del proyecto corresponden a los materiales sobrantes de las obras de infraestructura.

Tabla 10.1.3.23 Calificaciones del parámetro M en el área de influencia abiótica del proyecto

Tipo de material	Valor de M
Suelos residuales (VI) y saprolito (V) del Batolito Antioqueño	7
Roca poco meteorizada del Batolito Antioqueño (II)	25
Depósito aluvial	12
Depósito de coluviales	3
Depósitos de flujo	3
Llenos antrópicos	5

Fuente: Integral S.A., 2025

II. Relieve (R=A+B)

Este parámetro evalúa dos factores fundamentales: pendiente promedio del terreno (A) y forma del relieve (B), o sea el perfil longitudinal de la unidad del terreno. En la Tabla 10.1.3.24 se muestran los valores que se determinan según el tipo de relieve que se caracteriza en los terrenos en estudio.

Tabla 10.1.3.24 Valores de R en función de la pendiente y la forma del perfil de la ladera

Terreno	Rango de pendiente (°)	Puntaje A	Perfil del terreno	Puntaje B
Interfluvio	0 - 5	22	Cóncavo	6
Ladera con infiltración	5 - 10	15	Rectilíneo	3
Ladera con reptación	10 - 30	9	Convexo	0
Escarpe - ladera rectilínea	30 - 45	12		
Ladera de transporte	20 - 30	6		
Ladera Coluvial	10 - 20	7		
Aluviones	0 - 5	22		
Ladera de Cauce	> 45	6		

Fuente: Modificado de Ramírez & González, (1989)

Para el área de influencia abiótica objeto de modificación se construyó el mapa de pendientes del terreno a partir de información temática de la cartografía base bajo el Modelo

Digital del Terreno (MDT), el cual se reclasificó con los rangos de pendientes mostrados en la Tabla 10.1.3.24 Tabla y que definen los valores del parámetro A. Así mismo, con la ayuda de herramientas SIG, software ArcGIS, se establecen zonas del terreno de acuerdo con el perfil de las superficies (índice de curvatura: cóncavo, rectilíneo y convexo) y se asocia una calificación de acuerdo con los rangos de pendiente (parámetro B), derivando esta calificación según la Figura 10.1.3.20.

Es importante considerar que el área de influencia corresponde a una región colinada y montañosa caracterizada por pendientes moderadamente escarpada o moderadamente empinada, donde se tiene el predominio de ambientes geomorfológicos denudacionales con geformas definidas por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos. También se presentan geformas asociadas a ambientes estructurales, fluviales concentradas en las partes bajas de las cuencas y antropogénicas, estas últimas asociadas a la intervención antrópica (explotación minera tradicional).

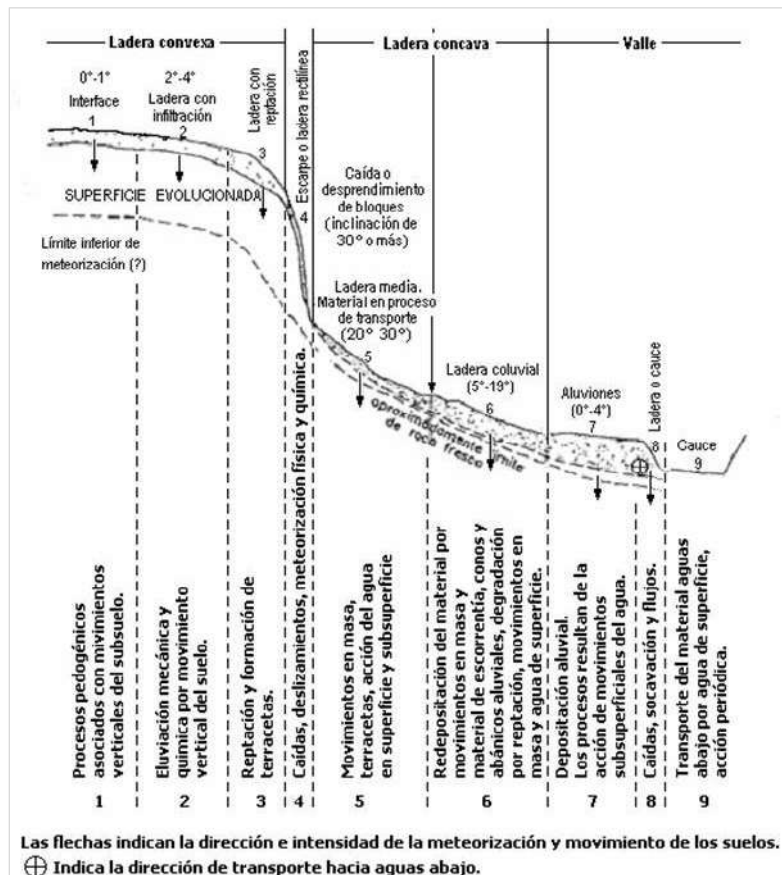


Figura 10.1.3.20 Clases del terreno de acuerdo con el perfil de las superficies (índice de curvatura: Cóncavo, rectilíneo y convexo) y las pendientes

Fuente: Ramírez & González, (1989)

III. Drenaje (D)

Este parámetro evalúa dos factores: densidad de drenaje y pendiente promedio del cauce (Tabla 10.1.3.25). Debido a que la densidad de drenaje depende de las características litológicas, climáticas y topográficas, los rangos de densidad baja, media o alta deberán establecerse para cada ambiente geológico.

Tabla 10.1.3.25 Valores del parámetro D – Pendiente y densidad de drenaje

Densidad de drenaje Pendiente del cauce (%)	Calificación parámetro D		
	Baja (0 - 25)	Media (25 - 4)	Alta (>45)
Bajo – 0 – 2,25	35	30	23
Medio – 2,26- 13,5	25	19	13
Alto - > 13,5	16	10	6

Fuente: Modificado de Ramírez & González, (1989)

La Ecuación 10.1.3.3 define como se calcula la densidad de drenaje:

$$Dd = \frac{\sum Lc_i}{A}$$

Ecuación 10.1.3.3 Densidad de drenaje

Donde:

Lc: Longitud total de los cursos de agua en metros

A: área de la cuenca (Ha)

La densidad de drenaje en la margen derecha del río Nus es mayor que la de la margen izquierda. La red de drenaje tiende a ser dendrítica y muy ramificada en la margen derecha del río Nus, mientras que a su lado izquierdo se muestra con una tendencia subparalela menos ramificada.

IV. Vegetación (V)

Se evalúan tres factores para integrar este parámetro, esto es: pendiente del terreno, tipo de vegetación y porcentaje de área cubierta por esta. Se establecen cuatro tipos de vegetaciones en los cuales se intenta asociar aquellos que bajo una misma condición tengan efectos similares en la estabilidad de las laderas. Es necesario aclarar que para efectos metodológicos los nombres de los tipos de vegetación citados en la Tabla 10.1.3.26 son genéricos, por tanto, el tipo de cobertura vegetal presente en la zona de estudio serán homologados a estos nombres.

Tabla 10.1.3.26 Valores del parámetro V – Vegetación

Pendiente Tipo de vegetación	Calificación parámetro V		
	0-20°	20-45°	>45
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto	32	25	19
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes / zona urbana pavimentada	27	17	7

Tipo de vegetación	Calificación parámetro V		
	0-20°	20-45°	>45
Pastos o vegetación herbácea / Vegetación secundaria o en transición / zona urbana sin pavimentar	25	14	6
Cultivos limpios o desmonte / canteras	20	8	3
Rasgos rurales	12	5,5	0
Rasgos urbanos	6	0	0
Ríos (50 m)	32	32	32

Fuente: Modificado de Ramírez & González, (1989)

Es necesario aclarar que para efectos metodológicos los nombres de los tipos de vegetación citados en la tabla anterior son genéricos, por tanto, el tipo de cobertura vegetal presente en la zona de estudio se homologa a estos nombres y se asocia una calificación de acuerdo con las pendientes del terreno que cubren sus respectivas áreas (Tabla 10.1.3.27).

Tabla 10.1.3.27 Homologación coberturas vegetales vs Corine Land Cover (Parámetro V)

Tipo de Vegetación	Coberturas área de interés (Corin Land Cover)
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto	Bosque de galería y/o ripario, Bosque fragmentado con vegetación secundaria, bosque denso alto.
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes	Cultivo permanente herbáceos - Caña, Mosaico de cultivos.
Pastos o vegetación herbácea/Vegetación secundaria o en transición	Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Pastos arbolados, Pastos enmalezados, Pastos limpios.
Cultivo limpio o desmonte (canteras)	Tierras desnudas y degradadas, Zonas de extracción minera, Zona arenosa natural.
Rasgos rurales	Tejido urbano discontinuo, Lagunas, lagos y ciénegas naturales, cuerpos de agua artificiales.
Rasgos urbanos	Tejido urbano continuo, Red vial y terrenos asociados, Aeropuerto, Zonas industriales o comerciales, instalación recreativa.
Ríos	Ríos

Fuente: Integral S.A., 2025

Para el área de influencia las mayores áreas corresponden al tipo de coberturas vegetación secundaria baja, bosque fragmentado con vegetación secundaria y pastos limpios.

V. Erosión (E)

Se evalúa el porcentaje de área afectada y el tipo de erosión (ver Tabla 10.1.3.28), considerando cuatro tipos principales: laminar, diferencial, concentrada y por socavación.

Tabla 10.1.3.28 Valores del parámetro erosión – E

% Área afectada	Calificación para E	
	Leve (0-10%)	Moderada (10-30%)
Tipo erosión		
Laminar	30	21

% Área afectada	Calificación para E	
	Leve (0-10%)	Moderada (10-30%)
Tipo erosión		
Diferencial	22	15
Concentrada	15	11
Por socavación	11	8

Fuente: Modificado de Ramirez F; González A.J, 1989

En el área de influencia abiótica son identificados algunos procesos morfodinámicos que corresponden a sitios donde, por las condiciones morfológicas locales, la naturaleza de los materiales y la presencia de agua, se han generado procesos de inestabilidad como movimientos en masa de tipo deslizamiento, cárcavas y surcos; también se distinguen algunos procesos relacionados con la dinámica de la quebrada Guacas y el río Nus, como lo es erosión de orillas.

VI. Clima (C)

Como insumo para el estudio de zonificación geotécnica se tiene el análisis de isoyetas de precipitación (según la Tabla 10.1.3.29), tanto de valores totales anuales como de valores mensuales multianuales.

Tabla 10.1.3.29 Valores del parámetro clima – C

Precipitación Media Anual (PMA)		Calificación parámetro C
Baja	< 3500	40
Media	3500 - 4000	19
Alta	> 4000	8

Fuente: Modificado de Ramirez F; González A.J, 1989

VII. Sismicidad (S)

Este parámetro evalúa dos factores: riesgo sísmico y tipo de material. Los niveles de riesgo sísmico se evalúan a través del mapa de valores de Aa para la zona de estudio y se clasifican los materiales de acuerdo con su susceptibilidad a eventos sísmicos. Los tipos de material para esta metodología fueron adoptados de acuerdo con tres perfiles de suelo establecidos en el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (CCCSR) del año 1984, tal como se presenta a continuación con su respectiva homologación con los perfiles de suelo definidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10):

- Perfil S1 (Perfil A y B): Roca de cualquier característica, ya sea cristalina o lutíticas que tiene una velocidad de onda de corte mayor o igual a 750 m/s. Presenta perfiles conformados por suelos duros con un espesor menor de 60 m, compuesto también por depósitos estables de arenas, gravas o arcillas duras.
- Perfil S2 (Perfil C): Perfil en donde entre la roca y la superficie hay más de 60 m de depósitos de arcillas duras o suelos no cohesivos.
- Perfil S3 (Perfil D y E): Perfil que entre la roca y la superficie hay más de 10 m de depósitos de arcillas, cuya dureza varía entre mediana a blanda con o sin intercalaciones de arenas u otros suelos no cohesivos.

En la Tabla 10.1.3.30 se presenta la valoración del parámetro de sismicidad en función del riesgo sísmico y el tipo de material (el relleno de color naranja presenta la calificación estimada para este parámetro).

Tabla 10.1.3.30 Valores parámetros de sismicidad – S

Amenaza Sísmica	Valores de aceleración pico efectiva (Aa)						
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
S1	24	21	17	13	8	5	2
S2	12	10	8	7	4	3	1
S3	4	3	3	2	1	1	0

Fuente: Modificado de Ramirez F; González A.J, 1989

Para Gramalote se cuenta con un estudio de amenaza sísmica particular. Adicionalmente, el periodo de retorno de diseño típico para las obras es 475 años, para el cual el PGA es 0,238 g.

VIII. Factor Antrópico(A)

Este parámetro se considera como desencadenante o contribuyente de movimientos en masa, asociado a los cambios en el uso del suelo como transformador del medio físico. En el caso de uso urbano, con la construcción de obras de infraestructura como vías y redes y de viviendas. En primera instancia, cualquier acción del hombre para el cambio del uso, se inicia con la deforestación y en general las obras causan excavación o cortes, sobrecargas (rellenos o botaderos y construcciones), los cuales, acompañados del manejo incontrolado de aguas, generan indiscriminadamente sobre las laderas efectos de cargas, sobrecargas, modificación del drenaje e infiltración.

La Figura 10.1.3.21 muestra esquemáticamente la acción del hombre sobre el medio físico (Millán, J. & González, A., 2001). El análisis del Factor Antrópico debe determinar inicialmente las variables que intervienen; este se dirige a cuantificar los efectos sobre la ocurrencia de deslizamientos, por sobrecarga y descarga de las laderas, por infiltración de agua de escorrentía y por modificación del drenaje.

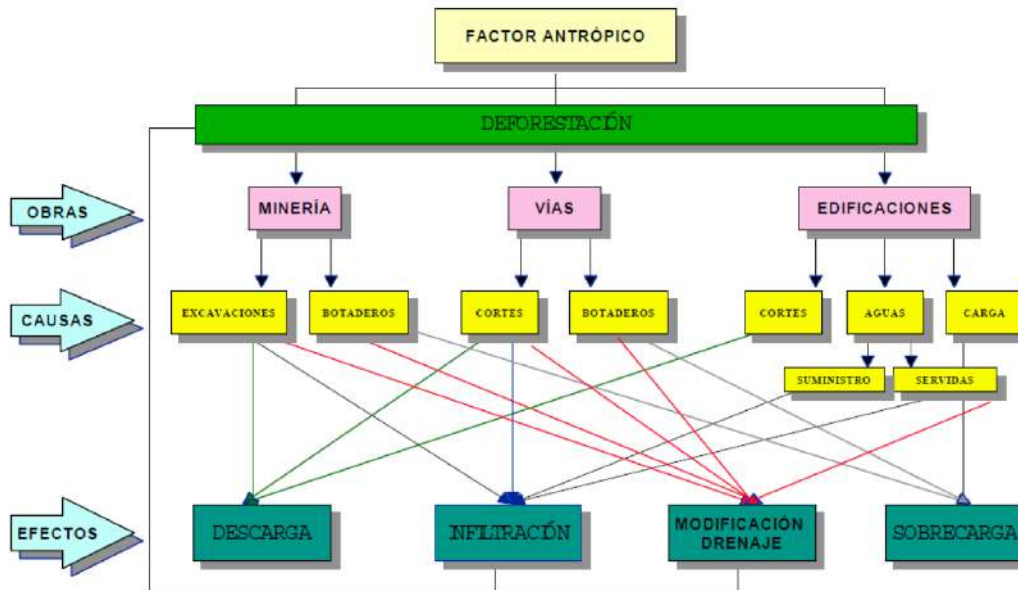


Figura 10.1.3.21 Efectos de la acción del hombre en la producción de deslizamientos

Fuente: Collazo R. D, (2015)

En la Tabla 10.1.3.31 se presenta la valoración del parámetro Efectos Antrópicos (A).

Tabla 10.1.3.31 Valores de susceptibilidad del parámetro Efectos Antrópicos

ZONAS DE AFECTACIÓN				GRADO DE INTERVENCIÓN		
				Bajo	Medio	Alto
Zonas de Explotación	Canteras	Actuales	Urbanizadas	16		
			Sin urbanizar		6	
		Abandonadas	Urbanizadas	18		
			Sin urbanizar		10	
	Chircales		Urbanizadas	22		
			Sin urbanizar		12	
Rondas		Intervenidas		2		
		Poco intervenidas	38			
Zonas Urbanas		Sin urbanizar	40			
		Con servicios	35			
		Red aguas lluvias		26		
		Red aguas negras		30		
		Sin servicios			4	

Fuente: Ramírez & González, (1989) y Millan J.A., Vesga, L., (1998)

IX. Resultados amenaza por movimientos en masa

Al integrar las variables mediante la Ecuación 10.1.3.2 se obtienen valores que permiten establecer la calificación geotécnica del área de influencia del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Con base en estos resultados, se realiza la comparación frente

a las categorías de amenaza definidas para dichos rangos. Posteriormente, los resultados del análisis de amenaza se presentan de manera consolidada en la Tabla 10.1.3.32 y se ilustran gráficamente en la Figura 10.1.3.22

Tabla 10.1.3.32 Categorías de estabilidad geotécnica y amenaza, áreas

Calificación de Estabilidad CE	Categoría de la amenaza	Reclasificación de la amenaza	Área (ha)	Porcentaje (%)
>177	Baja	Baja	1.519,20	60,88
>157 - ≤177	Media	Media	942,83	37,78
≤151	Alta	Alta	33,25	1,33
Total			2.495,27	100,00

Fuente: Modificado de (Aguilar, 2015)

El área de influencia abiótica presenta una distribución de amenaza donde, aproximadamente el 60,88 % del área se clasifica con amenaza baja, correspondiente a terrenos donde se identifican cicatrices de deslizamiento antiguo, cuya posible reactivación está condicionada al manejo y estabilidad de las laderas. Un 37,78 % del área se categoriza con amenaza media, asociada a zonas de mayor pendiente donde se presume la ocurrencia de deslizamientos activos o con alta susceptibilidad. Finalmente, el 1,33 % del área se considera de amenaza alta, concentrada en sectores críticos con condiciones topográficas abruptas.

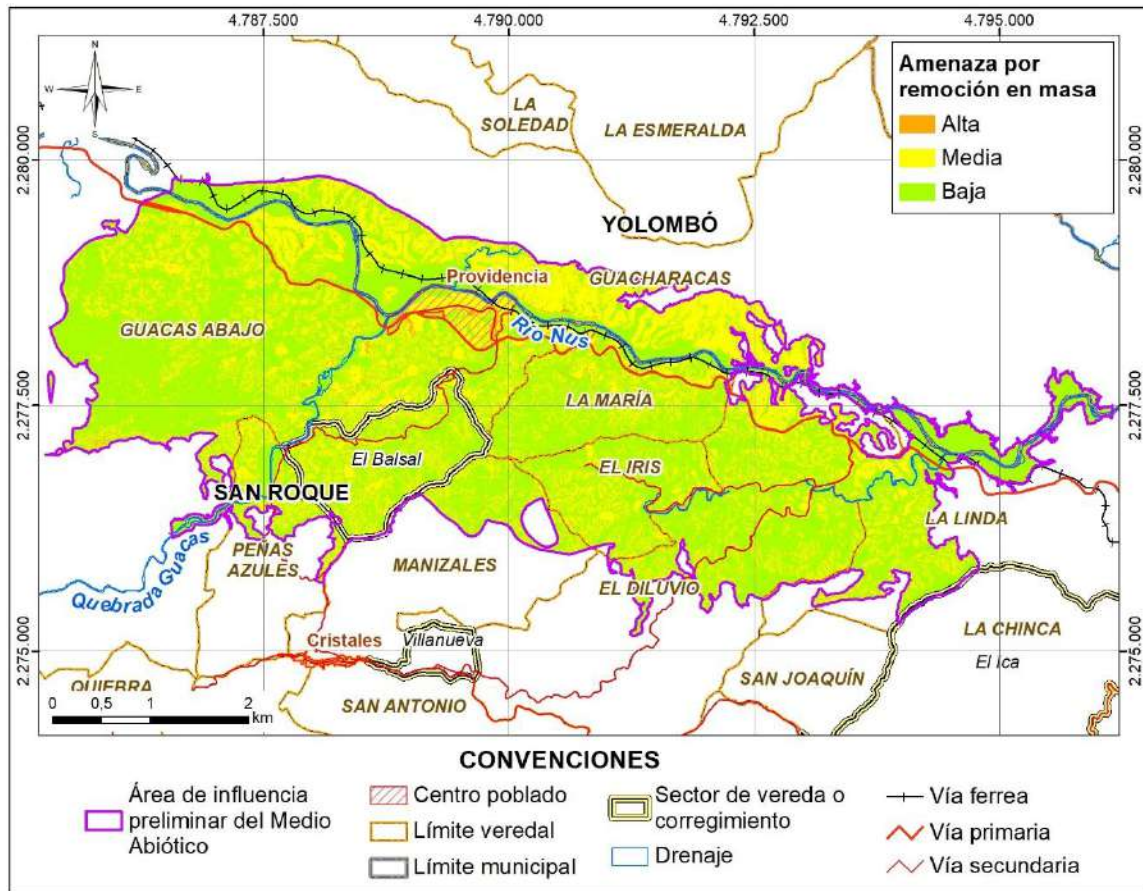


Figura 10.1.3.22 Amenaza ante movimientos en masa

Fuente: Integral S.A., 2025

X. Escenarios de riesgo asociados a la amenaza ante movimientos en masa

- Deslizamientos de tierra en zonas de obras que afecten captaciones de agua

El evento hace referencia a deslizamientos de tierra dentro del área envolvente de obras, cuyos depósitos pueden llegar a alcanzar cuerpos de agua aledaños; se consideran los usos y usuarios identificados en las cuencas del área de influencia del Proyecto.

En caso de que ocurra un deslizamiento y afecte un cuerpo de agua, podría llegar a presentarse incremento de los sedimentos en dichos cuerpos, generando turbidez en las aguas captadas, llevando contaminantes al agua o en el peor de los casos obstruyendo dichas captaciones, limitando o suspendiendo su operación temporalmente.

- Deslizamientos de tierra en zonas de obras que afecten vías e infraestructura

Este escenario está asociado a la ocurrencia de algún evento de deslizamiento al interior del área del proyecto, afectando las vías e infraestructura localizadas tanto dentro del proyecto, como fuera de él. La ocurrencia de un evento de este tipo puede llegar a

ocasionar cierres parciales o totales en las vías, afectando las dinámicas de la población (en caso de que afecte vías externas) e incluso retrasando o pausando las actividades de construcción u operación del proyecto; en algún caso extremo el evento podría afectar los vehículos y personas en tránsito, llegando a generar lesiones o desencadenando otro evento amenazante.

b. Inundaciones

Una inundación es el desbordamiento de agua sobre áreas que normalmente están secas. Es de anotar que cada año, las inundaciones provocan mayores desastres debido al deterioro progresivo de las cuencas y cauces de los ríos y quebradas por parte del ser humano. El hombre interviene estos cuerpos de agua, bloquea drenajes naturales, limita las ciénagas, incrementa la erosión mediante talas y quemas, y ocupa lugares propensos a inundaciones. Aunque la cantidad de lluvia anual en el país se mantiene aproximadamente igual, los daños causados por las inundaciones aumentan por estas razones. Los perjuicios acumulados anualmente por estos fenómenos las convierten en una de las calamidades que generan más pérdidas y deterioro social (UNGRD, 2025).

Respecto al área de influencia abiótica del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se identifica que el nivel de amenaza ante inundaciones sobre las márgenes de los principales cuerpos de agua ubicados en la zona (El Banco, San Antonio, Guacas, Cauce 5, Cauce 6, Cauce 8, La María, El Torito, Cauce 9, Cauce 10 y La Palestina), varía entre Alto a Bajo conforme el flujo se aleja de la fuente hídrica -ver Figura 10.1.3.23-. Así mismo, dentro de este proceso evaluativo se establece que la población de Providencia como principal comunidad que se encuentra en riesgo de verse afectada por este tipo de eventos, pudiéndose valorar sobre su centro urbano amenazas que oscilan entre alto y bajo -ver Figura 10.1.3.24-. En términos generales los resultados que fueron obtenidos para la zona de análisis se exponen en la Tabla 10.1.3.33.

Tabla 10.1.3.33 Resultados obtenidos de la zonificación de la amenaza por inundación sobre el área de influencia abiótica del proyecto

Categoría	Rango (Profundidad x Velocidad -m ² /s-)	Área afectada (m ²)	Área afectada (Ha)	Área de influencia abiótica afectada (%)
Baja	<0,2	429.407	42,94	1,72%
Media	0,2-0,5	430.936	43,09	1,73%
Alta	0,5-1,5	713.610	71,36	2,86%
Muy Alta	1,5-2,5	214.009	21,40	0,86%
Extrema	>2,5	783.104	78,31	3,14%
Total		2'571.067	257,11	10,30%

Fuente: Integral S.A., 2025

Finalmente, se debe mencionar que esta caracterización fue realizada mediante modelaciones hidráulicas, tomando como base la información topográfica que se encuentra disponible para el proyecto y asumiendo un escenario hidrológico que se asocia al tránsito de crecientes naturales con periodo de retorno de 100 años. De igual forma, se aclara que la categorización de la amenaza se realizó tomando los siguientes umbrales: Bajo, Medio, Alto, Muy Alto y Extremo; los cuales corresponden a los establecidos en las guías del Department of Environmental and Climate Change NWS, FEMA, y el U.S. Bureau of

Reclamation. Dicho esto, en la Tabla 10.1.3.34 se presenta la parametrización que fue utilizada para estimar el nivel de amenaza por inundación.

Tabla 10.1.3.34 Niveles de amenaza por inundación según la FEMA

Categoría	Rango (Profundidad x Velocidad -m ² /s-)	Convención
Baja	<0,2	
Media	0,2-0,5	
Alta	0,5-1,5	
Muy Alta	1,5-2,5	
Extrema	>2,5	

Fuente: modificado de FEMA (2013)

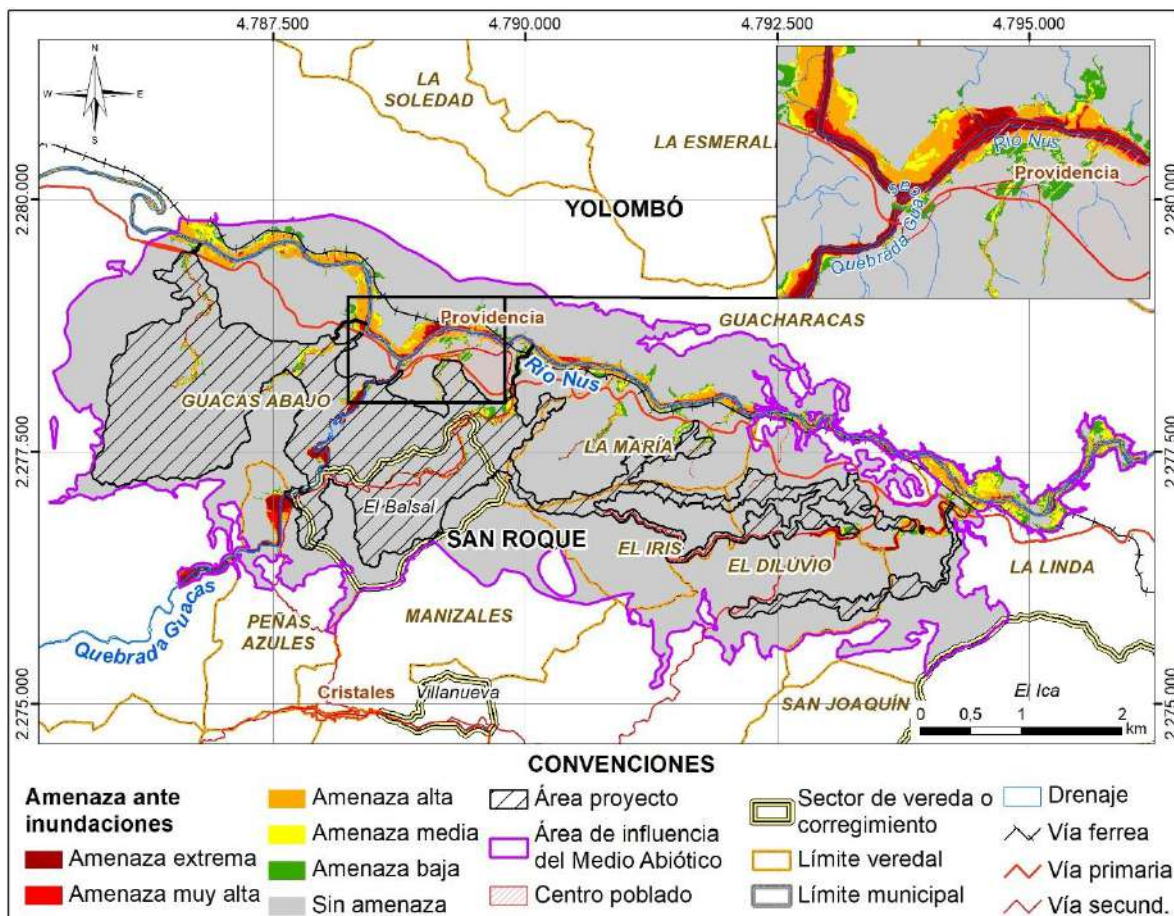


Figura 10.1.3.23 Amenaza ante inundaciones sobre el área de influencia abiótica

Fuente: Integral S.A., 2025

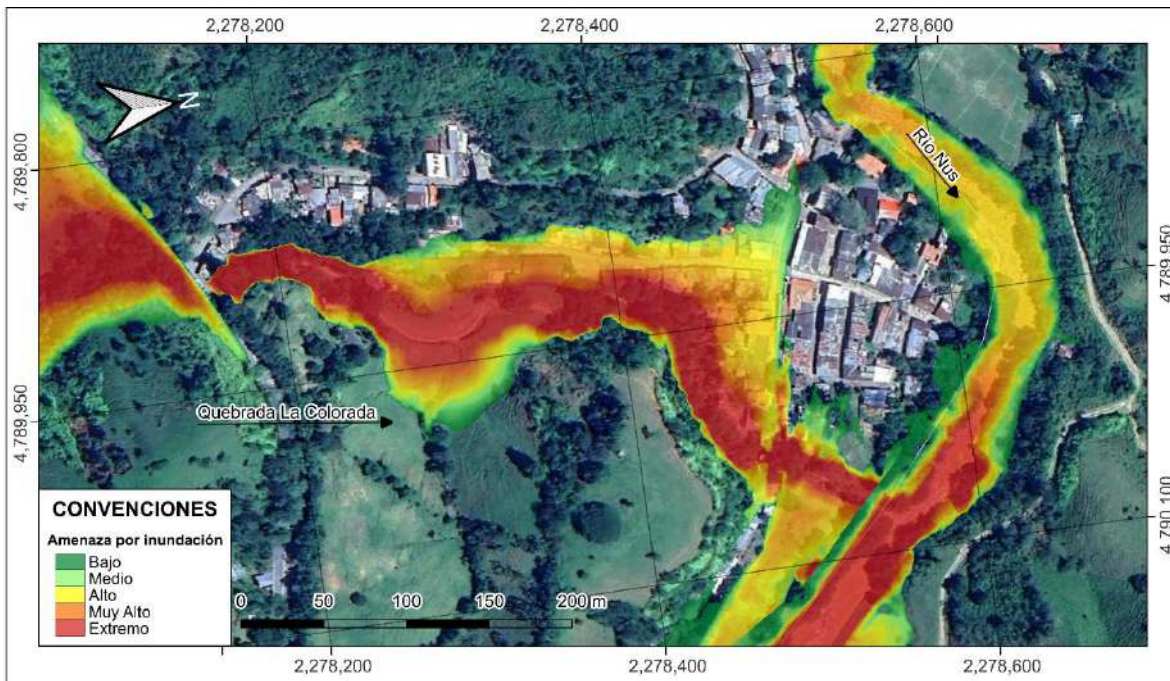


Figura 10.1.3.24 Detalle de la amenaza ante inundaciones sobre la población de Providencia

Fuente: Integral S.A., 2025

I. Escenarios de riesgo asociados a la amenaza ante inundaciones

i. Rotura de presas de sedimentación con afectación a terceros

- Presa del sedimentador La Colorada

Considerando las características geométricas de la presa del sedimentador La Colorada y los materiales que la componen, fueron considerados para el presente análisis los siguientes modos de colapso estructural: (1) Falla por erosión interna de la presa – tubificación -, (2) Falla ocasionada por el rebose de niveles ante un escenario hidrológico extremo – Overtopping -, y (3) Falla por agrietamientos o deformaciones excesivas en el cuerpo principal del dique.

Se debe aclarar respecto al escenario que considera la configuración de un posible overtopping ante lluvias intensas, que las valoraciones hidrológicas e hidráulicas indican que este hecho solo puede producirse bajo dos condiciones simultáneas: (A) Inoperancia del vertedero del sedimentador, y (B) Ocurrencia de un evento que aporte cerca de 717.000 m³. Se destaca que este estimativo se deriva de analizar la curva cota-volumen del embalse asumiendo un estado de colmatación avanzado (ver detalles en Anexo_PGR_I-I-10719-ROMPPRESACOLORADA-00-V).

Para cuantificar la probabilidad y el tipo de creciente que se asocia a las condiciones volumétricas antes expuestas, se retoman los tránsitos hidráulicos que fueron efectuados

durante la etapa de diseño del sedimentador (ver documento I-I-0010734-SC-HI-Informe_de_diseño-R00). Se resalta que de forma particular fueron adaptados dichos cálculos para considerar el paso de la creciente máxima probable -CMP-, en los que fueron considerados adicionalmente diferentes duraciones de tormenta para valorar sus efectos sobre el reservorio. Este ejercicio reveló que un evento de 24 horas asociado a la CMP puede contener alrededor de 325.000 m³, lo que lleva a concluir que, para alcanzar el nivel más bajo de la vía que cruza sobre el sedimentador se requeriría la ocurrencia de aproximadamente dos (2) eventos máximos de esta naturaleza. En consecuencia, en el árbol de eventos, aquellos detonantes hidrológicos asociados al incremento del embalse hasta niveles extremos asumen la materialización de dos (2) crecientes máximas probables (CMP).

Dicho esto, en la Tabla 10.1.3.35 se expone la cadena de sucesos que se considera debe presentarse para que se materialice un hipotético fallo de presa ante los detonantes que son considerados para el presente estudio: (A) Amenazas Sísmicas -ver literal a Sismos-, (B) Amenazas por eventos hidrológicos extremos, y (C) Amenazas por deficiencias constructivas.

Tabla 10.1.3.35 Árbol de eventos asociado a los diferentes tipos de falla que pueden presentarse sobre el sedimentador La Colorada

Tipo de falla	Cadena de eventos que deben presentarse para detonar un fallo de presa			Probabilidad de ocurrencia individual		Probabilidad de ocurrencia conjunta	
	ID	Descripción	Código	P (%)	Tr (años)	P (%)	Tr (años)
Erosión interna (Tubificación)	A	1. Fallos en la instalación de la geomembrana (HDPE).	CI	0,10%	1.000	0,0001%	1'000.000
		2. Fallos en la conformación del filtro interno de la presa.	CD	0,10%	1.000		
	B	1. Fallos en la instalación de la geomembrana (HDPE).	CI	0,10%	1.000	0,0000000%	1,00E+14
		2. Fallos en la conformación del drenaje interno de la presa.	CD	0,10%	1.000		
		3. Ocurrencia de evento hidrológico que eleve el nivel del embalse a cotas máximas.	CMP	0,0001%	1'000.000		
	Sobrepaso (Overtopping)	A	1. Fallo por sismo de talud que obstruya el vertedero de la presa.	ST	0,21%	475	0,0000000%
2. Ocurrencia de eventos hidrológicos que lleven el nivel del embalse hasta el punto más bajo de la vía (836,53 m.s.n.m.).			CMP	0,0001%	1'000.000		
			CMP	0,0001%	1'000.000		
B		1. Colapso interno del vertedero de la presa por sismo.	SV	0,21%	475	0,0000000%	4,75E+14
		2. Ocurrencia de eventos hidrológicos que lleven el nivel del embalse hasta el punto más bajo de la vía (836,53 m.s.n.m.).	CMP	0,0001%	1'000.000		
			CMP	0,0001%	1'000.000		
C		1. Reconfiguración de la presa por sismo generando obstrucción del vertedero.	SP	0,04%	2.475	0,0000000%	2,48E+15
		2. Ocurrencia de eventos hidrológicos que lleven el nivel del embalse hasta el punto más bajo de la vía (836,53 m.s.n.m.).	CMP	0,0001%	1'000.000		
	CMP		0,0001%	1'000.000			
Agrietamientos o deformación excesiva	A	1. Ocurrencia del sismo de diseño de la presa.	SP	0,04%	2.475	0,0000000%	2,48E+15
		2. Ocurrencia de eventos hidrológicos que lleven al embalse hasta niveles máximos (Cota ref.: 836,53 m.s.n.m.).	CMP	0,0001%	1'000.000		
			CMP	0,0001%	1'000.000		
	B	1. Presencia de fallos constructivos graves en la presa.	CP	0,10%	1.000	0,0000000%	4,75E+17
		2. Fallo por sismo de talud que obstruya el vertedero de la presa.	ST	0,21%	475		
		3. Ocurrencia de eventos hidrológicos que lleven al embalse hasta niveles máximos (Cota ref.: 836,53 m.s.n.m.).	CMP	0,0001%	1'000.000		
			CMP	0,0001%	1'000.000		

Fuente: Integral S.A., 2025

Al analizar el anterior árbol de eventos, se hace evidente que la forma de colapso más propensa para la presa corresponde a la falla por tubificación o erosión interna. En este sentido se identifica que el caso que presenta mayor susceptibilidad de ocurrencia ($P=0,0001\% \approx Tr=1'000.000$ de años) corresponde a aquel que bajo condiciones hidrológicas medias -ausencia de crecientes máximas-, asume la existencia de posibles deficiencias constructivas relacionadas con la conformación del filtro interno de la presa y la instalación de la geomembrana de polietileno de alta densidad –HDPE–. Dado que este tipo de falla se presenta de forma paulatina durante ventanas de tiempo prolongadas, y que sobre la presa se instalará instrumentación piezométrica para la medición y seguimiento de los niveles y caudales infiltrados, se opta por catalogar esta amenaza como muy baja.

Definida la tubificación como el modo de colapso preferente, se procede a continuación a determinar los posibles caudales pico que pueden generarse durante la rotura de presa. Con este propósito fueron aplicadas las metodologías que sugiere el Cuerpo de Ingenieros Estadounidense (USACE, 2014) para este tipo de fallas. Dichos esquemas corresponden a los propuestos por los siguientes autores y organizaciones: Kirkpatrick (1977), HEC (1980), Soil Conservation Service (1981), Hagen (1982), USBR (1982), MacDonald & Langridge-Monopolis (1984), Singh & Snorrason (1984), Costa (1985), Evans (1986), Froehlich (1995), y Xu & Zhang (2009).

Los resultados obtenidos luego de valorar las anteriores metodologías se exponen en la Tabla 10.1.3.36. Se destaca que la variabilidad observada en los resultados obedece a las condiciones puntuales bajo las cuales cada autor obtuvo su expresión canónica (p. ej. a partir de experimentos a escala en laboratorios, utilizando regresiones mediante observaciones, aplicando estimativos o inferencias indirectas, etc.). Los pormenores asociados al aplicativo de estos esquemas se ilustran en el documento Anexo_PGR_I-I-10719-ROMPPRESACOLORADA-00-V.

Tabla 10.1.3.36 Caudales máximos en m³/s que podrían presentarse ante un eventual fallo por tubificación en la presa del sedimentador La Colorada (varios autores)

Autor	Caudales máximos descartados ante una falla por tubificación
USBR (1982)	248,22
MacDonald & Langridge-Monopolis (1984)	126,33
Froehlich (1995b)	64,91
Xu & Zhang (2009)	25,70
Kirkpatrick (1977)	7,74
Soil Conservation Service (SCS, 1981)	215,73
Hagen (1982)	357,02
Singh & Snorrason (1984)	196,27
Costa (1985)	283,44
Evans (1986)	145,08
HEC (1980)	248,59
Promedio	174,46

Fuente: Integral S.A., 2025

Al observar los datos obtenidos, se evidencia que, según el método seleccionado, pueden estimarse caudales pico que oscilan desde los 7,74 m³/s hasta 357,02 m³/s. En este sentido se opta por asumir el promedio aritmético de todos los métodos (174,46 m³/s) para realizar la subsecuente valoración de los efectos hidráulicos que podrían presentarse hacia aguas abajo del sedimentador (valoración de la amenaza por inundación ante una posible ruptura de presa del sedimentador La Colorada).

Con el anterior propósito fue seleccionado el software HEC-RAS V.6.6, en el que mediante su enfoque unidimensional (1D) se valoró la extensión de la mancha de inundación asociada a este tipo de eventos. Así mismo, para la categorización de la amenaza fueron asumidos los niveles de la FEMA que se expusieron en la Tabla 10.1.3.34 (Bajo, Medio, Alto, Muy Alto y Extremo), los cuales identifican el posible grado de afectación a personas y/o infraestructura con base en la combinación de la profundidad y la velocidad (resultados obtenidos de las simulaciones realizadas).

Bajo este contexto, al analizar y comparar el caudal máximo de rotura que fue caracterizado (174,46 m³/s), se evidencia que este valor corresponde a aproximadamente dos (2) veces el caudal máximo probable que puede presentarse de forma natural sobre la quebrada La Colorada (CMP=83,34 m³/s). Sin embargo, al realizar este comparativo sobre el río Nus, se advierte que esta magnitud se asemeja a la creciente con periodo de retorno de 2,33 años (163,26 m³/s). De igual forma, si se asume la preexistencia de condiciones medias sobre este mismo cuerpo de agua (Q_{med}=20,52 m³/s), se tendría que la creciente resultante en el río Nus tras de producirse la confluencia con la quebrada La Colorada, equivale a la creciente de 5 años de periodo de retorno (Q_{Tr5_Nus}=204,84 m³/s Vs Q_{med}+Q_{Rotura}=194,98 m³/s).

Lo anterior permite inferir que la principal zona de afectación se reduce a la La Colorada y sus zonas aledañas, mientras que para el río Nus se evidencia que solo se presentaría un incremento de niveles y velocidades que es característico del tránsito de una creciente natural de mayor tasa de recurrencia y menor impacto. En este sentido, es previsible que las afectaciones sobre este tramo no serán mayores hasta las ahora observadas para la línea base. Este comportamiento puede ser observado al comparar la extensión de la mancha de inundación para el evento de falla (ver Figura 10.1.3.26) y aquellas asociadas al tránsito de crecientes naturales sobre la línea base del proyecto (ver en Figura 10.1.3.25 Tr de 2,33 años y 100 años).

Así mismo, al valorar los efectos de una hipotética falla de presa del sedimentador La Colorada, se identifica que los habitantes de Providencia que se encuentran ubicados sobre la margen derecha de la quebrada se encuentran potencialmente en riesgo de verse afectados por un evento de estas características (ver Figura 10.1.3.27 y detalle sobre esta comunidad en Figura 10.1.3.28). En este sentido puede estimarse un área de afectación de aproximadamente 12.800 m² sobre una longitud de 250 m (medida en la dirección del cauce). En lo que respecta a la categorización de la amenaza por inundación puede clasificarse dicho sector como de alta potencialidad en la generación de afectaciones a personas y/o infraestructura.

Pese a lo anteriormente descrito, las consecuencias de este escenario pueden limitarse únicamente a daños materiales siempre y cuando el proyecto articule apropiadamente los debidos procedimientos de control y monitoreo de las estructuras de mayor relevancia (p. ej. sedimentadores), con los respectivos planes de alerta temprana y los subsecuentes

esquemas de evacuación que sean establecidos con las comunidades aledañas. Bajo esta premisa el riesgo para la comunidad ante estos eventos puede ser clasificado en un rango medio-bajo. Finalmente, se señala una vez más que los pormenores de los estimativos realizados se encuentran en el documento Anexo_PGR_I-I-10719-ROMPPRESACOLORADA-00-V.

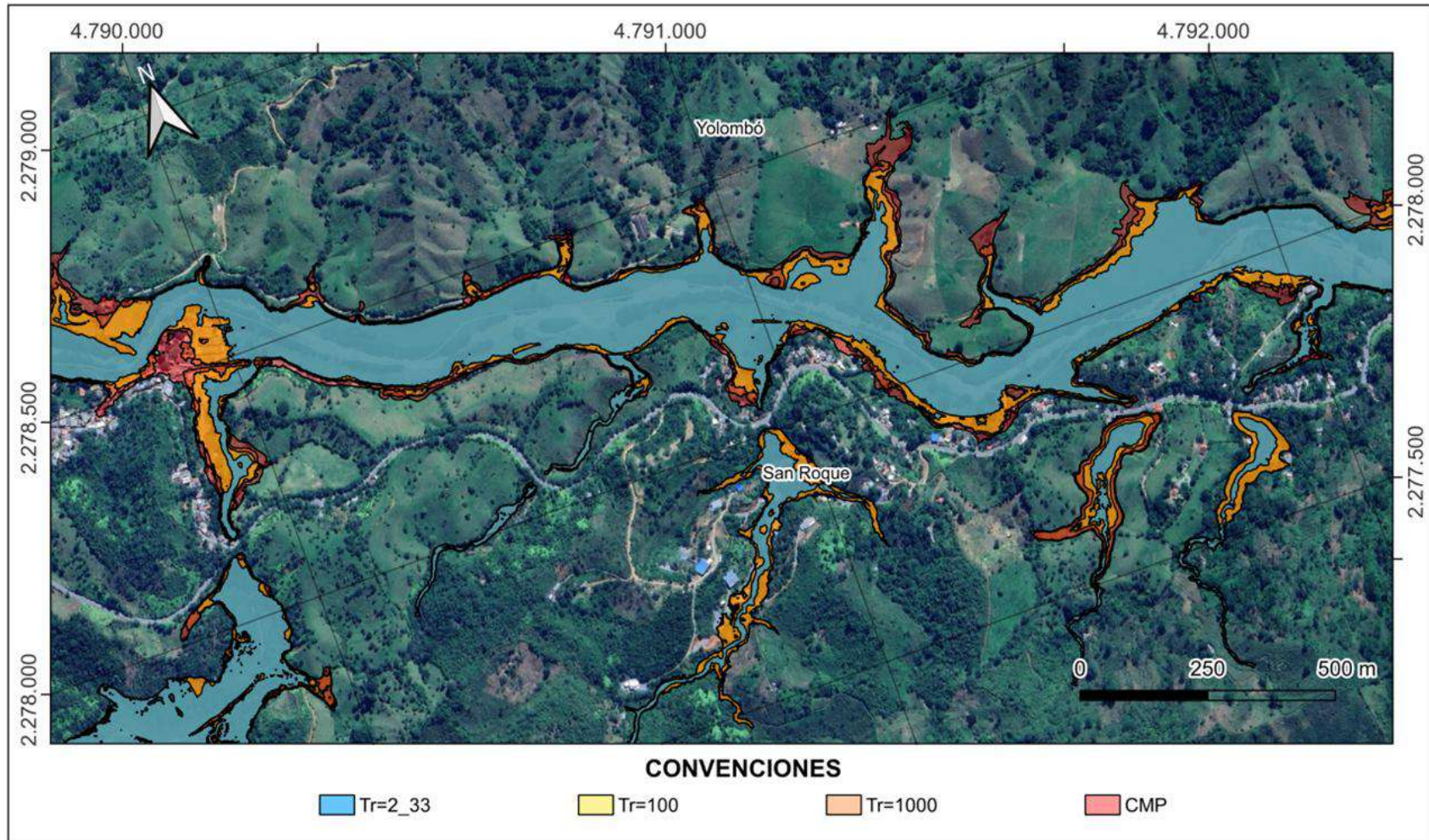


Figura 10.1.3.25 Manchas de inundación valoradas para la línea base del proyecto (Tr=2,33 años, Tr=100 años, Tr=1.000 años y CMP)

Fuente: Integral S.A., 2025

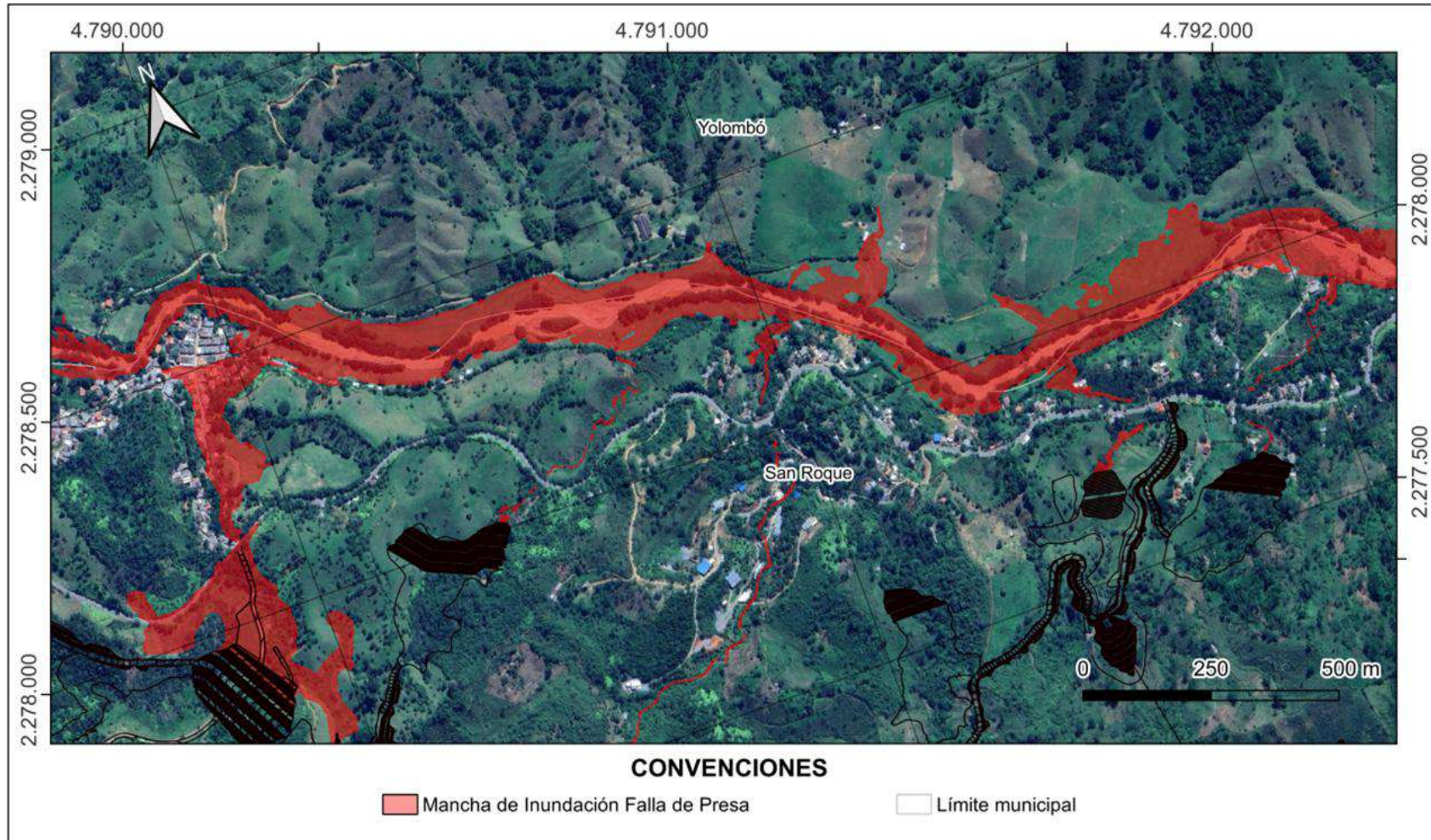


Figura 10.1.3.26 Mancha de inundación para el caso de rompimiento de presa del sedimentador La Colorada

Fuente: Integral S.A., 2025

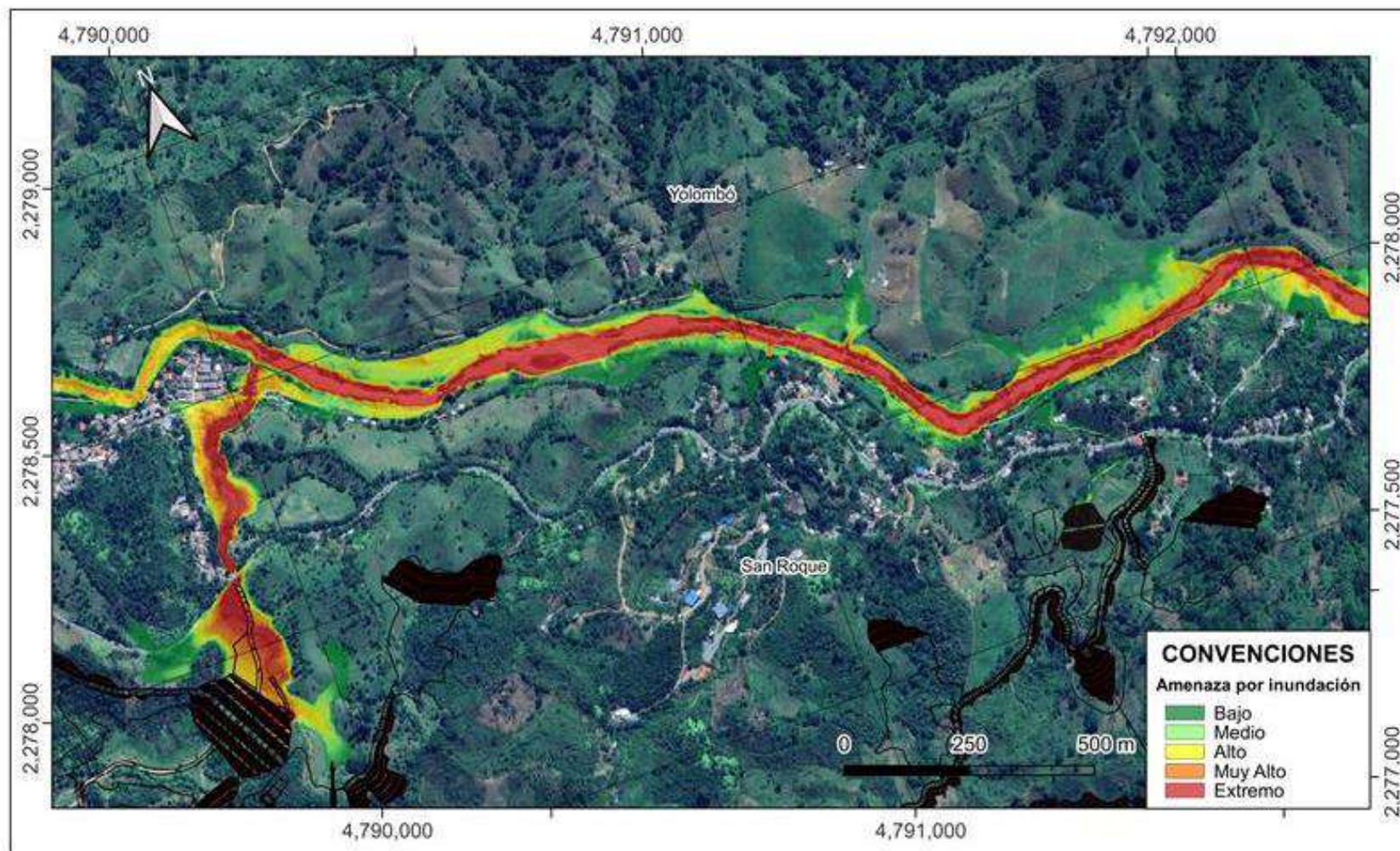


Figura 10.1.3.27 Zonificación de la amenaza por inundación ante el rompimiento de presa del sedimentador La Colorada

Fuente: Integral S.A., 2025

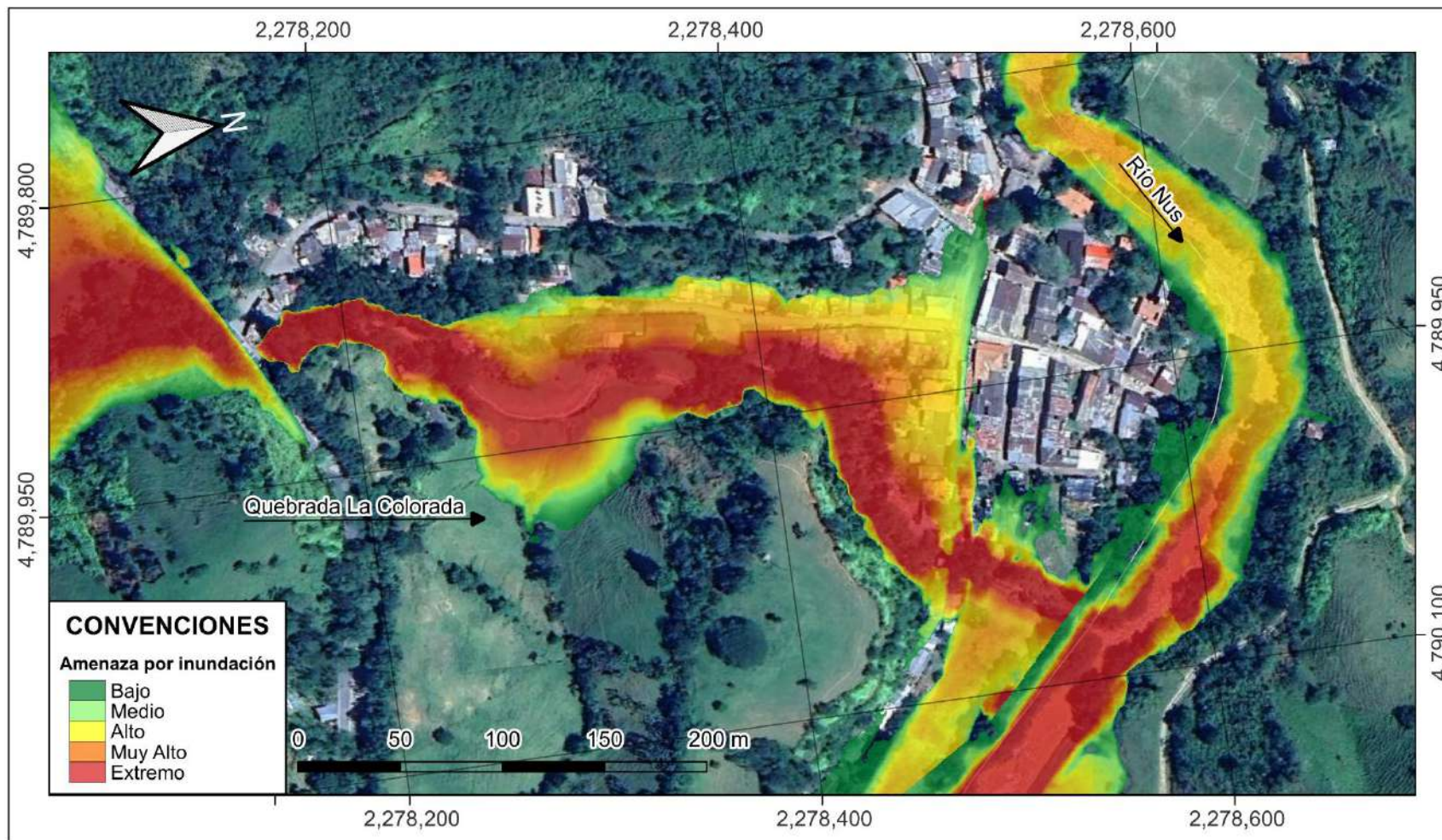


Figura 10.1.3.28 Detalle sobre la población de providencia de la zonificación de la amenaza por inundación ante el rompimiento de presa del sedimentador La Colorada

Fuente: Integral S.A., 2025

- Inundación de zonas de obras en la etapa de construcción (Desviación Q. Guacas)

Es importante destacar que la obra Desviación Q Guacas no hace parte del objeto de modificación de la licencia, por lo cual se conserva el análisis del escenario aprobado en el PGR_01_V1 mediante la resolución 1514 de 2015.

Entre las obras necesarias para la explotación del Tajo Gramalote se encuentra la desviación de la quebrada Guacas en su parte baja, dado que esta interfiere con el desarrollo del proceso de explotación. Dicha obra consiste en una presa de desviación, un túnel de conducción y un canal abierto que conduce el agua hacia la quebrada San Antonio, infraestructura que tendrá una vida útil de máximo 20 años. Luego de este periodo la quebrada Guacas retomará su cauce natural.

Para el diseño del modelo hidráulico se consideraron los parámetros hidrológicos del Río Nus y de algunos de los afluentes que desembocan en él. Con base a la información anterior se obtuvo el caudal medio y caudal máximo con el que se desarrolló el modelo el rompimiento de la presa para diferentes condiciones.

El amortiguamiento generado desde el sitio de la presa hasta su empalme con el río Nus es del orden del 14 %, y la hidrógrafa del evento en este punto presenta un caudal pico de 1.750 m³/s. En términos de extensión, el evento de rompimiento de la presa del desvío genera una afectación visible de hasta 5 km aguas arriba del punto de empalme de la quebrada Guacas y el río Nus, provocando un retroceso temporal de la dirección del flujo del río y un rápido desembalse de la zona, mientras que aguas abajo tiene una extensión similar a la modelada en la creciente máxima probable del río Nus, la cual si bien tiene un caudal pico inferior, es compensada por un mayor volumen y duración de la misma, haciendo ambos eventos comparables en términos hidráulicos.

Los niveles encontrados en el río Nus luego del evento hidráulico presentan incrementos nominales que varían entre 3 y 8 m con respecto al caudal medio del río, y entre 1 y 6 m respecto a la creciente natural de 2,33 años de período de retorno. Las velocidades promedio estimadas en el evento presentan variaciones entre 0,5 y 4 m/s. Estas condiciones son equivalentes a las estimadas para la creciente máxima probable del río Nus, la cual tiene un caudal pico aproximado de 1.200 m³/s (ver capítulo de análisis de resultados en documento denominado como: Anexo_PGR_Analisis_Rotura_Presa_DesvGuacas).

c. Avenidas torrenciales

Las avenidas torrenciales consisten en un flujo rápido de detritos saturados que transcurre confinado a lo largo de un cauce con pendiente pronunciada. Son uno de los fenómenos más peligrosos debido a sus características de corriente súbita, alta velocidad y grandes distancias de recorrido (UNGRD, 2017). Las avenidas torrenciales son flujos formados por una mezcla de sedimentos y agua en diferentes proporciones, que se desplazan a lo largo de un cauce, generalmente a grandes velocidades. Son fenómenos originados por lluvias intensas, de corta duración y de naturaleza convectiva, que ocurren en cuencas normalmente pequeñas donde el proceso prevalente de escorrentía es superficial y donde prima las altas pendientes (Borga, Stoffel, Marchi, Marra, & Jakob, 2014).

La existencia de eventos asociados con avenidas torrenciales marca el valor de existencia de esta y describe zonas susceptibles a presentar una avenida torrencial ya que han

ocurrido dentro de la cuenca. La consolidación de esta información se realiza a partir de la revisión de fuentes secundarias y primarias en las que se describe su ubicación por asociación a proximidad de puntos o zonas de referencia. Permite identificar zonas de susceptibilidad por ocurrencia de eventos como complemento a las zonas de susceptibilidad por geomorfología e índices de torrencialidad para definir la zonificación definitiva de áreas susceptibles.

Cabe destacar que en el área de influencia abiótica de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote no se observaron eventos de avenidas torrenciales durante las visitas de campo. Además, no se encontraron registros previos que indiquen la presencia de este tipo de fenómeno, por lo cual la zona presenta una calificación muy baja respecto a este parámetro.

Con base en los valores del índice de Meltón, el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET), las zonas geomorfológicas y la presencia de eventos torrenciales, se categoriza en general a todas las cuencas presentes que componen el área de influencia, asignándole una ponderación igual a cada una de las variables equivalentes al 25% de importancia.

En la Figura 10.1.3.29 se muestra el mapa de susceptibilidad por Avenidas Torrenciales, donde se evidencia una susceptibilidad baja.

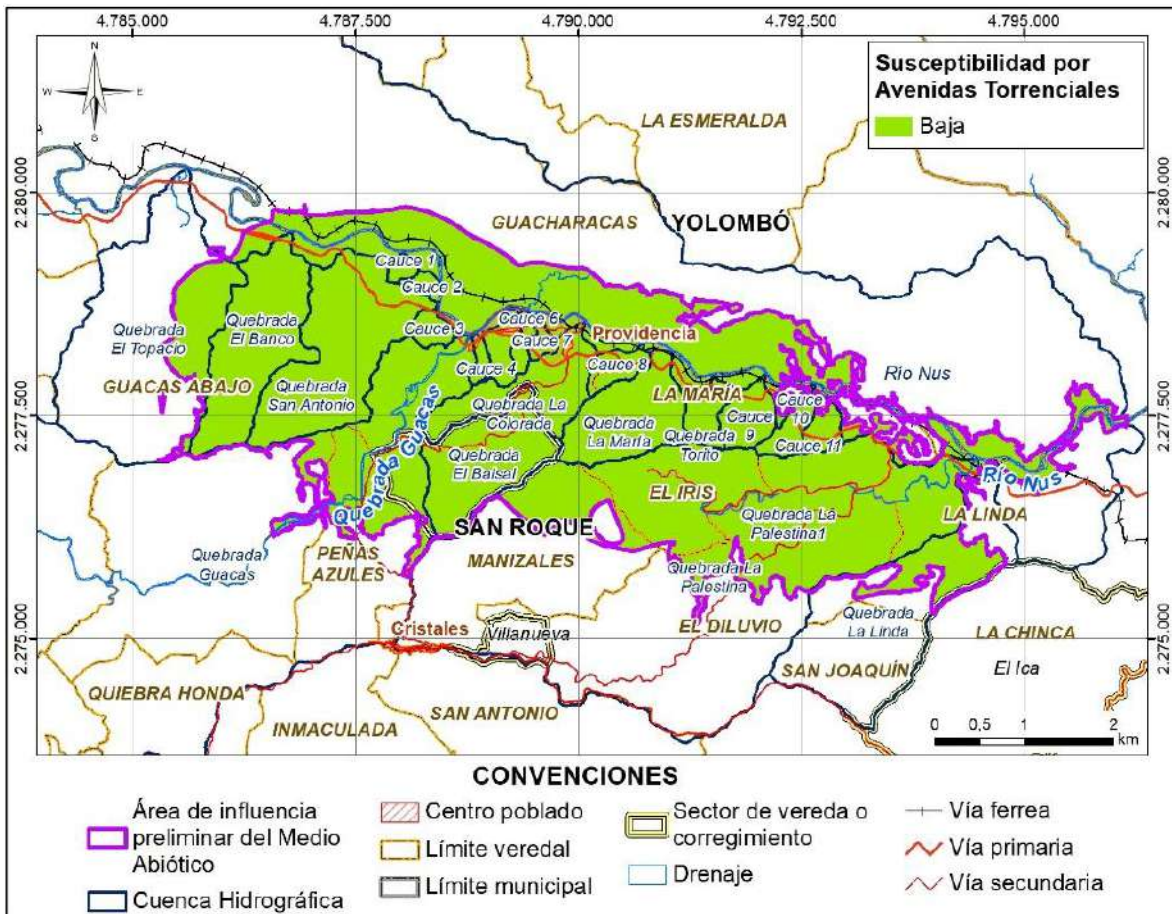


Figura 10.1.3.29 Mapa de susceptibilidad por Avenidas Torrenciales

Fuente: Integral S.A., 2025

Para caracterizar la amenaza por avenidas torrenciales se utilizó la metodología propuesta en el documento “Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimientos en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de San Roque” de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro – Nare (CORNARE, 2012).

De acuerdo con el estudio mencionado, se consideran como variables de análisis los siguientes parámetros: (A) Clasificación morfométrica, (B) Precipitación, (C) Coberturas vegetales, (D) Geomorfología y (E) Material superficial. En Figura 10.1.3.30 se presenta un diagrama de flujo donde se describe grosso modo los pasos a seguir para la estimación de la amenaza ante avenidas torrenciales.

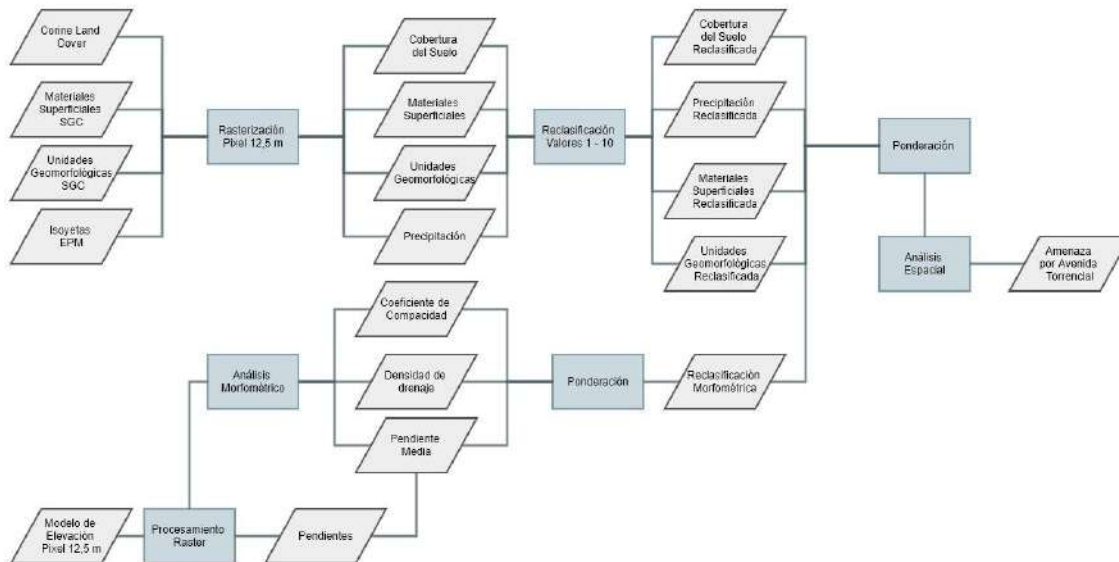


Figura 10.1.3.30 Metodología para el análisis de la amenaza por avenidas torrenciales

Fuente: Integral S.A., 2025

Con base en el proceso anteriormente ilustrado, para la construcción del mapa de amenaza fue necesario realizar una clasificación inicial y una posterior reclasificación de variables, para lo cual se utilizan los factores, índices y categorías que se exponen desde la Tabla 10.1.3.37 hasta la Tabla 10.1.3.44.

Tabla 10.1.3.37 Ponderación de factores de la clasificación morfométrica

Parámetro	Ponderación
Coeficiente de compacidad (KC)	25 %
Densidad de drenaje (DD)	25 %
Pendiente media de la cuenca (PM)	50 %

Fuente: CORNARE, 2012

Tabla 10.1.3.38 Asignación del índice de compacidad

Calificación	2	4	6	8	10
Intervalo	<1,36	1,361 - 1,467	1,468 - 1,846	1,847 - 2,39	>2,39

Fuente: Modificado CORNARE (2012)

Tabla 10.1.3.39 Reclasificación de la densidad de drenaje

Calificación	2	4	6	8	10
Intervalo	<8,4	8,4 – 14,2	14,2 – 20,0	20,0 – 25,8	>25,8

Fuente: Modificado CORNARE (2012)

Tabla 10.1.3.40 Reclasificación de pendientes medias

Valor Pendiente media (%)	Calificación
0 – 9	1
9 - 18	2
18 - 22	3
22 - 27	4
27 - 32	5
32 - 36	6
36 - 47	7
47 - 58	8
58 - 77	9
>76	10

Fuente: Modificado CORNARE (2012)

Tabla 10.1.3.41 Clasificación de la cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Calificación
Bosque de galería y/o ripario - Bosque denso alto - Bosque fragmentado con pastos y cultivos - Bosque fragmentado con vegetación secundaria - Ríos (50 m) - Lagunas, Lagos y ciénagas naturales	1
Vegetación secundaria alta - Vegetación secundaria baja	2
Instalaciones recreativas - Red vial y territorios asociados - Tejido urbano continuo - Tejido urbano discontinuo - Zonas de extracción minera - Zonas industriales o comerciales- Aeropuerto	3
Mosaico de cultivos	4
-	5
Pastos arbolados - Pastos enmalezados - Pastos limpios	6
-	7
Tierras desnudas y degradadas - Zonas arenosas naturales	8
-	9
-	10

Fuente: Modificado CORNARE (2012)

Tabla 10.1.3.42 Clasificación de la geomorfología

Unidad Geomorfológica local	Calificación
-	1
Explotación minera, Planos y campos de llenos antrópicos, Superficies de explanación	2
-	3
Cauce aluvial, Planicie aluvial confinada, Plano o Llanura de inundación	4
Escarpe de erosión mayor, Lomo denudado moderado de longitud media, lomo de falla	5
Colina residual, lomos denudados, Montículos y ondulaciones denudacionales, Ladera erosiva	6
Lomeríos poco disectados	7
Colina residual muy disectada, Lomeríos muy disectados	8
-	9

Unidad Geomorfológica local	Calificación
Cono o lóbulo coluvial y de soliflucción, Cono o lóbulo de flujo de lodo y tierra, Cono de deyección	10

Fuente: Modificado CORNARE (2012)

Tabla 10.1.3.43 Clasificación del material superficial

Material superficial	Calificación
-	1
Llenos Antrópicos	2
Roca poco meteorizada del Batolito Antioqueño	3
Depósitos aluviales	4
-	5
Suelo residual del Batolito Antioqueño	6
-	7
-	8
-	9
Depósitos coluviales, depósitos de flujo	10

Fuente: Modificado CORNARE (2012)

Tabla 10.1.3.44 Clasificación de la precipitación

Valor de la precipitación (mm)	Calificación
1.939,9 – 2.163,8	1
2.163,8 – 2.387,7	2
2.387,7 – 2.611,7	3
2.611,7 - 2.835,6	4
2.835,6 - 3.059,6	5
3.059,6 - 3.283,5	6
3.283,5 - 3.507,4	7
3.507,4 - 3.731,4	8
3.731,4 - 3.955,3	9
3.955,3 - 4.179,3	10

Fuente: Modificado CORNARE (2012)

Es de aclarar siguiendo la guía metodológica de CORNARE, los mapas temáticos que son obtenidos se ponderan finalmente con los factores que son presentados en la Tabla 10.1.3.45. Así mismo, se realiza la categorización de la amenaza por avenidas torrenciales haciendo uso de los rangos que son presentados en la Tabla 10.1.3.46.

Tabla 10.1.3.45 Ponderación de factores de susceptibilidad por avenidas torrenciales

Factor	Peso factor (%)
Clasificación morfométrica	30
Geomorfología (unidades geomorfológicas)	20
Precipitación	20
Materiales superficiales	15
Cobertura vegetal	15

Fuente: CORNARE, 2012

Tabla 10.1.3.46 Asignación del índice de amenaza por avenida torrencial

Calificación	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Intervalo	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10

Fuente: Modificado CORNARE (2012)

Los resultados obtenidos para la clasificación de la amenaza ante eventos de torrencialidad sobre el área de influencia se presentan en la Figura 10.1.3.31. De forma general, después de realizar los respectivos estimativos, se concluye que las zonas que pueden ser más propensas ante este tipo de fenómenos son los depósitos aluviales, coluviales y de flujo, las cuales están asociados principalmente a los cauces. Así mismo, se puede inferir que gran porcentaje del área de influencia se encuentra clasificado en un rango de amenaza que oscila entre medio y bajo.

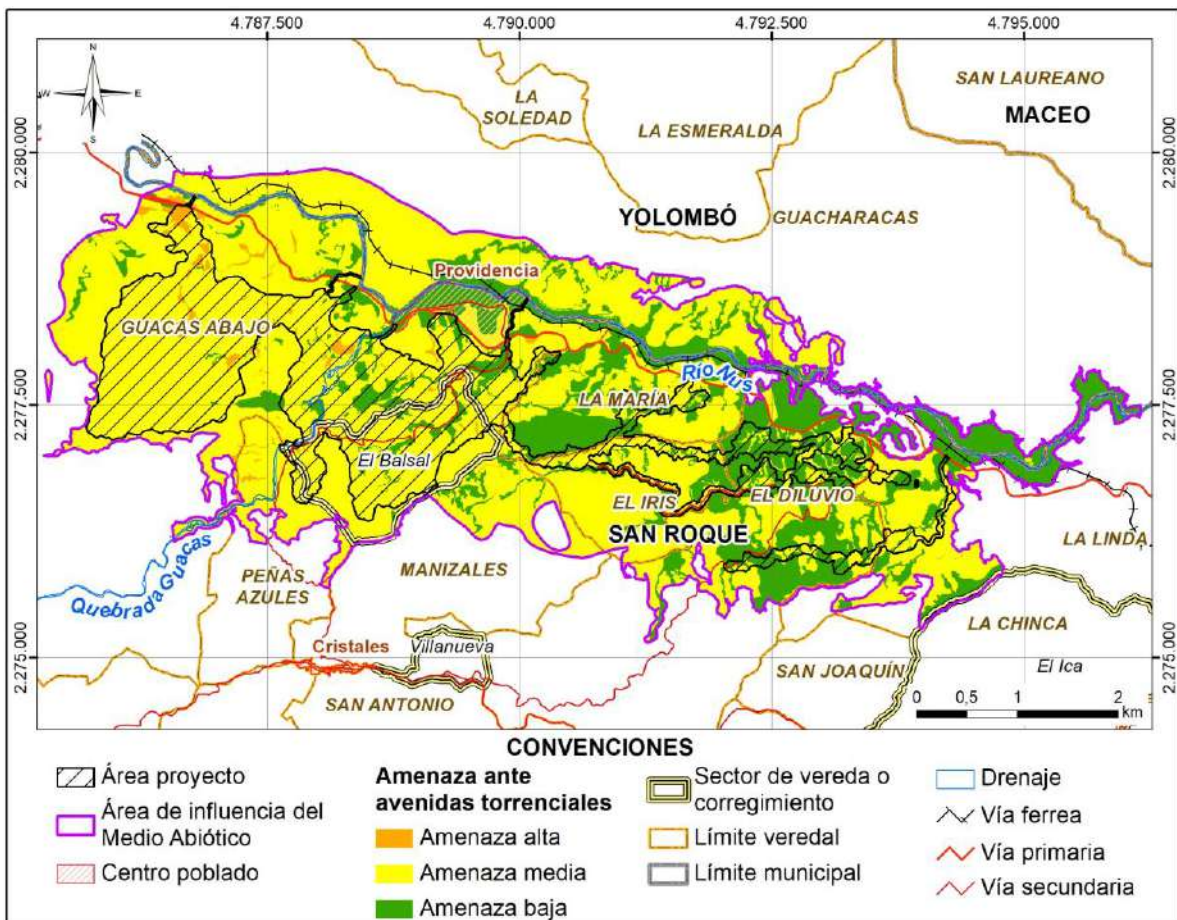


Figura 10.1.3.31 Categorización de la amenaza por avenidas torrenciales en la zona de estudio

Fuente: Integral S.A., 2025

I. Escenarios de riesgo asociados a la amenaza ante avenidas torrenciales

i. Daños en las instalaciones por la ocurrencia de una avenida torrencial

La metodología aplicada permitió realizar una ponderación de cinco mapas. El primero asociado a la morfometría de la zona, donde se ven involucrados el coeficiente de compacidad (factor de forma de una cuenca), la densidad de drenaje y las pendientes medias de la zona. El segundo mapa está asociado a la precipitación media total multianual de la zona. El tercer mapa corresponde a las coberturas vegetales, en el cual se observa que zonas pueden ser más propensas a un evento de movimiento en masa. El cuarto mapa hace referencia a las unidades geológicas o materiales superficiales de la zona, este al igual que el anterior analiza que zonas pueden ser más propensas a un evento de movimiento en masa. El quinto corresponde al mapa de unidades geomorfológicas o también llamado relieve regional, ya que como se mencionó a lo largo del informe, este fenómeno está asociada a las zonas montañosas.

De la ponderación de los mapas se puede ver que el riesgo de una avenida torrencial es la combinación de zonas de altas pendientes con una geología superficial erosionable, y altas precipitaciones, por lo cual, las avenidas torrenciales de tal magnitud que alcancen la infraestructura del proyecto, llegando a generar daños en las instalaciones e incluso durante la etapa operación del proyecto, se consideran poco probables, dado que a pesar de que la parte alta de las cuencas donde las pendientes son altas pueden estar amenazadas por avenidas torrenciales las infraestructuras fueron diseñadas para resistir el paso de estos flujos.

d. Incendios forestales

Los Incendios forestales pueden ser considerados como perturbaciones ecológicas de efectos discretos o difusos, graves o destructivos, producidos por fuego de origen natural o antrópico, cuya dinámica responde fundamentalmente a la concurrencia simultánea de tres o más condiciones en un mismo sitio (tipo de vegetación, cantidad de combustible, oxígeno, condiciones meteorológicas, topografía, actividades humanas, entre otras) los cuales se desarrollan sin control ni límites preestablecidos sobre terrenos con alguna clase de cobertura vegetal (nativa, cultivada o inducida), utilizando como fuente de combustible la vegetación viva o muerta y, por el riesgo que representa para los sistemas naturales o sociales, deben prevenirse y extinguirse (Pascual, Toro, Alonso, Rivas, & Rocha, 2011).

Son amenazas recurrentes en entornos naturales, cuyo origen generalmente es producto de acciones antrópicas. Estos, además de poner en riesgo a las personas y causar grandes impactos económicos, pueden afectar gravemente la biodiversidad de una zona; generar erosión de suelos, severos procesos de desertificación, merma de recursos hídricos, colmatación de embalses e inundaciones, entre otros. Para la Comisión Distrital para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales – CDPMIF un incendio forestal se define como: “Un fenómeno natural o inducido, que se produce cuando un cuerpo combustible recibe calor en presencia de aire, si el fuego se propaga sin control (sin límites preestablecidos) consumiendo material vegetal ubicado en áreas rurales de aptitud forestal

o, en aquellas que, sin serlo, cumplen una función ambiental y cuyo tamaño es superior a 0.5 hectáreas, hablamos de incendio forestal” (CDPMIF, 2019)

La determinación de la amenaza por incendios forestales se realizó a partir de una metodología modificada, la cual siguió conceptualmente el Protocolo para la realización de mapa de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal generado por el IDEAM. A partir de lo anterior, la evaluación de la amenaza se realizó a partir de la zonificación y calificación de los siguientes factores propios del área geográfica, los cuales determinan la probabilidad de que sea afectada por un incendio forestal:

Susceptibilidad de la cobertura vegetal a los incendios: se analiza mediante la identificación y valoración de la condición pirogénica de la vegetación. Esta condición pirogénica se evalúa a través de un modelo de combustibles que posee los siguientes factores.

- Tipo de combustible vegetal predominante para bioma y ecosistema: tipo de cobertura vegetal y biotipo dominante.
- Duración del tipo de combustible dominante: duración en horas de cada tipo de combustible, definidos en horas de ignición. Carga de combustibles: caracterización cualitativa dependiente de la correlación de la altura en metros, cobertura en valores porcentuales, biomasa aérea en Ton/ha y humedad media de la vegetación obtenida a través de una distribución cualitativa de los rangos obtenidos a partir del índice de vegetación NDII. Este último nivel define el modelo de combustible para una determinada unidad de vegetación.

Factores Climáticos: El clima es uno de los factores de fundamental importancia en la generación y la propagación de los incendios forestales ya que determina la duración y la severidad de las estaciones secas y calurosas en un área geográfica determinada, lo cual influye directamente sobre la humedad y la cantidad de combustible presente, ya que la humedad hace que la vegetación sea más o menos resistente a la afectación del fuego, lo que conlleva a que exista una mayor disponibilidad de combustible de fácil ignición y con mayor probabilidad de ser afectado por el fuego, razones que posicionan las condiciones climáticas como factor de utilización indispensable para la evaluación de la amenaza.

Factores Relieve: La propagación del fuego aumenta con el ángulo que ofrece la superficie, la propagación a favor de la pendiente es rápida y peligrosa. Los incendios no ocurren al azar, sino que son más frecuentes en ciertas posiciones topográficas. Con el propósito de incorporar este factor en la evaluación de la amenaza, es pertinente elaborar un mapa de pendientes a partir de la elaboración de un modelo digital del terreno.

Factores históricos: A partir de la información contenida en los partes de incendios acaecidos durante un determinado periodo de tiempo (recomendable de 10 a más años), se realiza el análisis a través del índice de frecuencia de incendios forestales, el cual refleja la frecuencia de eventos, referido al área. Para este análisis se utilizó el histórico de pintos calientes del IDEAM.

Factores de accesibilidad: Expresada como la densidad vial, este factor se considera parte de la amenaza, debido a que es fundamental en la generación de la probabilidad de que la población pueda llegar a las áreas forestales y generar focos de incendio.

A continuación, en la Figura 10.1.3.32, se presenta la relación de cada uno de los factores descritos anteriormente y su relación para la obtención de la amenaza del área de influencia abiótica.



Figura 10.1.3.32 Esquema metodológico para la determinación de la susceptibilidad de incendios forestales

Fuente: Integral S.A., 2025

Es fundamental destacar que el marco metodológico conceptual empleado se basa en un análisis integrado de variables tanto cuantitativas como cualitativas que afectan la propagación de incendios forestales, lo que convierte esta metodología en un enfoque de tipo heurístico.

A partir de la definición del área mínima cartografiada y utilizando los insumos y evaluando cada una de las variables acorde con el detalle que esta escala permite. Cada variable se asigna un valor ponderado de acuerdo con el grado de incidencia que pueda poseer según la escala utilizada. Se aclara que, aunque en la metodología se recomienda una ponderación específica, estos valores se ajustan de acuerdo con la experiencia y el conocimiento del equipo de trabajo en el área de influencia del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, por dichas razones en algunos casos las delimitaciones de coberturas, pendientes y otras capas empleadas en dicho análisis no corresponderán de manera exacta con los límites definidos en la información primaria dadas, las excepciones cartográficas y de escala mencionadas con anterioridad. Utilizando herramientas de modelamiento espacial del software ArcGIS, se realizan las diferentes operaciones que permiten obtener la zonificación de amenaza por incendios de cobertura vegetal, desarrollada como se expresa a continuación:

- Susceptibilidad de la cobertura vegetal a los incendios

La evaluación de la susceptibilidad y el peligro de incendios forestales en el área de influencia del proyecto se fundamenta en las características de las unidades de cobertura vegetal presentes, las cuales determinan la propensión de estas a incendiarse y la magnitud de los posibles daños. Este análisis se realiza considerando factores externos, ya sean naturales o antrópicos, que pueden iniciar o favorecer la propagación del fuego.

La clasificación de la susceptibilidad de la vegetación se basa en el análisis de las características pirogénicas de los combustibles presentes, empleando el modelo de combustibles desarrollado por Páramo (2007). Este modelo permite identificar y calificar

los factores clave que influyen en la capacidad de la vegetación para iniciar, propagar y mantener el fuego. Entre los principales factores se destacan: el tipo de combustible predominante en cada cobertura vegetal, el tiempo que los combustibles permanecen encendidos (duración del combustible) y la cantidad de biomasa disponible para ser consumida por el fuego (carga total del combustible).

El procedimiento empleado para determinar la susceptibilidad de la vegetación a los incendios forestales incluye varios pasos. Primero, se identifican las coberturas vegetales y sus características pirogénicas, clasificando los materiales combustibles presentes en cada unidad de cobertura. Posteriormente, se califican los factores de susceptibilidad asignando valores ponderados según su importancia en la propagación y sostenibilidad del fuego. Estos datos son integrados mediante herramientas de análisis espacial para generar mapas temáticos que reflejan los niveles de susceptibilidad y su distribución geográfica. Finalmente, a través del modelamiento y la zonificación, se obtienen mapas que permiten identificar las áreas con mayor probabilidad de ser afectadas por incendios forestales.

- Generación del mapa de tipo de combustible

La susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales está estrechamente vinculada con el tipo de combustible vegetal predominante por bioma y ecosistema, considerando el tipo de cobertura vegetal y el biotipo dominante. Esto abarca la vegetación disponible para arder, que depende de varios factores. Entre ellos, destaca la cantidad total de biomasa distribuida en los tres estratos vegetales básicos (herbáceo, arbustivo y arbóreo), así como la humedad de la vegetación, que está directamente relacionada con la humedad ambiental. Además, la inflamabilidad y combustibilidad de la vegetación, variables que determinan la facilidad con la que esta puede encenderse y arder, varían según las especies presentes en cada ecosistema.

Para la evaluación, se parte del análisis de un mapa de cobertura vegetal, mediante el cual se realiza una reclasificación interpretando los tipos de cobertura según los combustibles dominantes. Cada tipo de cobertura recibe un valor de calificación que refleja su susceptibilidad, basado en los criterios establecidos en las Tabla 10.1.3.47 y Tabla 10.1.3.48. Este proceso permite ajustar el análisis a casos específicos y constituye un elemento fundamental dentro del protocolo metodológico.

Tabla 10.1.3.47 Tipo de combustible predominante según la cobertura

Tipo de cobertura (Corine Land Cover nivel 3)	Tipo de combustible predominante
2.3.1 Pastos limpios	Pastos
2.3.3 Pastos enmalezados	Pastos/hierbas
2.4.1. Mosaico de cultivos	Hierbas
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Pastos/hierbas
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Pastos/hierbas/arbustos/árboles
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Pastos/hierbas/arbustos/árboles
3.1.1. Bosque denso	Árboles
3.1.2. Bosque abierto	Arboles/arbustos
3.1.3. Bosque fragmentado	Árboles/arbustos/hierbas
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Árboles/arbustos
3.2.1. Herbazal	Hierbas
3.2.2. Arbustal	Arbustos

Tipo de cobertura (Corine Land Cover nivel 3)	Tipo de combustible predominante
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles
4.1.1. Zonas pantanosas	Hierbas
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles

Fuente: IDEAM, 2015

Tabla 10.1.3.48 Categoría de amenaza por tipo de combustible

Tipo de combustibles	Categoría de amenaza	Calificación
No combustible	Sin riesgo	0
Árboles	Muy baja	1
Árboles/arbustos	Baja	2
Arbustos	Moderada	3
Arbustos/Hierbas – árboles/hierbas – pastos/hierbas/arbustos/árboles	Moderada	3
Hierbas/ cultivos herbáceos	Alta	4
Hierbas – Pastos	Muy alta	5
Pastos – zonas verdes urbanas	Muy alta	5
Sin información	Sin información	6

Fuente: IDEAM, 2015

A partir de la Tabla 10.1.3.48 se seleccionó la cobertura para la generación del mapa de tipo de combustible presente en el área de influencia abiótica de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote el cual se muestra a continuación en la Tabla 10.1.3.49.

Tabla 10.1.3.49 Tipo de combustible predominante según la cobertura en el AI abiótica

Cobertura	Tipo de combustible predominante
1.2.4 Aeropuerto	No combustibles
3.1.4 Bosque de galería y/o ripario	Árboles/arbustos
3.1.1 Bosque denso alto	Árboles
3.1.3 Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Árboles/arbustos/hierbas
2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos - Caña	Hierbas
1.4.2 Instalaciones recreativa	Pastos
5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.1 Mosaico de cultivos	Hierbas
2.3.2 Pastos arbolados	Árboles/arbustos/hierbas
2.3.3 Pastos enmalezados	Pastos/hierbas
2.3.1 Pastos limpios	Pastos
1.2.2 Red vial y territorios asociados	No combustibles
5.1.1 Ríos	No combustibles
1.1.1 Tejido urbano continuo	No combustibles
1.1.2 Tejido urbano discontinuo	No combustibles
3.3.3 Tierras desnudas y degradadas	No combustibles
3.2.3.1 Vegetación secundaria alta	Arboles/arbustos
3.2.3.2 Vegetación secundaria baja	Arboles/arbustos
3.3.1 Zonas arenosas naturales	No combustibles
1.3.1 Zonas de extracción minera	No combustibles
2.1.1 Zonas industriales o comerciales	No combustibles

Fuente: Integral S.A., 2025 A partir de IDEAM, 2015

Luego se generó una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, según los tipos de combustibles dominantes, generándose para cada de ellos un valor de calificación de acuerdo con lo expresado en la Tabla 10.1.3.49 y que se evidencia en la Tabla 10.1.3.50. En la Figura 10.1.3.33, se puede evidenciar la distribución espacial de las categorías de amenaza por tipo de combustibles.

Tabla 10.1.3.50 Categoría de amenaza por tipo de combustible según la cobertura en el AI abiótica

Tipo de combustibles	Categoría de amenaza	Calificación
No combustible	Sin riesgo	0
Zonas verdes urbanas	Muy alta	5
Pastos	Muy alta	5
Pastos/hierbas	Moderada	3
Árboles	Muy Baja	1
Hierbas	Alta	4
Árboles/arbustos	Baja	2
Árboles/arbustos/hierbas	Moderada	3

Fuente: Integral S.A., 2025 a partir de IDEAM, 2015

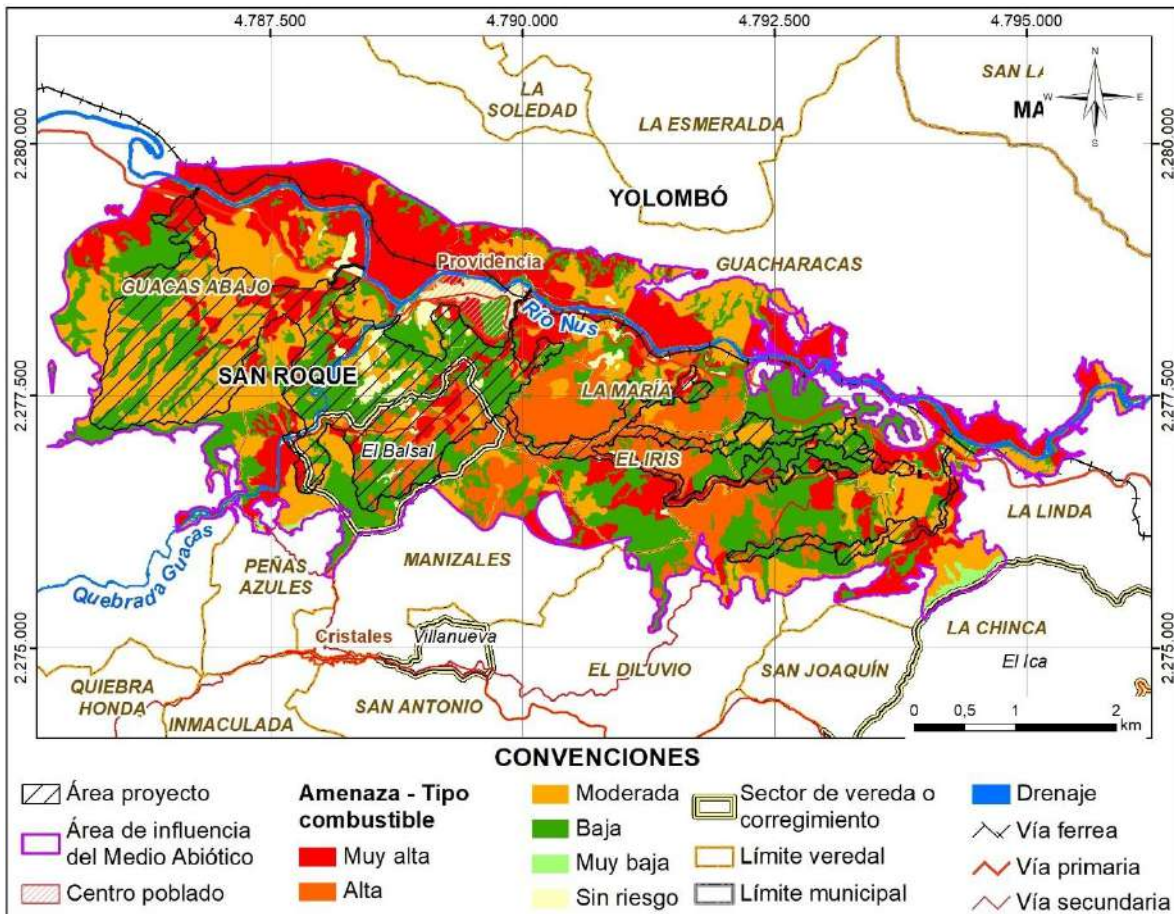


Figura 10.1.3.33 Amenaza según tipo de combustible en el área de influencia abiótica

Fuente: Integral S.A., 2025

- Generación del mapa de duración de combustible

Esta variable se obtiene a partir de la duración en horas de ignición para cada tipo de combustible dominante, La duración del combustible se refiere al tiempo necesario para que el contenido de humedad de un combustible se equilibre con la humedad del aire que lo rodea y pueda mantener su ignición, en este sentido se pueden catalogar como combustibles de una hora, diez horas y cien horas.

A partir del mapa de cobertura vegetal, es posible generar una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, asignando de acuerdo con las coberturas predominantes una calificación según la duración de los combustibles, como se muestra en las Tabla 10.1.3.51 y Tabla 10.1.3.52, aplicables al estudio de caso que ejemplifica el protocolo.

Tabla 10.1.3.51 Duración del combustible según la cobertura vegetal

Tipo de cobertura (Corine Land Cover nivel 3)	Duración del combustible predominante
3.3.2 Afloramientos rocosos	No combustibles

Tipo de cobertura (Corine Land Cover nivel 3)	Duración del combustible predominante
3.1.1 Bosque denso	10 horas
3.1.3 Bosque fragmentado	100 horas
3.1.4 Bosque de galería y ripario	100 horas
3.1.1 Bosque Denso	100 horas
3.1.3 Bosque fragmentado	100 horas
3.2.2 Arbustal	100 horas
5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1 hora
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	1 hora
2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	1 hora
2.4.1 Mosaico de cultivos	10 horas
2.3.3 Pastos enmalezados	1 hora
2.3.1 Pastos limpios	1 hora
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	1 hora
3.2.1 Herbazal	10 horas
3.3.5 Zonas glaciares y nivales	No combustibles

Fuente: IDEAM, 2015

Tabla 10.1.3.52 Categoría de amenaza por la duración de combustible

Duración de los combustibles	Categoría de amenaza	Calificación
No combustibles	Sin riesgo	0
1 hora	Baja	1
10 horas	Moderada	2
100 horas (Predominio de arbustos y hierbas)	Alta	3
Sin información	Sin información	6

Fuente: IDEAM, 2015

A partir de la Tabla 10.1.3.51 se seleccionó la cobertura para la generación del mapa de tipo de combustible presente en el área de influencia abiótica de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote el cual se muestra a continuación en la Tabla 10.1.3.53.

Tabla 10.1.3.53 Duración del combustible según la cobertura vegetal en el área de influencia abiótica

Cobertura	Duración del combustible predominante
1.2.4 Aeropuerto	No combustibles
3.1.4 Bosque de galería y/o ripario	100 horas
3.1.1 Bosque denso alto	100 horas
3.1.3 Bosque fragmentado con vegetación secundaria	100 horas
2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos - Caña	10 horas
1.4.2 Instalaciones recreativa	1 hora
5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.1 Mosaico de cultivos	10 horas
2.3.2 Pastos arbolados	1 hora

Cobertura	Duración del combustible predominante
2.3.3 Pastos enmalezados	1 hora
2.3.1 Pastos limpios	1 hora
1.2.2 Red vial y territorios asociados	No combustibles
5.1.1 Ríos	No combustibles
1.1.1 Tejido urbano continuo	No combustibles
1.1.2 Tejido urbano discontinuo	No combustibles
3.3.3 Tierras desnudas y degradadas	No combustibles
3.2.3.1 Vegetación secundaria alta	10 horas
3.2.3.2 Vegetación secundaria baja	10 horas
3.3.1 Zonas arenosas naturales	No combustibles
1.3.1 Zonas de extracción minera	No combustibles
2.1.1 Zonas industriales o comerciales	No combustibles

Fuente: Integral S.A., 2025 A partir de IDEAM, 2015

Luego se generó una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, según los tipos de combustibles dominantes, generándose para cada de ellos un valor de calificación de acuerdo con lo expresado en la Tabla 10.1.3.52 y que se evidencia en la Tabla 10.1.3.54. En la Figura 10.1.3.34, se puede evidenciar la distribución espacial de las categorías de amenaza por tipo de duración combustibles.

Tabla 10.1.3.54 Categoría de amenaza por la duración de combustible en el AI abiótica

Duración de los combustibles	Categoría de amenaza	Calificación
No combustibles	Sin riesgo	0
1 hora (Predominio de pastos)	Baja	1
10 horas	Moderada	2
100 horas (Predominio de árboles)	Alta	3

Fuente: Integral S.A., 2025 A partir de IDEAM, 2015

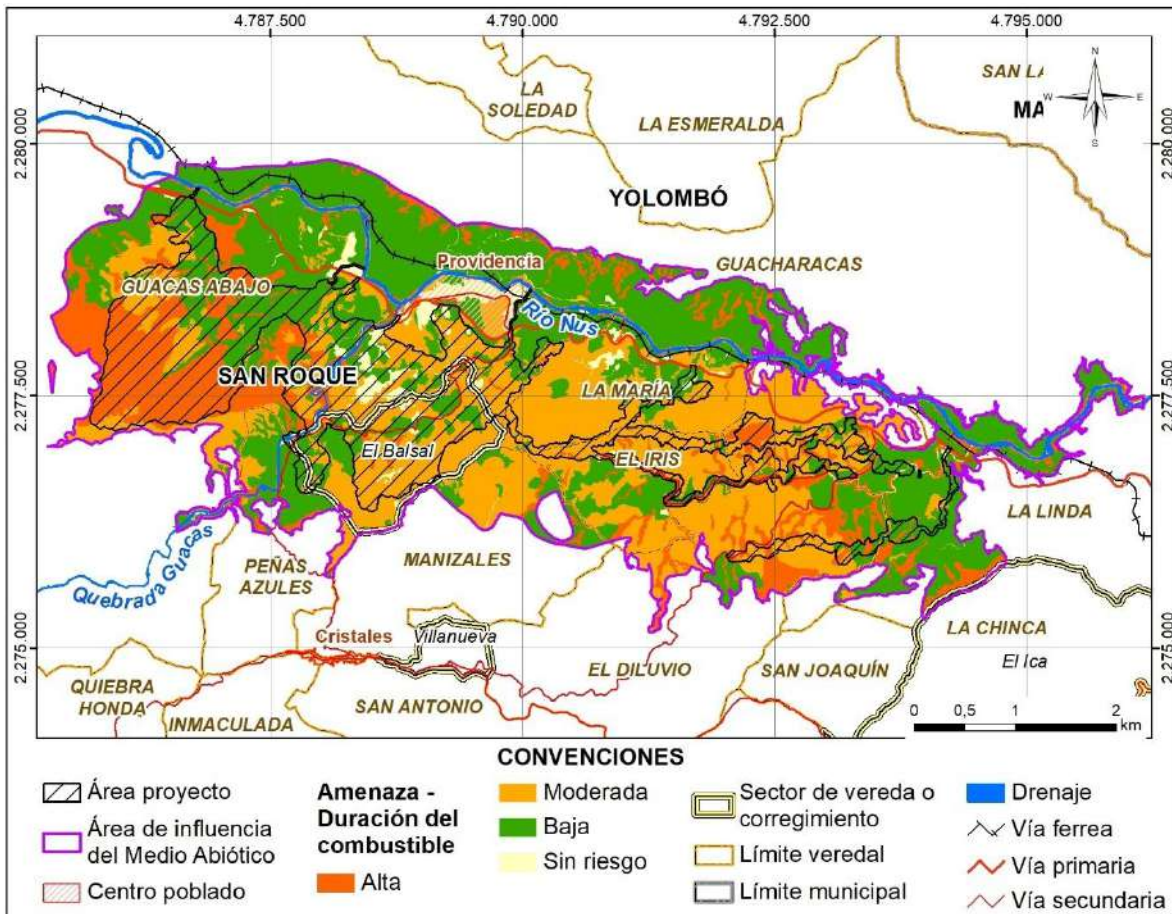


Figura 10.1.3.34 Amenaza según la duración del combustible en el área de influencia abiótica

Fuente: Integral S.A., 2025

- Generación del mapa de tipo de carga de combustible

Se define como la caracterización cualitativa dependiente de la correlación de la altura en metros, cobertura en valores porcentuales, biomasa aérea en Ton/ha y humedad media de la vegetación obtenida a través de una distribución cualitativa de los rangos obtenidos a partir del índice de vegetación NDII.

A partir del mapa de cobertura vegetal y de la información específica que se tiene sobre la biomasa de los diferentes tipos de cobertura (expresada en toneladas por hectárea) se pudo generar una reclasificación de los tipos de cobertura, asignando de acuerdo con las coberturas predominantes y a su contenido de biomasa (carga de combustibles) una calificación de acuerdo con la Tabla 10.1.3.55 y la Tabla 10.1.3.56 aplicables al estudio de caso que ejemplifica el protocolo.

Tabla 10.1.3.55 Categoría total (Biomasa) de combustible

Tipo de cobertura (Corine Land Cover nivel 3)	Carga total (biomasas) de combustibles
3.3.2 Afloramientos rocosos	No combustibles
3.1.1 Bosque denso	Más 100 ton/ha
3.1.3 Bosque fragmentado	Más 100 ton/ha
3.1.4 Bosque de galería y ripario	Más 100 ton/ha
3.2.2 Arbustal	50 - 100 ton/ha
5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	50 - 100 ton/ha
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	50 - 100 ton/ha
2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	Moderada (50-100 ton/ha)
2.4.1 Mosaico de cultivos	1-50 ton/ha
2.3.3 Pastos enmalezados	1-50 ton/ha
2.3.1 Pastos limpios	1-50 ton/ha
3.2.1 Herbazal	1-50 ton/ha
3.3.5 Zonas glaciares y nivales	No combustibles

Fuente: IDEAM, 2015

Tabla 10.1.3.56 Categoría de amenaza total (Biomasa) de combustible

Duración de los combustibles	Categoría de amenaza	Calificación
No combustibles	Sin riesgo	0
Áreas urbanas (menos de 1 Ton/Ha)	Baja	1
1-50 Ton/Ha	Moderada	2
50 a 100 Ton/Ha	Alta	3
Más de 100 Ton/Ha	Muy alta	4
Sin información	Sin información	6

Fuente: IDEAM, 2015

A partir de la Tabla 10.1.3.55 se seleccionó la cobertura para la generación del mapa de tipo de combustible presente en el área de influencia abiótica de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, y el cual se muestra a continuación en la Tabla 10.1.3.57.

Tabla 10.1.3.57 Categoría total (Biomasa) de combustible para el área de influencia abiótica

Cobertura	Carga total (biomasas) de combustibles
1.2.4 Aeropuerto	No combustibles
3.1.4 Bosque de galería y/o ripario	>100 ton/ha
3.1.1 Bosque denso alto	>100 ton/ha
3.1.3 Bosque fragmentado con vegetación secundaria	>100 ton/ha
2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos - Caña	1-50 ton/ha
1.4.2 Instalaciones recreativa	1-50 ton/ha
5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.1 Mosaico de cultivos	1-50 ton/ha
2.3.2 Pastos arbolados	1-50 ton/ha
2.3.3 Pastos enmalezados	1-50 ton/ha
2.3.1 Pastos limpios	1-50 ton/ha
1.2.2 Red vial y territorios asociados	No combustibles

Cobertura	Carga total (biomasas) de combustibles
5.1.1 Ríos	No combustibles
1.1.1 Tejido urbano continuo	No combustibles
1.1.2 Tejido urbano discontinuo	No combustibles
3.3.3 Tierras desnudas y degradadas	No combustibles
3.2.3.1 Vegetación secundaria alta	50-100 ton/ha
3.2.3.2 Vegetación secundaria baja	50-100 ton/ha
3.3.1 Zonas arenosas naturales	No combustibles
1.3.1 Zonas de extracción minera	No combustibles
2.1.1 Zonas industriales o comerciales	No combustibles

Fuente: Integral S.A., 2025 A partir de IDEAM, 2015

Luego se generó una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, según los tipos de combustibles dominantes, generándose para cada de ellos un valor de calificación de acuerdo con lo expresado en la Tabla 10.1.3.56 y que se evidencia en la Tabla 10.1.3.58. En la Figura 10.1.3.35 se puede evidenciar la distribución espacial de las categorías de amenaza por tipo de combustibles.

Tabla 10.1.3.58 Categoría de amenaza total (Biomasa) de combustible para el área influencia abiótica

Duración de los combustibles	Categoría de amenaza	Calificación
No combustibles	Sin riesgo	0
Áreas urbanas (menos de 1 Ton/Ha)	Baja	1
1-50 Ton/Ha	Moderada	2
50-100 ton/ha	Alta	3
Más de 100 Ton/Ha	Muy alta	4

Fuente: Integral S.A., 2025 A partir de IDEAM, 2015

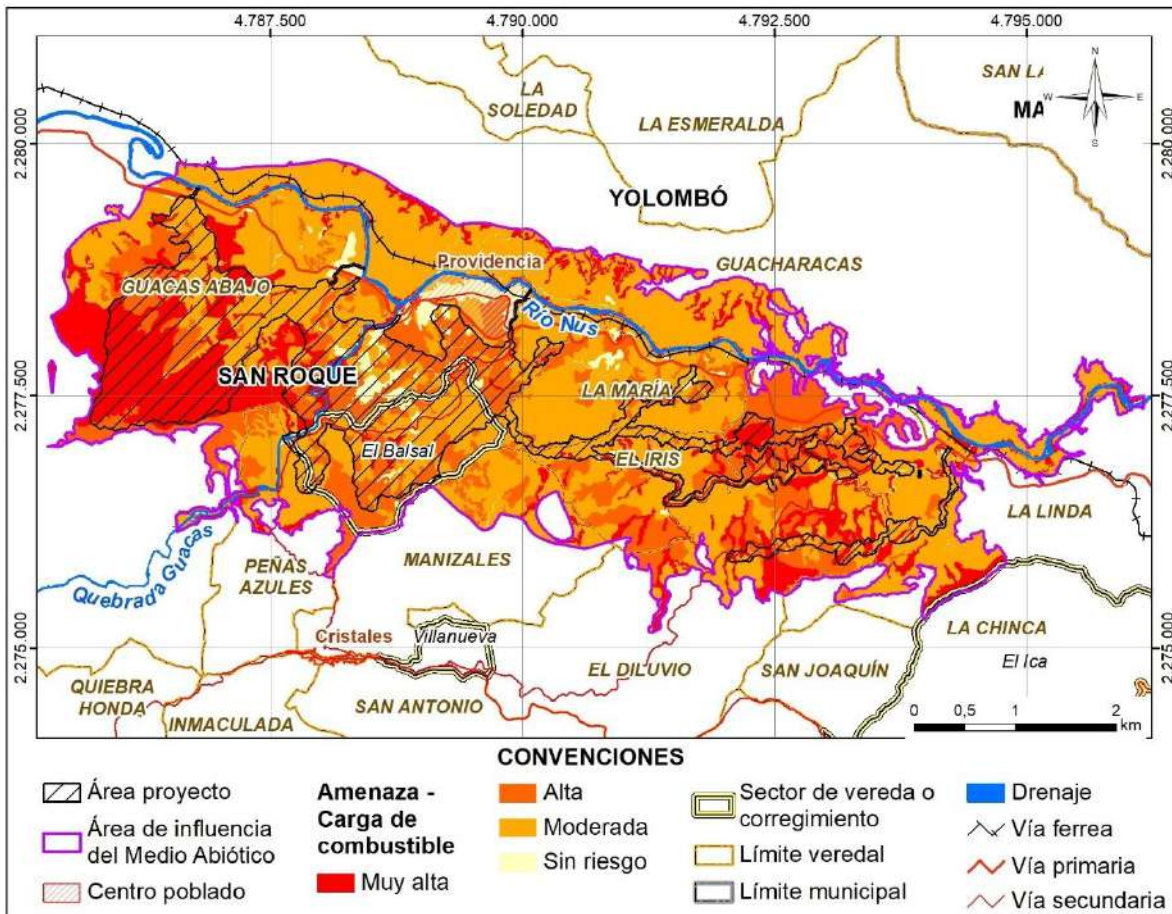


Figura 10.1.3.35 Amenaza según de la carga (Biomasa) de combustible en el AI abiótica

Fuente: Integral S.A., 2025

- Generación del mapa de susceptibilidad de la vegetación a incendios

Una vez asignadas las respectivas calificaciones y generados los mapas de tipo, duración y carga de combustibles, se procede a la realización del producto entre cada uno de ellos (álgebra de mapas); el resultado obtenido se agrupa posteriormente en 5 categorías como lo presenta la Tabla 10.1.3.59 mediante una distribución de frecuencias y a cada grupo se le asignó una calificación que varía entre susceptibilidad muy baja (rango menor) a susceptibilidad muy alta (rango mayor), mediante la siguiente ecuación:

$$SUSC = CAL(tc) + CAL(dc) + CAL(ct)$$

Donde:

SUSC: Susceptibilidad de la vegetación (susceptibilidad bruta)

CAL (tc): Calificación por tipo de combustible

CAL (dc): Calificación de la duración de los combustibles

CAL (ct): Calificación de la carga total de combustibles

Tabla 10.1.3.59 Clasificación y categorización de la susceptibilidad

Calificación de susceptibilidad	Calificación	Rangos
Sin riesgo	0	0
Baja	1	0-6
Moderada	2	6-7
Alta	3	7-8
Muy alta	4	>8

Fuente: IDEAM, 2015

El cálculo de susceptibilidad de las coberturas vegetales generado por medio de la ecuación y calificación anterior exhibe la representación espacial asociada en la Figura 10.1.3.36.

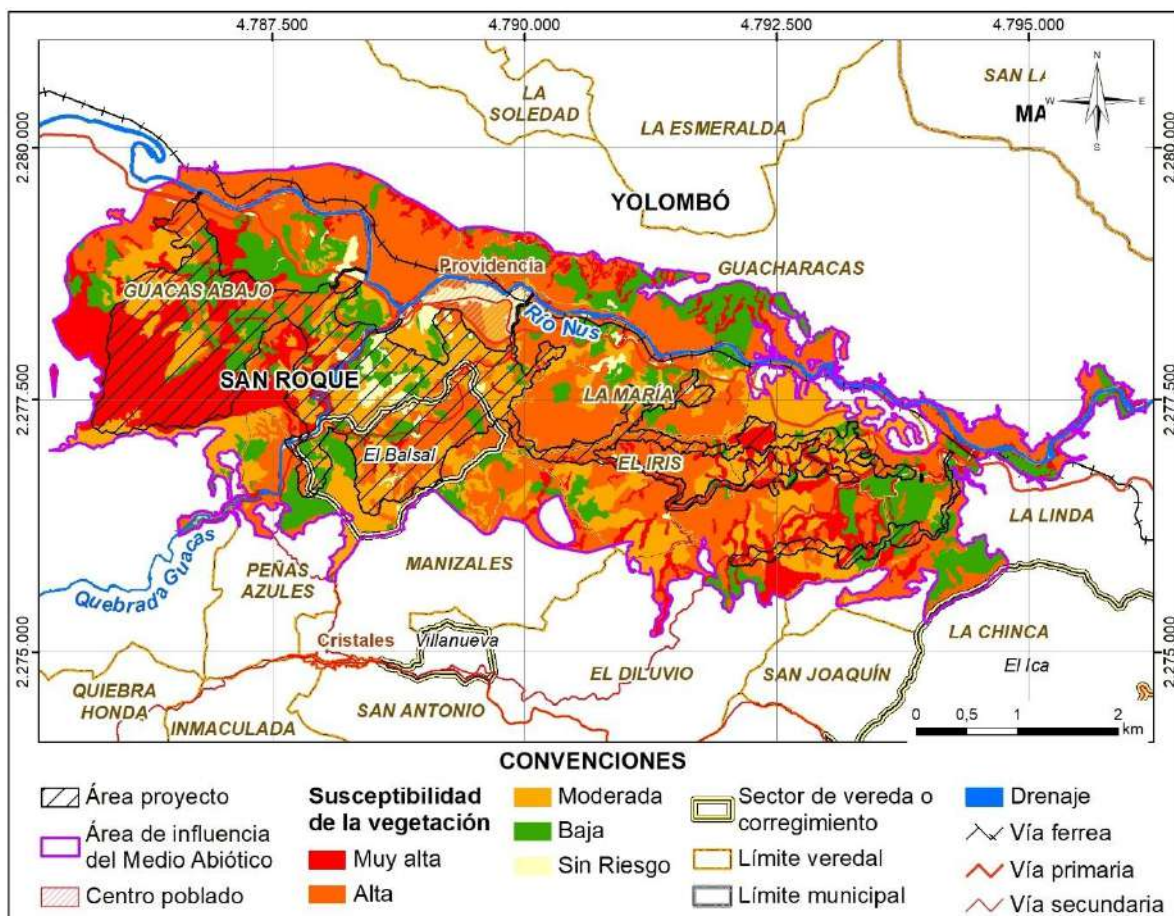


Figura 10.1.3.36 Mapa de susceptibilidad de la vegetación de incendios

Fuente: Integral S.A., 2025

Teniendo en cuenta que la susceptibilidad de la vegetación se ve afectada por factores externos de tipo climático que están íntimamente ligados a ella generando variaciones intrínsecas de sus cualidades principalmente en lo que hace referencia a la humedad contenida en los tejidos vegetales (influida directamente por la precipitación, humedad del

suelo y temperatura ambiental), se considera necesario generar una calificación de la susceptibilidad bajo las condiciones normales de precipitación y temperatura imperantes en el país.

- Incorporación de variables climáticas como factores fundamentales de la amenaza

La temperatura puede definirse como el nivel de calor presente en el aire en un sitio y momento determinado, así mismo la precipitación es una variable determinante en la evaluación de amenazas por incendios, debido a que la cantidad de precipitación y su distribución temporal crean condiciones que pueden aumentar o disminuir al desarrollo de estos. Los períodos prolongados de sequía crean condiciones adecuadas para el desarrollo de incendios de gran severidad al aumentar la disponibilidad de los combustibles. Períodos con abundante precipitación antes de la temporada de fuego pueden producir una gran cantidad de combustible que con el avance de la temporada estará disponible para quemarse. La cantidad y distribución de la precipitación también afecta la cantidad de agua disponible en el suelo para ser utilizada por la vegetación.

Para la incorporación de las variables climáticas, se efectúa un procedimiento similar al de la calificación de la susceptibilidad, para generar los mapas de las variables climáticas a partir de la información de precipitación (Ver Tabla 10.1.3.60) y temperatura (Ver Tabla 10.1.3.61) tomando como datos base, la información recopilada en las capítulos de caracterización del medio abiótico, a ser empleados para la determinación de incendios y con los cuales se caracterizan climáticamente los ecosistemas colombianos en relación a las categorías de amenaza y los cuales son representados en las Figura 10.1.3.37 y Figura 10.1.3.38.

Tabla 10.1.3.60 Categorización de amenaza según el rango de precipitación anual

Precipitación media anual (mm)	Categoría de amenaza	Calificación
Pluvial (>7000)	Muy baja	1
Muy húmedo (3000-7000)	Baja	2
Húmedo (2000-3000)	Moderada	3
Seco (1000-2000)	Alta	4
Muy seco (500-1000)	Muy alta	5

Fuente: IDEAM, 2015

Tabla 10.1.3.61 Categorización de amenaza según el rango de temperatura anual

Temperatura media anual (°C)	Categoría de amenaza	Calificación
<6°	Muy baja	1
6° - 12°	Baja	2
12° - 18°	Moderada	3
18° - 24°	Alta	4
>24°	Muy alta	5

Fuente: IDEAM, 2015

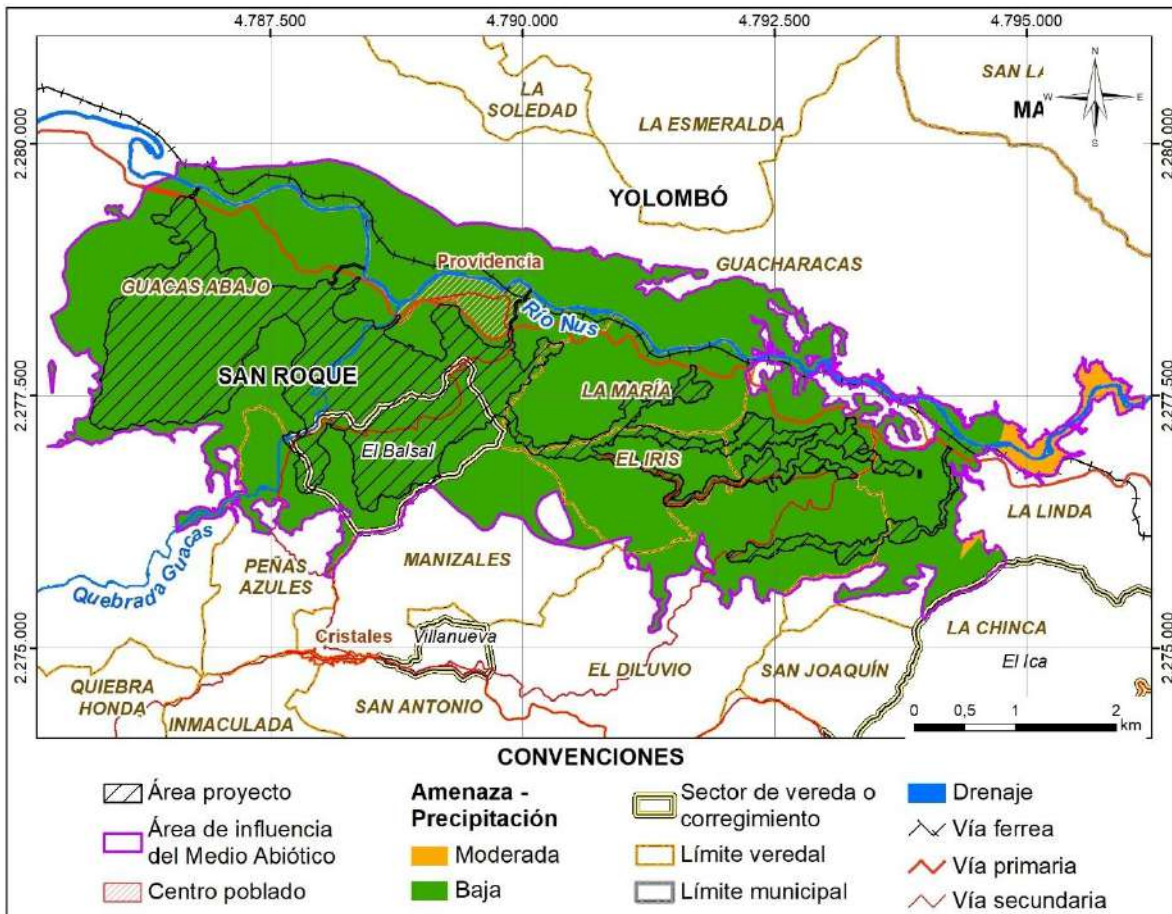


Figura 10.1.3.37 Amenaza según el rango de precipitación anual

Fuente: Integral S.A., 2025

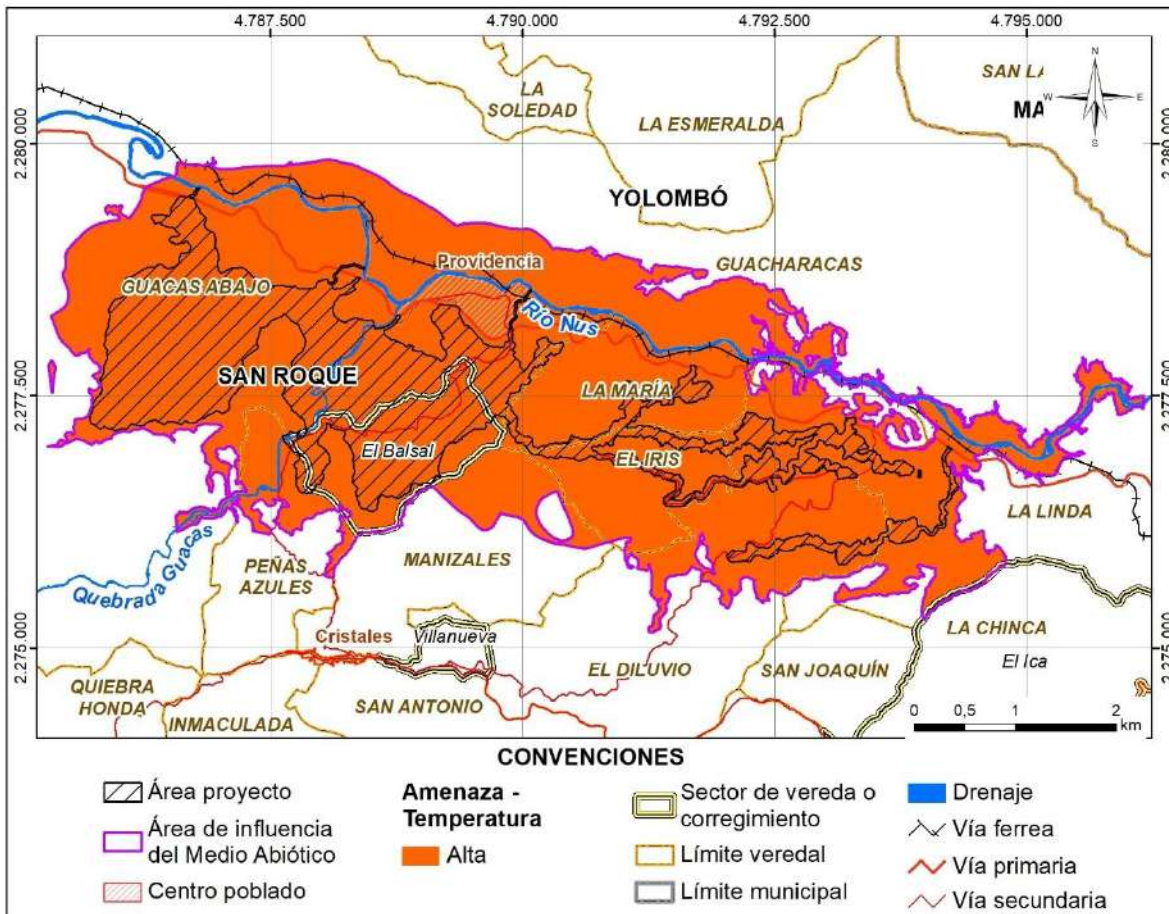


Figura 10.1.3.38 Amenaza según el rango de temperatura anual

Fuente: Integral S.A., 2025

El grado de la pendiente influye en la transmisión del calor de las llamas hacia la vegetación circundante; sobre secando la vegetación a favor de pendiente y preparándola para que, a la llegada del fuego, éste propague de forma más rápida e intensa a favor de la pendiente que en contra. A partir del mapa de curvas de nivel se genera el modelo digital del terreno y a partir de éste el mapa de pendientes en porcentaje.

- Incorporación de información de pendientes en la evaluación de la amenaza

El mapa de pendientes en porcentaje se reclasifica y se le asigna una clasificación según la Tabla 10.1.3.62, dado que, mientras más inclinadas sean las laderas, mayor será la velocidad de propagación del fuego, lo cual se puede evidenciar de manera grafica en la Figura 10.1.3.39.

Tabla 10.1.3.62 Categorización de amenaza según el grado de pendiente

Pendiente media (%)	Categoría de amenaza	Calificación
0-7 %	Muy baja	1
7-12 %	Baja	1

Pendiente media (%)	Categoría de amenaza	Calificación
12-25 %	Moderada	2
25-75 %	Alta	3
>75 %	Muy alta	4

Fuente: Integral S.A., 2025

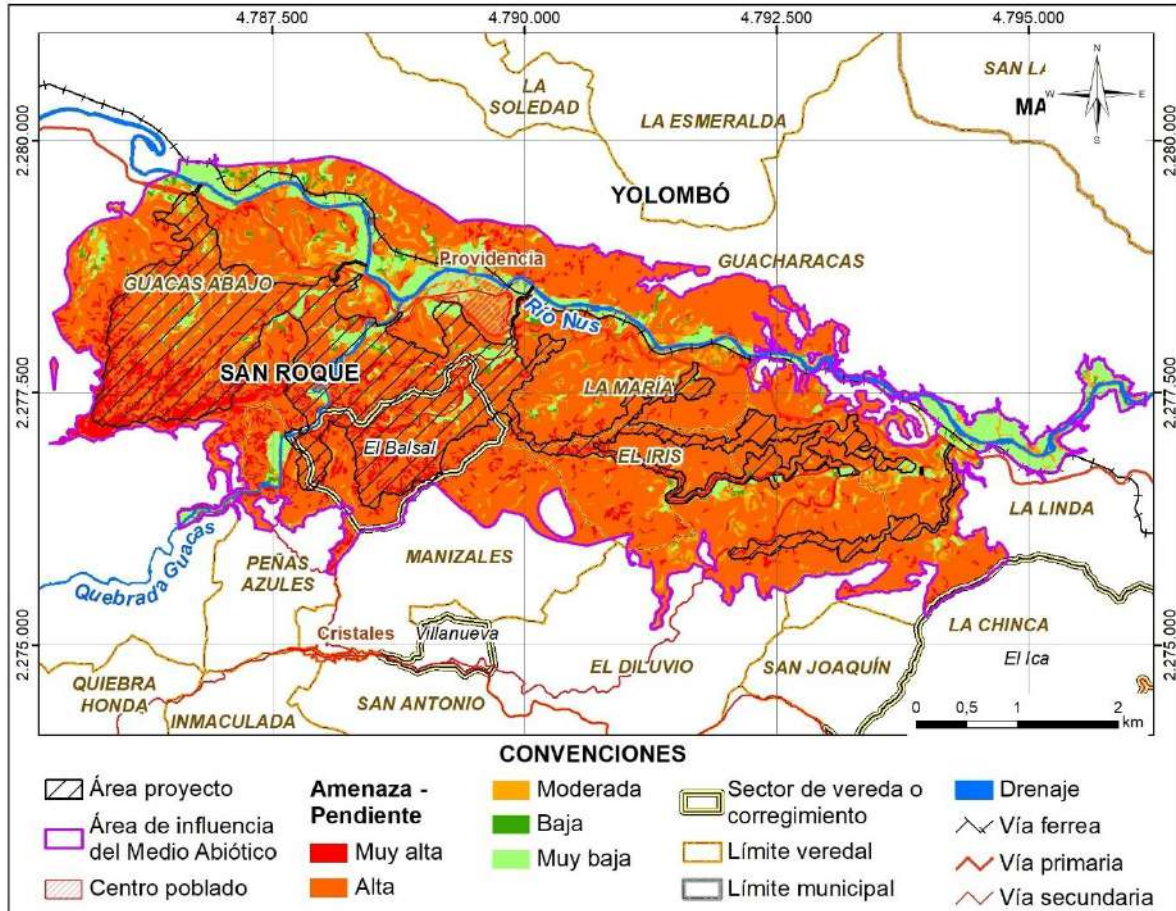


Figura 10.1.3.39 Amenaza según el grado de pendiente

Fuente: Integral S.A., 2025

- Factor de frecuencia

Para este proyecto específico el factor de frecuencia se relaciona con base en los reportes de incendios forestales en el municipio y en el análisis del monitoreo de puntos de calor en Colombia definidos por el IDEAM (IDEAM, 2025) . En este contexto, dado que no se registran incendios forestales en la zona donde se localiza el área de influencia abiótica de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote y los puntos de calor identificados por el IDEAM se encuentran considerablemente alejados de esta área, el nivel de amenaza asociado a este factor se considera bajo, como se muestra en la Figura 10.1.3.40.

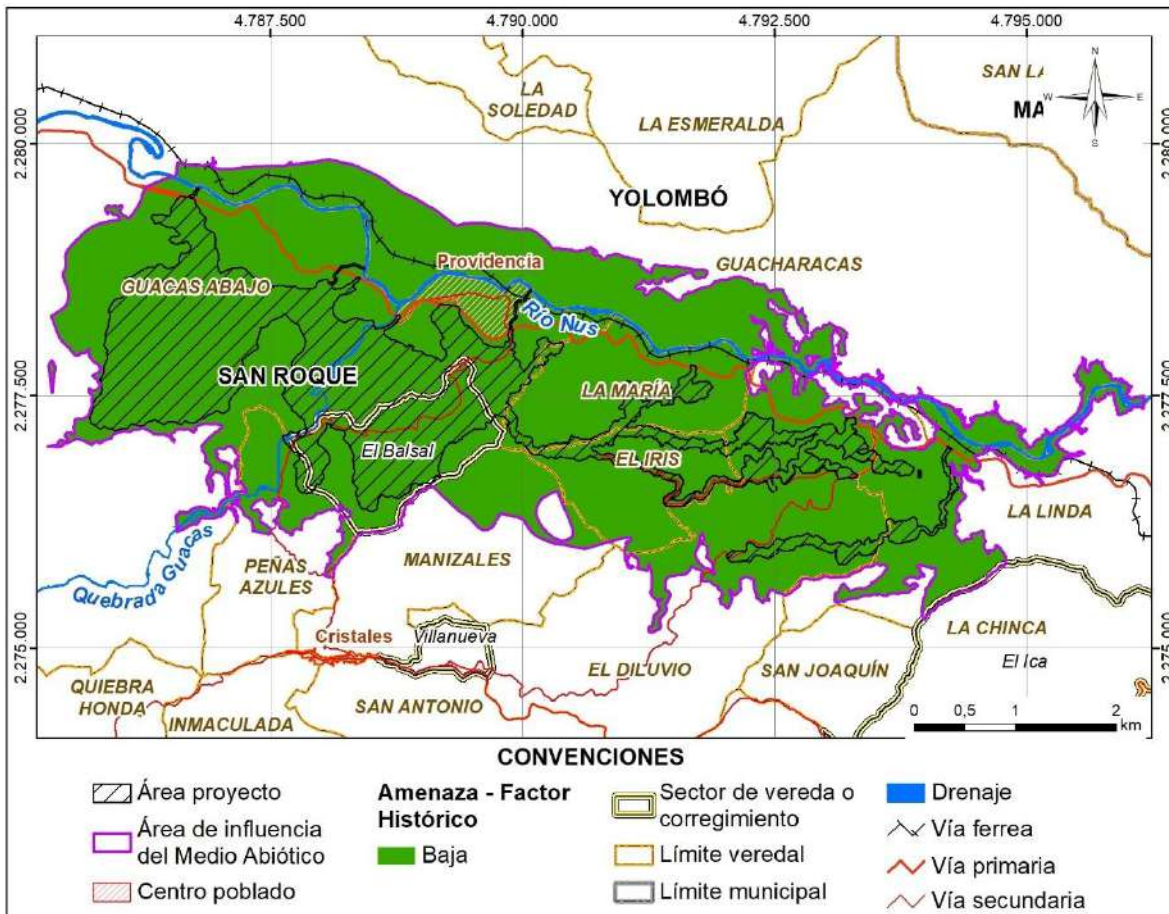


Figura 10.1.3.40 Amenaza según el factor histórico

Fuente: Integral S.A., 2025

- Factor de accesibilidad

Este factor se considera en el análisis de la Amenaza puesto que es fundamental tener en cuenta la probabilidad de que la población pueda acceder a las áreas forestales y generar focos de incendio, más aún cuando según el Ministerio de Ambiente, casi la totalidad de los incendios forestales ocurridos en Colombia tienen como origen el desarrollo de actividades humanas.

Este análisis se realiza a partir del mapa de la red vial a partir del cual se generan cinco zonas buffer para las vías existentes en el área de influencia. Para este proceso, se debe realizar a partir del mapa vial (vías principales y secundarias), la generación de cinco (5) zonas buffer cada una de 500 m de grosor (250 m a cada lado); una vez generados los buffers, se procede a su calificación para la generación de las amenazas que se pueden presentar sobre la cobertura por efecto de la mayor o menor posibilidad de acceso que se tenga sobre ellas, de acuerdo con los siguientes criterios establecidos en la Tabla 10.1.3.63 y representados de manera gráfica en la Figura 10.1.3.41.

Tabla 10.1.3.63 Categorización de amenaza según la distancia red vial

Distancia a la vía (grosor del buffer en m)	Categoría de amenaza	Calificación
0-500	Muy alta	5
500-1500	Alta	4
1000-1500	Moderada	3
1500-2000	Baja	2
Más de 2000	Muy baja	1

Fuente: IDEAM, 2015

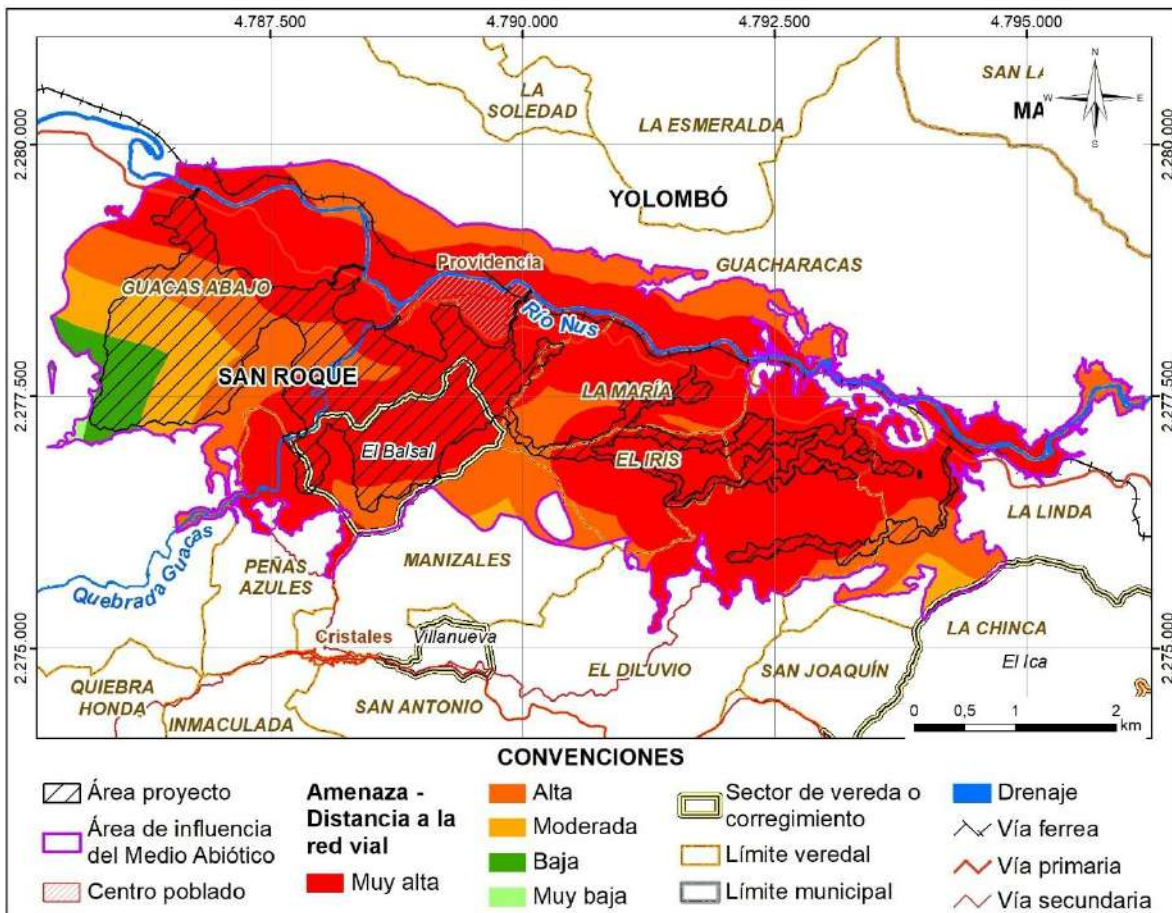


Figura 10.1.3.41 Amenaza según la distancia a la red vial

Fuente: Integral S.A., 2025

- Obtención del mapa ante incendios de cobertura vegetal

El mapa de amenaza por incendios es un insumo relevante en estudios ambientales, además de ser de gran importancia para la toma de decisiones en lo concerniente a estudios de gestión y reducción del riesgo.

Con el resultado obtenido a partir de la generación de susceptibilidad de la vegetación a incendios y los insumos de precipitación, temperatura, pendientes, histórico y accesibilidad

se genera la zonificación de amenazas a incendios mediante una suma ponderada, con la información generada durante los procesos anteriores, a partir de la relación de álgebra de mapas genera una suma ponderada la cual equivale a la amenaza total por incendios forestales.

$$\begin{aligned} \text{Amenaza} = & \text{susceptibilidad de la vegetación} * (0.17) + \text{precipitación} * (0.20) \\ & + \text{temperatura} * (0.20) + \text{pendientes} * (0.07) + \text{frecuencia} * (0.10) \\ & + \text{accesibilidad} (0.10) \end{aligned}$$

Una vez realizada la respectiva suma ponderada, se procede a realizar una distribución de frecuencias en cinco (5) rangos para así llegar a categorizar el grado de amenaza entre muy baja (rango menor) a muy alta (rango mayor), considerando las categorías intermedias de baja, media y alta, respectivamente. Con la información generada de los factores propios del área de análisis y mediante procesos de álgebra de mapas, se generó una suma ponderada la cual equivale a la amenaza total por incendios forestales.

En la Tabla 10.1.3.64 se presenta la distribución porcentual de la amenaza con su respectiva categoría de la amenaza y en la Figura 10.1.3.42 se muestra la distribución espacial en el área de influencia abiótica de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

Tabla 10.1.3.64 Categorización de la zonificación de la amenaza por incendios forestales

Categoría de amenaza	Rango	Área (Ha)	Área (%)
Muy baja	<2,21	123,88	4,96
Baja	2,21 – 3,07	458,22	18,36
Media	3,07 – 3,27	941,05	37,71
Alta	3,27 – 3,44	680,66	27,28
Muy Alta	>3,44	291,46	11,68
Total		2495,27	100,00

Fuente: Integral S.A., 2025

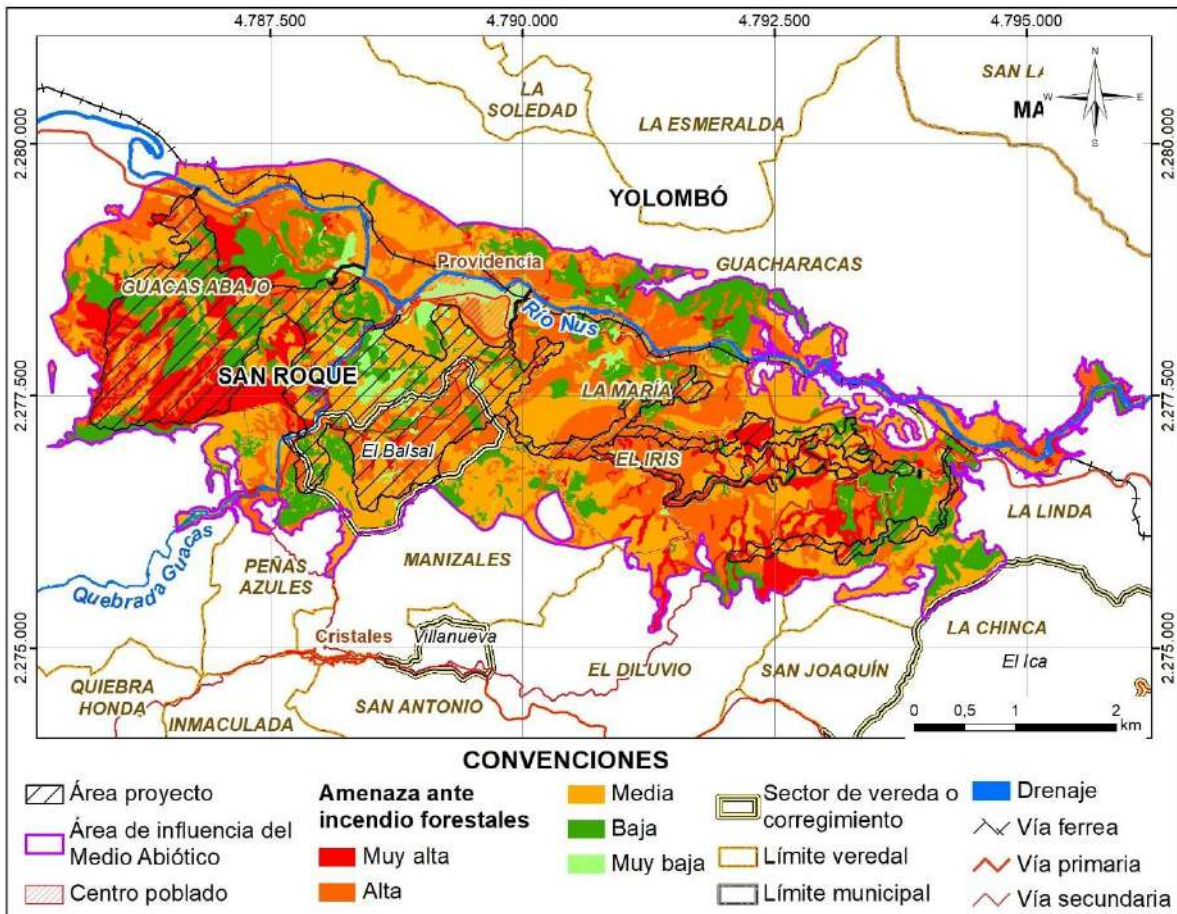


Figura 10.1.3.42 Mapa de amenaza ante incendios forestales

Fuente: Integral S.A., 2025

I. Escenario de riesgo asociado a incendios forestales

i. Incendio forestal que genere un evento interno

Corresponde a un incendio forestal de tal magnitud que alcanzaría la infraestructura del proyecto, llegando a generar incendios en las instalaciones e incluso explosiones dado el almacenamiento y manipulación de explosivos y combustible durante la etapa operación del proyecto. Este escenario se considera poco probable, dado que a pesar de que el municipio de San Roque y la región en general tienen un sistema atención de emergencias con falencias para atender un incendio forestal, el proyecto cuenta con personal activo del Equipo de Respuestas de Emergencia (ERT), además de contar con un sistema de Control de Incendios diseñado para sus instalaciones con suplemento de recursos para la atención de estas contingencias.

C. Amenazas antrópicas

Las amenazas antrópicas corresponden a aquellas que se originan por acciones humanas, de carácter intencional, y que pueden generar afectaciones tanto al interior del proyecto como en su entorno. En el marco de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, la amenaza antrópica identificada está asociada a situaciones de orden público y social.

a. Orden público y social

Las amenazas de origen antrópico corresponden al peligro latente producido por la actividad humana en la producción, distribución, transporte y consumo de bienes y servicios, así como el uso de la infraestructura y edificios (UNGRD, 2017).

Los problemas de orden público y social pueden estar asociados a problemas sociales ajenos al proyecto como lo son la presencia de diferentes grupos al margen de la ley, los cuales pueden alterar el orden y propiciar eventos de sabotaje o atentados hacia el proyecto, afectando las obras, la infraestructura, la maquinaria, las vías e incluso el personal.

Adicional a esto, se pueden presentar problemas desencadenados directamente por la intervención del proyecto en la región, como lo son los paros cívicos, huelgas o protestas como reacción del personal o la comunidad del área de influencia, a causa de alguna inconformidad frente al proyecto.

Las áreas de mayor susceptibilidad ante la amenaza de orden público y social corresponde con las vías de acceso al proyecto, la infraestructura que aloja al personal y las áreas de almacenamiento de sustancias químicas, lo cual se le asigna un nivel de amenaza media, mientras que el resto del área de intervención directa corresponde con un nivel de amenaza bajo ante esta amenaza tal como se muestra en la Figura 10.1.3.43.

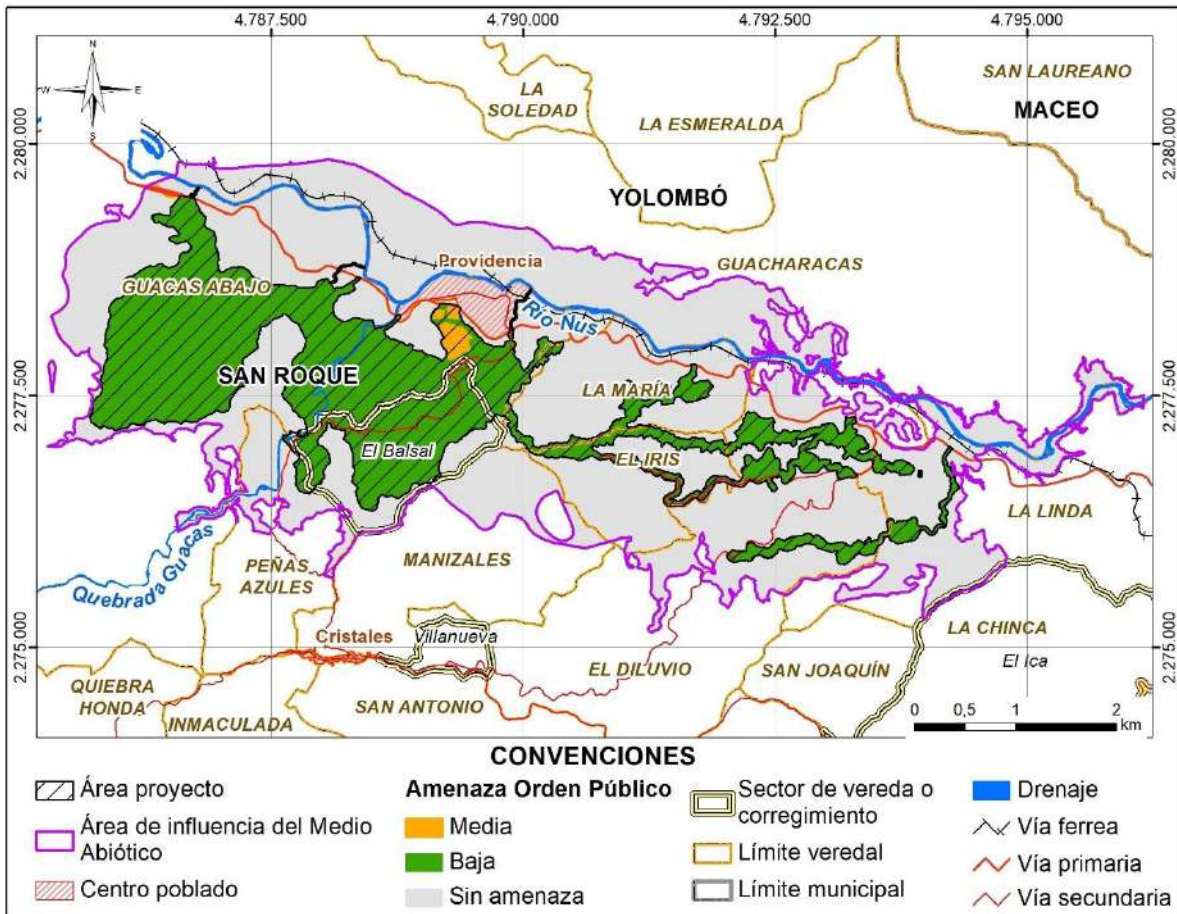


Figura 10.1.3.43 Amenaza ante orden público y social

Fuente: Integral S.A., 2025

I. Escenarios de riesgo asociados a la amenaza de orden público y social

- Eventos de sabotaje y atentados sobre alguna estructura sensible o sobre el personal del proyecto, por parte de grupos opuestos al proyecto

En el área de influencia del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se ha evidenciado la presencia de grupos al margen de la ley, además del asentamiento de mineros ilegales, los cuales podrían llegar a realizar algún sabotaje o atentado al proyecto, producto de la insatisfacción por la presencia de éste en la zona. De igual manera el escenario contempla la presencia de activistas que se oponen a megaproyectos de minería, como lo es en este caso.

Dado que se materialice el escenario podría llegar a presentarse bloqueos, alteración en el transporte y actividades de la comunidad, daños a la infraestructura y/o maquinaria, entre otras, lo cual podrían llegar a generar retrasos en el cronograma e incluso la suspensión

temporal de las operaciones; además de generar un posible deterioro en las relaciones del proyecto con la comunidad.

- Paros o huelgas por parte del personal del proyecto

Este escenario hace referencia a un problema de orden público originado directamente por el personal, el cual puede ser causado por insatisfacción ante algún aspecto del proyecto minero. La principal consecuencia ante la ocurrencia de un evento de este tipo sería el retraso en los cronogramas producto de la suspensión temporal de las actividades programadas en cualquiera de las fases del proyecto.

D. Amenazas operacionales/tecnológicas

Las amenazas de origen tecnológico están vinculadas a accidentes tecnológicos o industriales, procedimientos peligrosos, fallos de infraestructura o ciertas actividades que pueden causar muertes o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica y/o degradación ambiental. También se conocen como eventos tecnológicos e incluyen explosiones, derrames, incendios estructurales y no estructurales, fugas, colapsos estructurales, emisiones atmosféricas y accidentes de transporte. Entre las principales causas de este tipo de amenazas se destacan las siguientes (UNGRD, 2018):

- Desconocimiento o conocimiento inadecuado
- Deficiencia en los materiales de construcción de las instalaciones
- Deficiencias tecnológicas en los instrumentos de operación
- Uso de sustancias químicas peligrosas
- Malas prácticas de conducción y problemas en las vías
- Fallas en la operación
- Fallas en el proceso
- Fallas de equipos
- Fallas de diseño
- Factor humano
- Fenómenos naturales o socio-naturales
- Actores externos

En el marco de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, las amenazas operacionales identificadas corresponden con explosiones no controladas, derrama de materiales peligrosos, incendio estructural, colapso estructural, falla de la presa de colas, falla de la tubería de colas, derrame de taludes de los depósitos de material y tajos, emergencia sanitaria y accidentes de vehículos de carga (derrame de cianuro, combustible).

a. Explosiones no controladas

Una explosión es una súbita liberación de gas a alta presión en el ambiente. Según su naturaleza, las explosiones se pueden clasificar en físicas y en químicas (UNGRD, 2017). Según (Botta, 2025) los elementos comunes a los distintos fenómenos que se consideran explosiones son los siguientes:

- La sustancia liberada ha de encontrarse en fase gaseosa. Puede tratarse de un gas, un vapor, una mezcla de gases o una mezcla de vapores. No importa el estado en

que se encuentra la sustancia, sino que lo que se escape a alta presión sea un gas o vapor.

- La liberación ha de ser súbita, en el sentido de muy rápida, es decir, que ha de ser lo suficientemente rápida como para que la energía contenida en el gas se disipe en el ambiente mediante una onda de presión destructiva u onda de choque. No se trata de un escape de gas suave y paulatino, sino brusco y violento.
- La presión del gas en el momento de la liberación ha de ser alta, es decir, que su energía potencial ha de ser suficiente para iniciar y mantener una expansión destructiva.
- La liberación ha de producirse en el ambiente, es decir, fuera de un recipiente. Ambiente significa tanto el aire como un recinto. Recipiente significa un depósito, un conducto o un reactor de proceso.
- La sustancia involucrada en la explosión puede ser combustible o incombustible. Esto puede determinar tanto el origen de la explosión (físico o químico) como su desarrollo.
- La sustancia involucrada puede tratarse de un sólido, un líquido, un gas, un vapor, un polvo en suspensión, un líquido nebulizado o una mezcla de éstos.
- La sustancia involucrada puede encontrarse libre o estar confinada en un recipiente o en un recinto. Si está confinada puede encontrarse a la presión atmosférica o a una presión distinta, generalmente superior a la atmosférica.

En todos los casos descritos anteriormente se produce una expansión de gases que lleva asociada una onda de presión destructiva.

Las explosiones pueden tener por origen un fenómeno físico, un fenómeno químico o una combinación de fenómenos físicos-químicos. Las explosiones físicas constituyen descargas de gas a alta presión sin presencia de reacción química y se dividen principalmente en dos: i) explosión por liberación de un gas comprimido y ii) explosión por liberación de gas licuado inflamable o no inflamable (BLEVE, sigla de Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). En esta última, cuando hay sustancias inflamables o combustibles involucradas, se produce incendio de bola de fuego posterior a la explosión (Botta, 2025).

Las explosiones asociadas a reacciones químicas requieren al menos dos productos químicos que reaccionan entre sí. Dichas reacciones generan gases y calor dentro del recipiente que contiene los productos, aumentando la presión y debilitando el recipiente, luego de lo cual se produce la explosión por liberación súbita de gas a alta presión en el ambiente.

Las explosiones químicas se dividen en: i) explosiones térmicas; ii) explosiones por deflagración, en donde la presión y la velocidad de propagación son bajas y el frente de llama respecto a la onda de presión es atrasado - gases y vapores, nubes de vapor no confinadas, polvos en suspensión, descomposición de peróxidos; y iii) explosiones por detonación, en donde la presión y la velocidad de propagación son altas y el frente de llama respecto a la onda de presión es acoplado - vapores y gases, polvos (Botta, 2025).

Las causas de explosiones generalmente están asociadas a errores humanos, incendios, derrames de sustancias inflamables y/o combustibles, fugas de gases inflamables, polvos combustibles, fallas en los equipos, condiciones inadecuadas en el almacenamiento de

sustancias químicas, condiciones inadecuadas o accidentes en el transporte interno motorizado y no motorizado de sustancias químicas. Otras causas de explosiones son los eventos de origen natural como sismos, inundaciones, avenidas torrenciales, movimientos en masa, entre otros, que pueden desencadenar accidentes tecnológicos, que corresponden a los eventos NATECH - Natural hazard-triggered technological accidents.

Además de las causas anteriores, se debe señalar que las explosiones también pueden ser causadas por acciones intencionales, tales como atentados.

Dentro de los efectos o consecuencias que pueden producir las explosiones se encuentran: daños a la infraestructura, equipos y materias primas, contaminación atmosférica, contaminación hídrica, impactos a la flora y fauna del área impactada y afectaciones a la salud de las personas expuestas (toxicidad, radiación térmica y sobrepresión).

I. Escenarios de riesgo asociado a explosiones no controladas

i. Explosión accidental en almacenamiento de materiales explosivos (polvorín)

El escenario de explosión del polvorín corresponde a la detonación accidental de todo el material almacenado, con un equivalente energético de 72.568,77 kg de TNT, originada principalmente por actos inseguros o errores humanos durante la manipulación, ya que el documento concluye que la causa más probable no es una falla técnica sino una violación de los protocolos de seguridad. La onda explosiva generada se modela con la ecuación de Sadovski, estimándose radios de afectación de 189 m para daños severos (8 psi), 302 m para daños estructurales moderados (3,5 psi) y 726 m para daños leves (1 psi), lo que incluye desde ruptura de muros de ladrillo hasta afectaciones reparables en edificaciones y riesgo fisiológico menor para personas expuestas.

Este escenario de riesgo se amplía en el Anexo_PGR_Riesgo_Tecnológico, en el cual además se destaca que, de acuerdo con lo observado en el radio de afectación, según el cálculo realizado se tendría una afectación media en la infraestructura AS5 y una afectación baja en la presa Guasca MEIA y en la zona del depósito El Balsal. Sin embargo, este cálculo no tiene en cuenta las diferentes barricadas que se van a instalar alrededor del polvorín, las cuales funcionan como reductor de la sobrepresión generada por la explosión. Adicionalmente, el cálculo no tiene en cuenta que los explosivos están confinados al interior de contenedores, que también atenúan la explosión. Por lo anterior, y siempre y cuando se mantengan las medidas de seguridad sugeridas, no se esperan afectaciones más allá de las áreas del polvorín.

Este escenario contempla la planta de transferencia ya que en esta se encontrará la emulsión matriz inerte, la cual corresponde a una solución acuosa de nitrato propensa a explosiones al exponerse al fuego directo; para el caso del polvorín, este almacenará los accesorios de voladura como el NONEL, el cual corresponde a un detonador no eléctrico sensible a la fricción, temperatura e impacto, además de los conectores de fondo, las líneas de tiro, el booster, el cordón detonante y el fulminante.

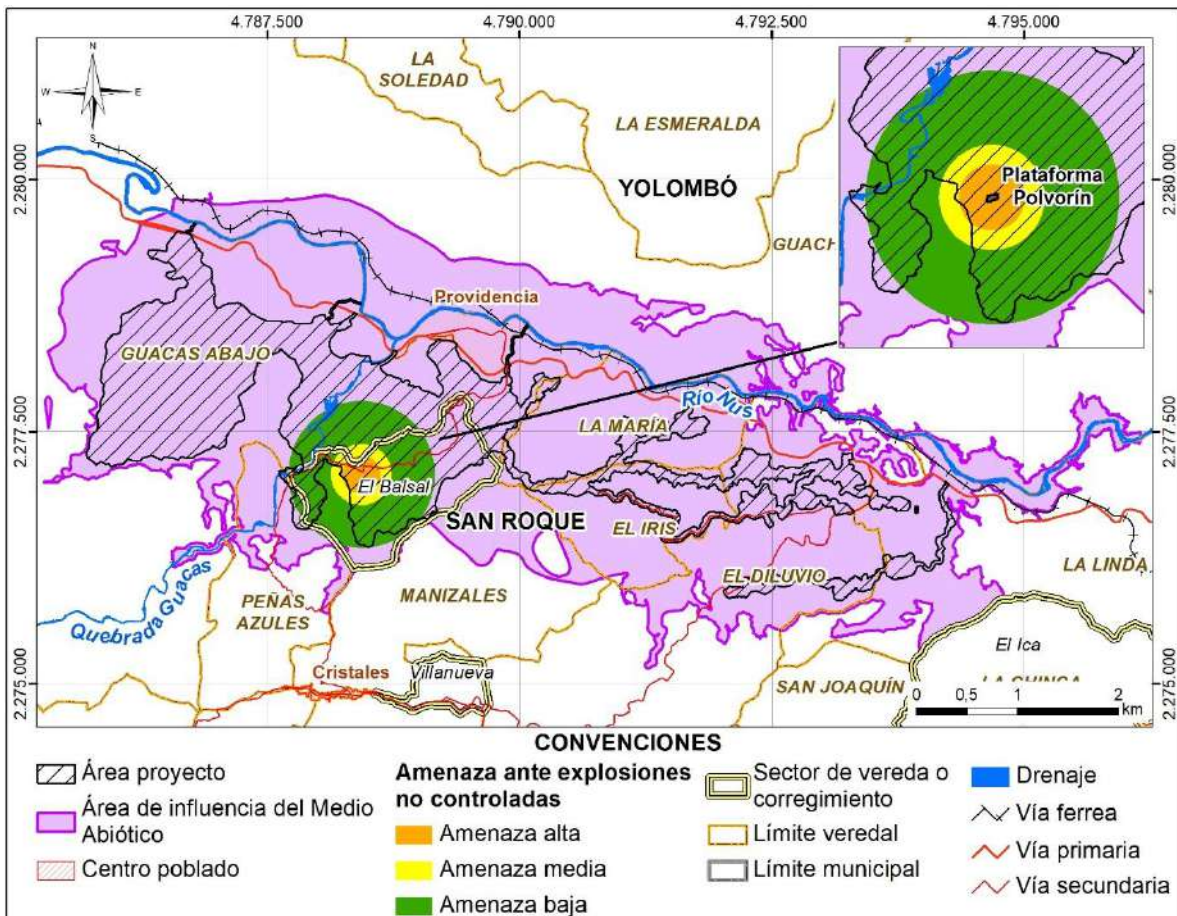


Figura 10.1.3.44 Amenaza ante explosiones no controladas

Fuente: Integral S.A., 2025

b. Derrame de materiales peligrosos

Un derrame es un vertimiento accidental de un producto líquido o sólido (UNGRD, 2017). Los derrames que pueden tener mayores consecuencias o efectos son los derrames asociados a sustancias químicas y residuos peligrosos.

Dentro de las causas de materialización de los derrames se encuentran errores humanos, condiciones inadecuadas de manipulación, almacenamiento y transporte de sustancias y residuos, fisuras o daños en tuberías de conducción, fallas en procesos, fallas en equipos, fallas en operación, pérdidas de contención, entre otros. Además, eventos de origen natural y socio-natural como sismos, inundaciones, avenidas torrenciales, movimientos en masa, entre otros, pueden desencadenar accidentes tecnológicos como derrames generando lo que se conoce como eventos Natech - Natural hazard-triggered Technological accidents (UNGRD, 2022).

Dentro de las principales consecuencias asociadas a los derrames se encuentra la liberación de sustancias tóxicas a la salud humana y de otros seres vivos e igualmente la

generación de áreas de alta concentración de vapores inflamables. Asimismo, está la liberación de contaminantes a la atmósfera y la contaminación de fuentes hídricas. También se pueden presentar daños a la infraestructura, equipos y materias primas.

Las consecuencias anteriormente mencionadas podrían ser mayores, dependiendo de los elementos expuestos al derrame (sustancias, equipos, etc.) que pueden agravar el escenario debido a incompatibilidades químicas, reacciones de incendio y/o explosión. Dentro de las principales sustancias que pueden estar asociadas a derrame se encuentran:

- Líquidos inflamables: Diésel, Metil Isobutil Carbinol (MICB), aceite dieléctrico
- Líquidos corrosivos: Cianuro de sodio (NaCN), Ácido clorhídrico (HCl), Hidróxido de sodio o Soda cáustica (NaOH), Metabisulfito de sodio (SMBS) y soluciones de reactivos

I. Escenarios de riesgo asociados a derrame de materiales peligrosos

i. Derrame de materiales peligrosos que generen contaminación al suelo

El escenario hace referencia a la ocurrencia de un accidente durante alguna actividad en la que se manipule cierta sustancia con alto grado de toxicidad; dicho accidente genera el derrame de la sustancia, la cual entraría en contacto con el suelo, para el caso de las sustancias en estado líquido estas podrían llegar a infiltrarse, ocasionando la contaminación al suelo además de la posible contaminación de los acuíferos.

Estos accidentes como se mencionó anteriormente pueden ocurrir durante el transporte de las sustancias, en los lugares de almacenamiento y/o manipulación de dichas sustancias.

ii. Derrame de materiales peligrosos que generen contaminación a cauces de agua

El escenario hace referencia a la ocurrencia de un accidente durante alguna actividad en la que se manipule cierta sustancia con alto grado de toxicidad; dicho accidente generaría el derrame de la sustancia en cuerpos de agua, en el caso de las sustancias en estado líquido el derrame se puede ocasionar en el suelo, la cual fluiría hasta llegar a alcanzar alguna corriente de agua ocasionando la contaminación de dichos cuerpos de agua, llegando a afectar las especies acuáticas e incluso a animales y personas que se abastecen de dichas corrientes.

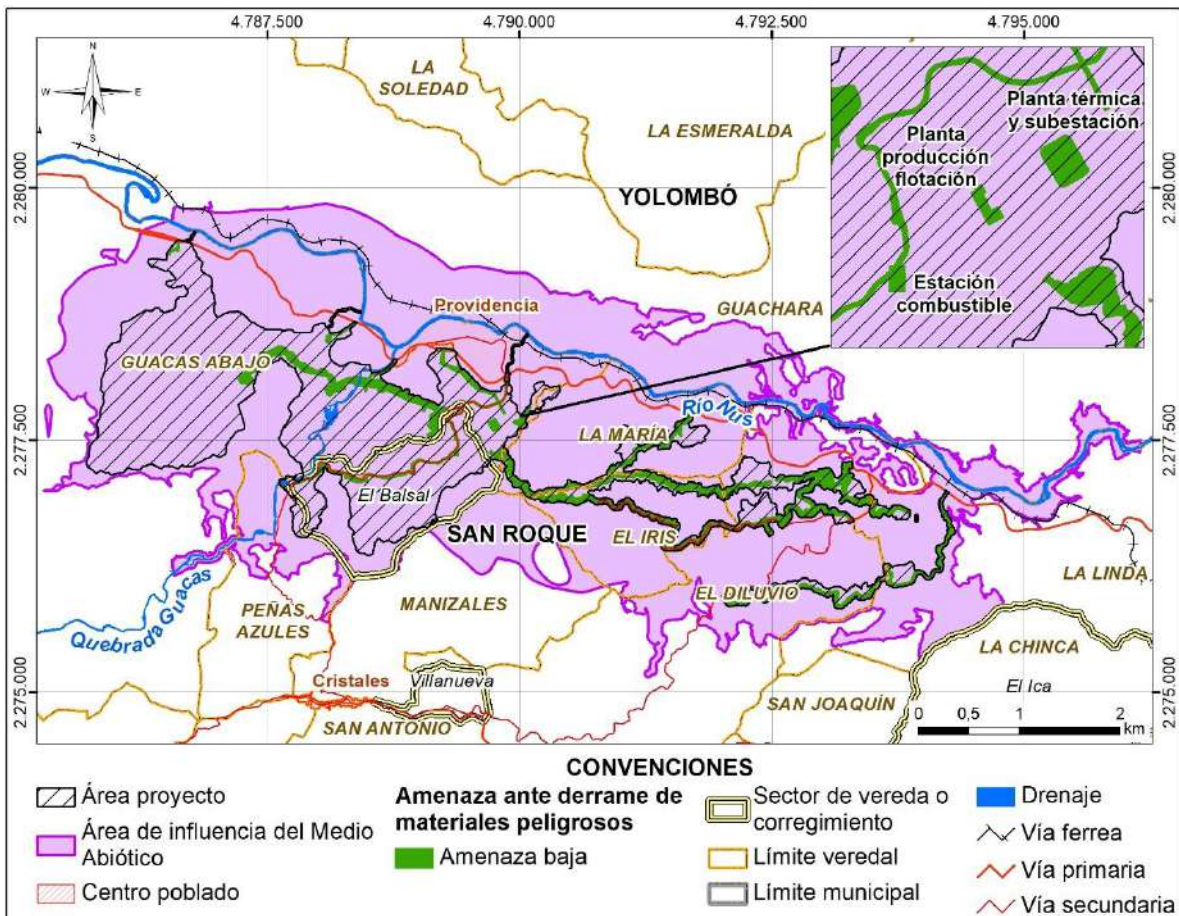


Figura 10.1.3.45 Amenaza ante derrame de materiales peligrosos

Fuente: Integral S.A., 2025

c. Incendio estructural

Un incendio es un fuego de grandes proporciones que se desarrolla sin control y que puede presentarse de manera instantánea o gradual, pudiendo provocar daños materiales, interrupción de los procesos de producción, pérdida de vidas humanas y afectación al ambiente. Los incendios se generan por una reacción química de combustión incontrolada, exotérmica, que produce llamas y emite calor. Para que se genere un incendio se necesita una fuente de ignición. Dentro de las principales fuentes de ignición se encuentran: fallas eléctricas; fricción por falta de lubricación de las máquinas; fallas en los equipos a presión; chispas mecánicas cuando se golpean materiales ferrosos con otros materiales; cigarrillos y fósforos; chispas y escoria derretida de soldadura; y superficies calientes, como equipos y tuberías.

Dentro de las principales causas que inciden en la generación de incendios se encuentran los daños y fallas a nivel eléctrico, la falta de mantenimiento de equipos y máquinas, el manejo inadecuado de sustancias químicas y residuos peligrosos, los derrames de sustancias inflamables y/o combustibles, la fuga de gases inflamables, la falta de orden y

limpieza (acumulación de residuos líquidos y sólidos), condiciones inadecuadas o accidentes en el transporte interno motorizado de sustancias químicas (tractocamiones, carrotaques y demás); condiciones inadecuadas en el transporte interno no motorizado de sustancias químicas (exposición de cilindros a golpes, calor, chispas) y condiciones inadecuadas o accidentes en el transporte interno motorizado (transporte de personas)

Los incendios pueden presentarse en instalaciones del proyecto, especialmente en la Plataforma Planta, por lo cual se considera dentro del análisis de riesgo tecnológico (Anexo_PGR_Riesgo_Tecnologico) los siguientes escenarios:

I. Escenarios de riesgo ante incendio estructural

i. Incendio en transformador de aceite

El escenario de incendio en el transformador se origina por una sobrecarga eléctrica que provoca un aumento súbito de presión en la cuba, llevando a la ruptura del tanque y al derrame e ignición del aceite dieléctrico, generando un incendio tipo pool fire. El análisis de consecuencias estima radios de afectación de 47 m para efectos severos, 67 m para efectos medios y 106 m para afectación baja, con posibles quemaduras, ruptura de vidrios e ignición de materiales expuestos. Aunque el evento puede comprometer equipos cercanos, la instalación contempla muros cortafuegos y distancias normativas que permiten confinar el fuego y evitar su propagación fuera de la zona del transformador.

ii. Incendio por tanque de almacenamiento de diésel

El escenario de incendio en el tanque de almacenamiento de diésel se asocia principalmente a la generación de chispas durante actividades de mantenimiento, soldadura o manipulación de equipos que producen energía estática, lo que puede inflamar el combustible derramado y generar un incendio tipo pool fire. El análisis realizado mediante ALOHA indica que la afectación se mantendría en el área inmediata de la instalación, debido a que el sistema cuenta con muros de contención, pisos impermeabilizados, control de drenajes y señalización adecuada, elementos que limitan la propagación del incendio y reducen significativamente los riesgos para otras áreas de la planta.

iii. Incendio en planta proceso – espumador MIBC

El incendio en el espumador MIBC puede originarse por una fuga en las tuberías o válvulas que transportan el metil isobutilcarbinol desde el tanque de almacenamiento hacia el proceso, generando vapores inflamables que pueden entrar en ignición por chispas de trabajos en caliente, motores, superficies calientes o acumulación de estática. Este escenario deriva en un pool fire cuya afectación se estima dentro del área abierta del tanque y zonas cercanas del proceso de flotación, sin propagación significativa hacia otras áreas gracias a la ventilación requerida, protocolos de control de ignición y sistemas de extinción adecuados al tipo de sustancia, como espumas y agentes clase B.

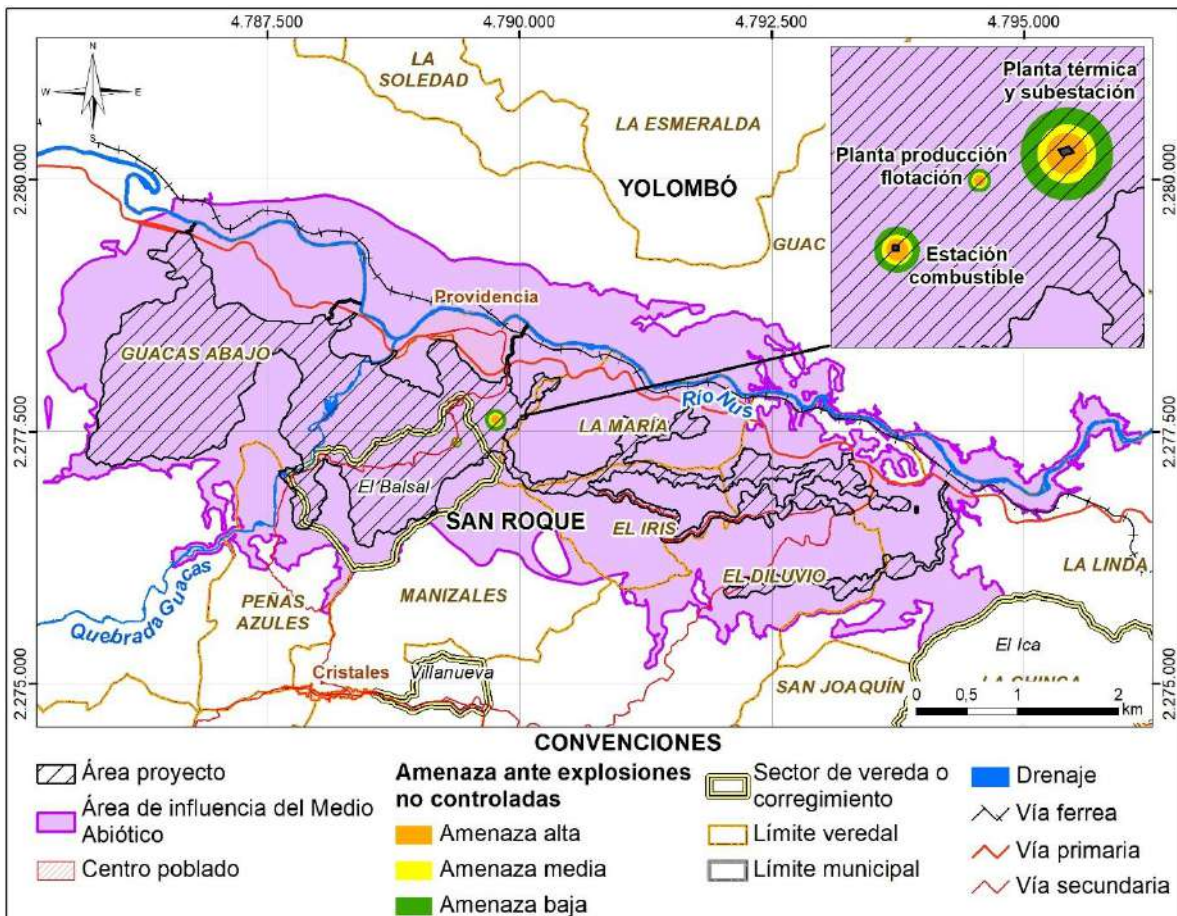


Figura 10.1.3.46 Amenaza ante incendio estructural

Fuente: Integral S.A., 2025

d. Colapso estructural

El colapso estructural se refiere a cualquier condición externa o interna que incapacita a una estructura o elemento estructural a cumplir la función para la que ha sido diseñada, provocando la incapacidad de su función, pérdida de estabilidad y destrucción (UNGRD, 2022). Las principales causas asociadas a los colapsos estructurales pueden ser: sismos o deslizamientos, sin embargo, también pueden presentarse por factores como: diseño defectuoso, incumplimiento en las normas constructivas, material de mala calidad o fatiga de materiales.

Las posibles consecuencias o efectos asociadas al colapso de estructuras son: afectación a los trabajadores de las oficinas y gente que se encuentre alrededor, daños en la maquinaria, materiales y equipos.

I. Escenarios de riesgo por colapso estructural

i. Rotura de los tanques de procesos de lixiviación en la planta de beneficio

Si bien la planta es una obra objeto de modificación, el proceso de operación mantiene el circuito de lixiviación por lo cual se conservan los análisis de este escenario aprobados en el PGR_01_V1 mediante la resolución 1514 de 2015.

El circuito de lixiviación del proyecto Gramalote, consistirá en un tanque de pre-oxigenación, seguido de tanques agitadores que operaran en serie.

El material que alimentará este circuito provendrá de: el bajo-flujo del espesador de concentrados, la solución pobre (obtenida al final del proceso de precipitación y filtración de los metales) y los derrames del área del circuito de lixiviación, elución y cuarto del oro. Todos estos flujos se mezclarán en el tanque de pre-oxigenación.

En este tanque, el cual contará con agitación permanente, se adicionará cal con el fin de modificar el pH hasta llegar a 10,5 aproximadamente, previo a la adición de cianuro y así evitar la formación de ácido cianhídrico.

El circuito contará con tanques de cianuración con proceso de agitación constante.

A pesar de que el diseño de los tanques se realiza acorde a las normas de almacenamiento y manejo de este tipo de sustancias, podría darse la rotura de estos por alguna de las causas anteriormente mencionadas, liberando el material contenido en los mismos.

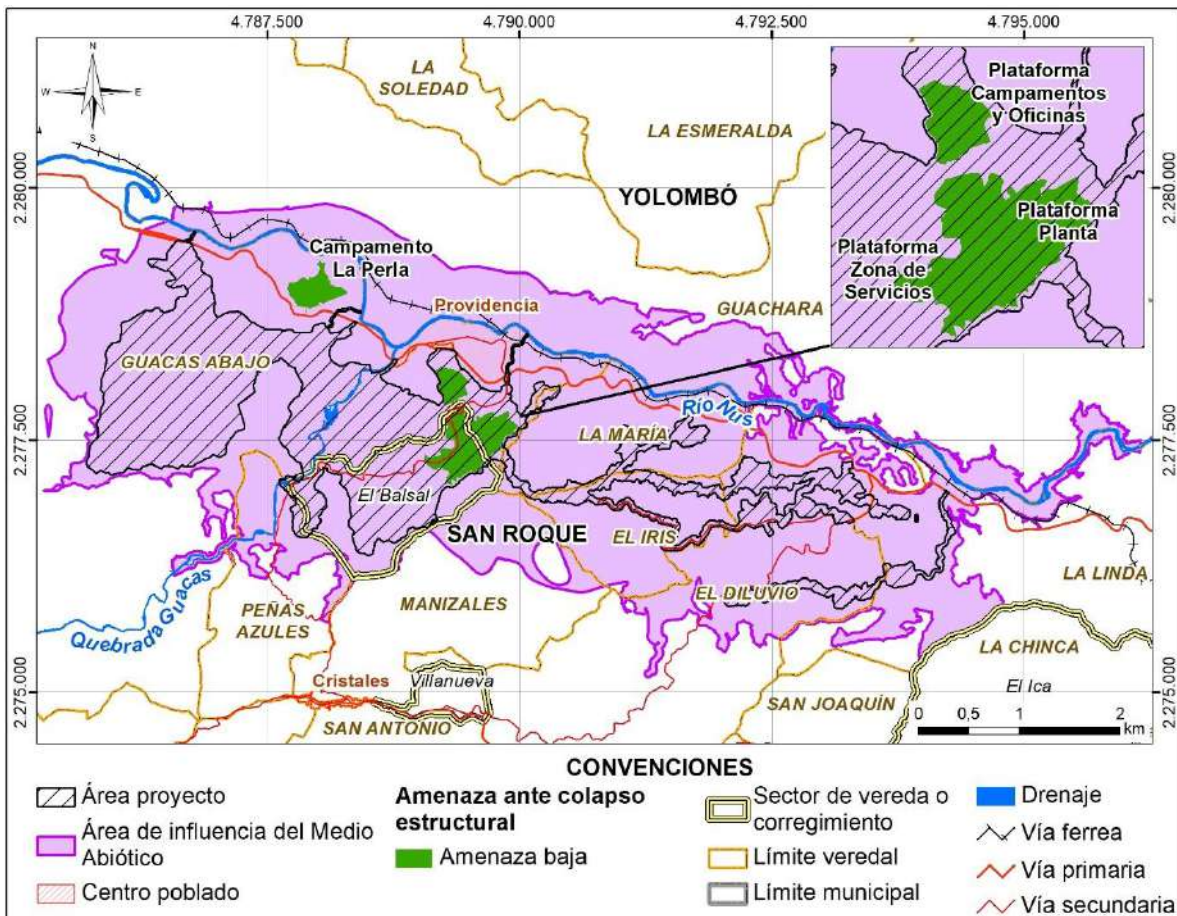


Figura 10.1.3.47 Amenaza ante colapso estructural

Fuente: Integral S.A., 2025

e. Falla de la presa de colas

Es importante mencionar la presa de colas no es una obra objeto de modificación y que esta amenaza y los escenarios de riesgo identificados han sido evaluado en el Plan de Gestión del Riesgo (PGR_01_V1) aprobado en la resolución 1514 de 2015.

La infraestructura de presa de colas abarca dos presas: presa de arranque y presa de arenas; la falla y rotura de dichas presas ocasionaría la liberación de grandes volúmenes y caudales de agua almacenados en las mismas, desencadenando una gran inundación aguas abajo, que llegaría a más de 22 Km donde se encuentra el municipio de Caracolí.

Según el análisis de rotura de presa (Véase Anexo_PGR_Análisis_Rotura_PresaColas), para estimar dichos volúmenes y caudales se asumen cuáles serían los escenarios hipotéticos que provocarían la rotura de la presa, de acuerdo con el estado del conocimiento acerca de las causas de rotura de las presas, el sobrepeso es el principal modo de falla identificable en las presas de relaves por ICOLD (2001) y la tubificación o erosión interna también es uno de los mayores modos de fallas.

El estado hidrológico de la presa en el momento de rotura hace parte de la definición de las condiciones de los escenarios hipotéticos. Las dos condiciones generales evaluadas son:

- Fallas en día soleado: cubren aquellas fallas de presas repentinas que resultan durante condiciones normales de operación y pueden ser causados por un sismo, una operación deficiente de la presa, u otro evento (CDA, 2013).
- Fallas en día lluvioso: cubren aquellas fallas de presas que coinciden con una gran inundación, mayor a la que la presa puede cubrir (CDA, 2013).

I. Escenarios de riesgo asociados a la falla de la presa de colas

i. Rotura de presa de arranque - condición hidrológica de día soleado y por tipo de falla de tubificación

La falla de tubificación puede ser accionado por infiltración de flujos de agua por una zona de alta conductividad al interior de la presa de arranque, producto de este flujo continuo se erosiona el material con el paso del agua hasta generar tubificación, esta tubificación será cada vez mayor hasta llegar a ocasionar el colapso de algún segmento del terraplén sea por afectación en el cuerpo o en la cimentación de este, lo cual conllevará al rompimiento de la presa en dicha zona.

En caso de que se materialice este escenario, se liberaría el material almacenado en la presa el cual corresponde a relaves y agua, los cuales inundarían aguas abajo llegando a afectar infraestructura vial y viviendas.

ii. Rotura de presa de arranque – condición hidrológica de día lluvioso y por tipo de falla de sobrepaso

La falla de sobrepaso es producto de un evento de inundación extremo o de deslizamiento de tierras al interior del embalse, ocasionando el rebose de la presa, ante la ocurrencia de este escenario se podría presentar la erosión del talud aguas abajo, debilitando la estructura y desencadenando su ruptura. Otros posibles mecanismos de generación de un desborde pueden ser la pérdida de borde libre luego de un evento sísmico seguido de uno o varios eventos de que produzcan altos niveles de aguas, taponamiento de las estructuras de decantación y vertederos durante eventos de precipitación, y la operación de la instalación con un volumen mayor al considerado en el diseño produciendo un borde libre menor al necesario para el manejo de inundaciones.

En caso de que se materialice este escenario, se liberaría el material almacenado en la presa el cual corresponde a relaves y agua, los cuales inundarían aguas abajo llegando a afectar infraestructura vial y viviendas.

iii. Rotura de presa de arena - condición hidrológica de día soleado y por tipo de falla de tubificación

La falla de tubificación corresponde a la infiltración de flujos de agua por una zona de alta conductividad al interior de la presa, producto de este flujo continuo se erosiona el material con el paso del agua hasta generar tubificación, esta tubificación será cada vez mayor hasta llegar a ocasionar el colapso de algún segmento del terraplén sea por afectación en el cuerpo o en la cimentación, lo cual conllevará al rompimiento de la presa en dicha zona.

Como el nombre lo indica la presa de arena está conformada por arena, esta es extraída de los ciclones, y utilizada para la construcción de la presa con el fin de aumentar el almacenamiento total del depósito; la arena debe ser compactada con el fin de disminuir la susceptibilidad a la licuefacción. Dado el material, la rotura de esta presa ocasionaría la liberación de un volumen considerable de sedimentos a la quebrada La Palestina.

iv. Rotura de presa de arena – condición hidrológica de día lluvioso y por tipo de falla de sobrepaso

La falla de sobrepaso es producto de un evento de inundación extremo o de deslizamiento de tierras al interior del embalse, ocasionando el rebose de la presa, ante la ocurrencia de este escenario se podría presentar la erosión del talud aguas abajo, debilitando la estructura y desencadenando su ruptura

Otros posibles mecanismos de generación de un desborde pueden ser la pérdida de borde libre luego de un evento sísmico seguido de uno o varios eventos de que produzcan altos niveles de aguas, taponamiento de las estructuras decantación y vertederos durante eventos de precipitación, y la operación de la instalación con un volumen mayor al considerado en el diseño produciendo un borde libre menor al necesario para el manejo de inundaciones.

Como el nombre lo indica esta presa está conformada por arena, esta es extraída de los ciclones, y utilizada para la construcción de la presa con el fin de aumentar el almacenamiento total del depósito; la arena debe ser compactada con el fin de disminuir la susceptibilidad a la licuefacción. Dado el material, la rotura de esta presa ocasionaría la liberación de un volumen considerable de sedimentos a la quebrada La Palestina.

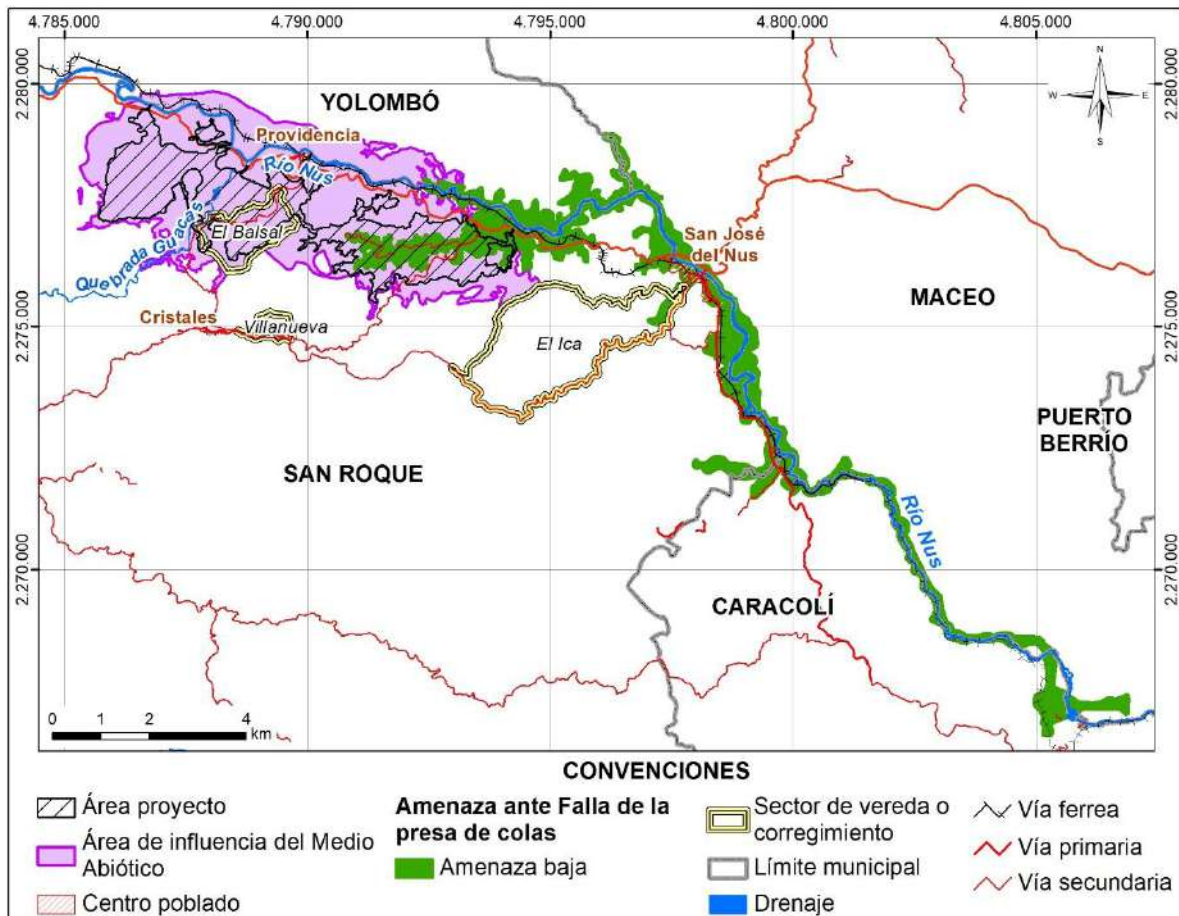


Figura 10.1.3.48 Amenaza ante Falla de la presa de Colas

Fuente: Integral S.A., 2025

f. Falla de la tubería de colas

Es importante mencionar que esta amenaza y los escenarios de riesgo identificados han sido evaluado en el Plan de Gestión del Riesgo (PGR_01_V1) aprobado en la resolución 1514 de 2015.

La tubería de colas es un alineamiento utilizado para el transporte de colas. La ruptura de esta tubería podría presentarse por múltiples causas, entre las cuales encontramos: problemas de inestabilidad geotécnica, sismos, materiales defectuosos o atentados.

Las colas de flotación se bombearán mediante dos estaciones de bombeo y se utilizará tubería de acero al carbono con un diámetro de 20 pulgadas. En la primera estación de bombeo se tendrá un tanque de retención. Esta estación también contará con 3 bombas centrífugas que serán instaladas en serie y otras 3 bombas adicionales con las mismas características y disposición para ser usadas como reserva. El tramo desde la estación de bombeo 1 hasta el tanque de retención previo a la estación de bombeo 2 será de 3.6 km.

La segunda estación de bombeo contará con 4 bombas centrifugas que serán instaladas en serie, y con otras 4 bombas adicionales para ser usadas como reserva. Además, contará también con un tanque de transferencia, pero de menor capacidad que el de la primera estación. La distancia desde la segunda estación de bombeo hasta la presa de colas será de 4.1 km.

Mientras que, para las colas de lixiviación, al igual que el sistema de bombeo de las colas de flotación, se transportará el material desde la planta de procesamiento hasta la presa de colas, con dos estaciones de bombeo y se utilizará tubería de acero al carbono con un diámetro de 5 pulgadas.

La distancia de bombeo de la primera etapa será de aproximadamente 3.6 km y el material será descargado en un tanque de transferencia, el cual actuará como separador entre las dos estaciones. La distancia de bombeo de la segunda etapa será de 3.0 km y el material será descargado de manera subacuática en la laguna de la presa de relaves. En esta laguna, la tubería de descarga será sostenida por flotadores, y al final de ésta se tendrá un codo sumergido, el cual permitirá que el material sea descargado debajo de la superficie de agua; este codo será sostenido mediante una barcaza.

I. Escenarios de riesgo asociado a la falla de tubería de colas

i. Rotura de la tubería de conducción de colas de flotación o de lixiviación

El material transportado por la tubería corresponde a un fluido viscoso (arenas y lodos), ante la rotura de dicha tubería se podría generar el derrame de la sustancia transportada llegando a afectar las corrientes de agua aledañas e incluso los suelos.

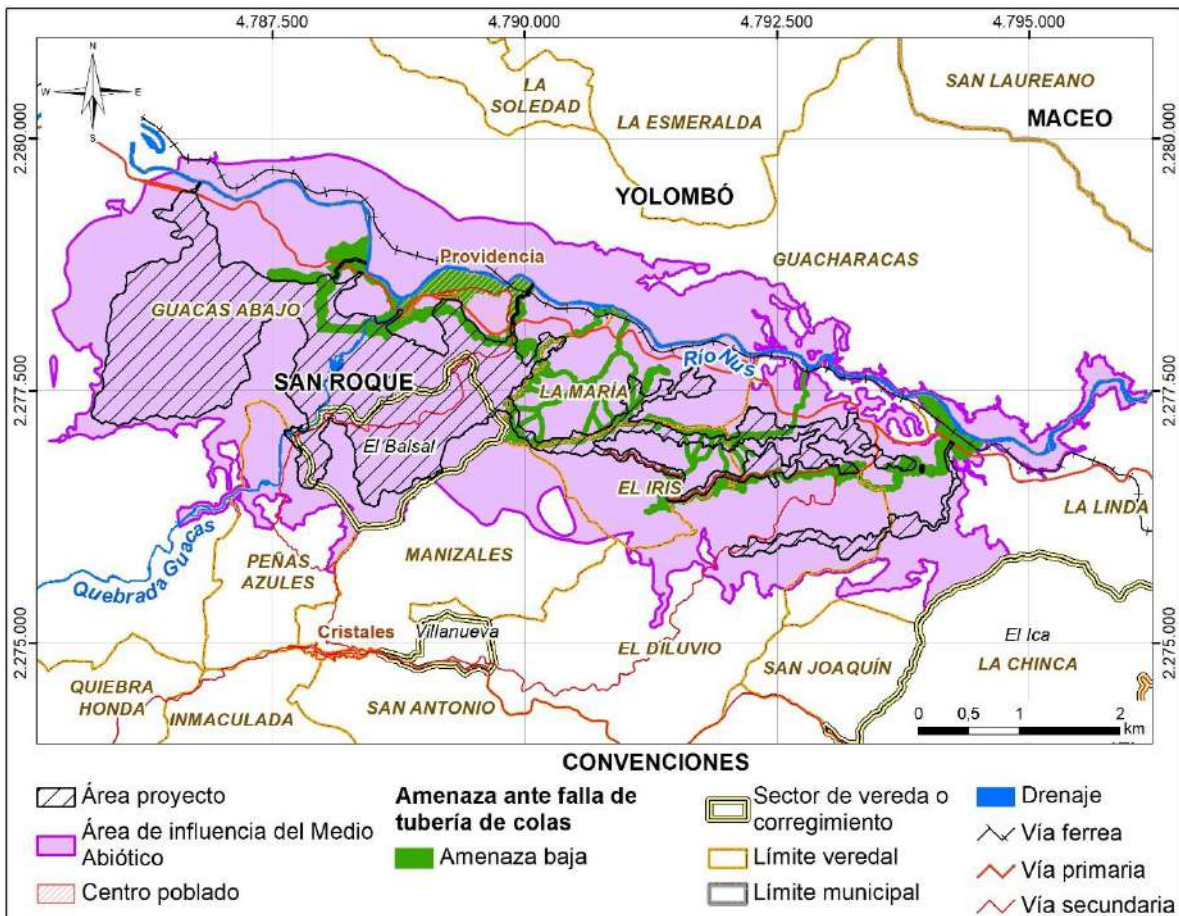


Figura 10.1.3.49 Amenaza ante falla de la tubería de colas

Fuente: Integral S.A., 2025

g. Derrumbes de taludes de los depósitos de material

La Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote considera la operación de depósitos de material, sobre los cuales pueden presentarse movimientos en masa.

Depósito de estériles El Balsal: En la etapa de máxima acumulación, prevista para el año 2037, el volumen almacenado alcanza los 13.47 Mm³. Posteriormente, a medida que avanza el procesamiento del mineral, el volumen remanente se reduce a 3.30 Mm³ hacia el año 2041, fecha en la que está programada la culminación de sus operaciones.

Depósito de estériles San Antonio: En sector San Antonio, rediseñado para 318 Mt de capacidad. El depósito está propuesto para almacenar material de desmonte del Tajo Gramalote durante un periodo de 11 años, con finalización de la operación programada para el año 2038. El volumen máximo de almacenamiento de material total es de ~116 millones de metros cúbicos (Mm³).

Tierra Group realizó una clasificación preliminar de riesgo para los depósitos San Antonio y El Balsal, de conformidad con las directrices establecidas en la Guidelines for Large Open Pit Mine Projects (LOP, por sus siglas en inglés) (Hawley y Cuning, 2017).

Con el fin de mitigar los riesgos asociados a los depósitos de estériles de Gramalote, la caracterización geológico-geotécnica desarrollada por Tierra Group incluyó los siguientes aspectos:

- Caracterización detallada de los materiales de fundación, mediante perforaciones, calicatas, ensayos geofísicos, pruebas de permeabilidad en campo y la definición de parámetros geotécnicos ajustados a los resultados de la investigación disponible.
- Verificación de un bajo potencial de licuación, limitado únicamente a suelos de origen aluvial y a niveles superficiales de meteorización del batolito. En consecuencia, como parte de la preparación de la fundación, se requiere la inspección geológica y geotécnica durante la etapa de construcción, con el fin de identificar y remover materiales incompetentes, sobre los cuales posteriormente se conformarán los depósitos.
- Definición del tipo de relleno a disponer en los depósitos de estériles, correspondiente a roca competente, con excepción de los materiales oxidados. El comportamiento de estos materiales fue modelado con base en Hawley y Cuning (2017), considerando envolventes definidas en función de la relación entre el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante.
- Incorporación de la geometría de los depósitos en los análisis de estabilidad. Para el depósito El Balsal, se analizó la sección crítica considerando la configuración máxima proyectada para el año 2037, que contempla una elevación máxima hasta la cota 1010 msnm y un talud global de 2,15H:1,0V. En el caso del depósito San Antonio, se consideró la configuración máxima correspondiente al año 2038 del plan de minado, con una elevación que puede alcanzar la cota 1000 msnm y un talud global de 2,9H:1,0V.
- Definición de los criterios de análisis para los depósitos de estériles, establecidos de acuerdo con las directrices de la Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design (Hawley y Cuning, 2017), con base en las cuales se clasificaron los depósitos San Antonio y El Balsal.

Tabla 10.1.3.65 Clasificación de los depósitos de estériles

Depósito	Nivel de confianza	Consecuencia
San Antonio	Moderado	Alta
El Balsal	Moderado	Alta

Fuente: Tierra Group, 2025

La clasificación se basó en los siguientes niveles apropiados de confianza y consecuencia:

“Nivel de confianza moderado:

Corresponde a un nivel de confianza moderado en las condiciones de la fundación, las propiedades de los materiales, los niveles piezométricos, las técnicas de análisis y los mecanismos de inestabilidad. Los parámetros de entrada se encuentran adecuadamente definidos y presentan un grado de variabilidad moderado.

Nivel de consecuencia alto:

Aplica a depósitos con taludes globales superiores a 30° y/o alturas mayores a 250 m, o con ángulos de reposo y alturas superiores a 200 m. Considera la presencia de infraestructura crítica o accesos sin restricciones dentro de la posible sombra de deslizamiento, con medidas limitadas de mitigación o contención.

Asimismo, contempla un potencial de alto impacto ambiental que sería difícil de gestionar, así como una exposición a largo plazo (más de 5 años) en sitios sujetos a precipitaciones anuales altas (1.000–2.000 mm), o una exposición a mediano plazo (1–5 años) en sitios con precipitaciones anuales muy altas (superiores a 2.000 mm) o con estaciones lluviosas intensas.”

Para el depósito San Antonio, Tierra Group seleccionó un nivel de confianza moderado, dado que el área del proyecto ha sido objeto de estudios desde 2012 y se han desarrollado diversas investigaciones geotécnicas por parte de distintos consultores. En el caso del depósito El Balsal, Tierra Group supervisó una campaña de investigación geotécnica realizada entre febrero y abril de 2025, la cual incluyó perforaciones, calicatas, estudios geofísicos y recolección de muestras.

Tierra Group seleccionó un nivel de consecuencia alto para los depósitos San Antonio y El Balsal, debido a que estas estructuras alcanzarán alturas aproximadas superiores a 150 m y estarán sometidas a precipitaciones anuales mayores a 2.000 mm. Las tablas de clasificación correspondientes a los depósitos San Antonio y El Balsal se incluyen en el capítulo 5_7_1_GEOTECNIA del presente MEIA.

Con base en esta clasificación, el sismo de diseño de los depósitos de estériles corresponde al Máximo Evento Creíble (MCE) definido en el estudio de amenaza sísmica, para el cual se adoptó un PGA base de 0,37 g, un coeficiente sísmico horizontal del 50 %, siguiendo lo propuesto por Hynes y Griffin (1984) y la práctica ingenieril aplicable al diseño de este tipo de obras. Los análisis de estabilidad arrojaron factores de seguridad superiores a 1,5 en condición estática y superiores a 1,1 en condición pseudoestática, lo que reduce el riesgo de fallas o derrumbes de los taludes de los depósitos de estériles.

ZODMES – Zonas de Disposición de Materiales de Excavación

Los análisis de estabilidad, tanto en condición estática como pseudoestática, fueron fundamentales para validar las soluciones de ingeniería propuestas para la conformación de las ZODMES (Zonas de Disposición de Materiales de Excavación) o depósitos. Dichos análisis permitieron concluir que la configuración geométrica propuesta es adecuada para garantizar la estabilidad de las estructuras, sin requerir soporte mecánico adicional.

Específicamente, el proyecto Gramalote contempla la implementación de diez (10) ZODMES, distribuidas estratégicamente y diseñadas para albergar un volumen total aproximado de 6.480.840 m³.

Los análisis de estabilidad determinaron que la conformación de los llenos en las zonas de depósito con una pendiente de 2H:1V permite alcanzar condiciones de estabilidad adecuadas, sin necesidad de soporte mecánico adicional. Adicionalmente, tal como se detalla en el Numeral 5.1.7 – Geotecnia, para algunos ZODMES y considerando las condiciones de fundación observadas y la verificación de suelos especiales, se recomendó la conformación de un enrocado en la pata del depósito, así como la realización de

inspecciones geológicas y geotécnicas durante la etapa de construcción, con el fin de garantizar la remoción de materiales poco competentes.

Asimismo, se recomendaron medidas constructivas complementarias, tales como sistemas de drenaje, control de compactación y protección contra la erosión, orientadas a asegurar el adecuado funcionamiento y la estabilidad de los depósitos, especialmente en caso de presencia de materiales incompetentes.

Los ZODMES fueron diseñados para un periodo de retorno sísmico de 475 años, adoptando un coeficiente de aceleración horizontal equivalente a $2/3$ del PGA base de 0,238 g. Los análisis de estabilidad realizados arrojaron factores de seguridad superiores a 1,5 en condición estática y superiores a 1,1 en condición pseudoestática, lo cual contribuye a reducir el riesgo de fallas en los taludes de los depósitos de materiales sobrantes de construcción.

h. Emergencia sanitaria

Se entiende como emergencia sanitaria a un suceso imprevisto en el cual se ve afectada la salud pública; para el caso del proyecto la emergencia sanitaria puede estar asociada a la operación del mismo como por ejemplo: la intoxicación masiva de personal del proyecto por ingesta de alimentos contaminados en el casino, por contaminación de la fuente de agua que abastece los campamentos, por dificultades para disposición de las aguas residuales producto de fallas de la planta de tratamiento o en el manejo de los residuos sólidos (bloqueo de la vía al relleno sanitario). También se puede presentar por enfermedades infecciosas o virales o epidemias que afecten al personal que labora en el proyecto.

I. Escenarios de riesgo ante emergencia sanitaria

i. Intoxicación masiva de personal que labora en el proyecto

La intoxicación del personal puede ser causada por la ingesta de alimentos contaminados en el casino del proyecto, lo cual sería de carácter masivo, llegando a afectar hasta 3.000 personas en la fase de construcción del proyecto.

Otra posible causa de una intoxicación masiva sería la contaminación de los afluentes de abastecimiento del proyecto y/o fallas en la planta de tratamiento de aguas residuales.

ii. Epidemia de enfermedades infecciosas o virales que afectan al personal que labora en el proyecto

Las causas de una enfermedad de este tipo podrían estar asociadas con la migración de personal de diferentes zonas, además de las características propias de la zona del proyecto, lo cual puede propiciar la aparición y/o proliferación de enfermedades como: fiebre amarilla, dengue, hepatitis, etc. Adicional a esto, se pueden presentar enfermedades de este tipo asociadas a dificultades en la disposición de los residuos generados durante las diferentes fases del proyecto.

Cabe aclarar que en el proyecto se contemplan jornadas de vacunación y campañas para la prevención de enfermedades en el marco de los programas de medicina preventiva y del trabajo del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

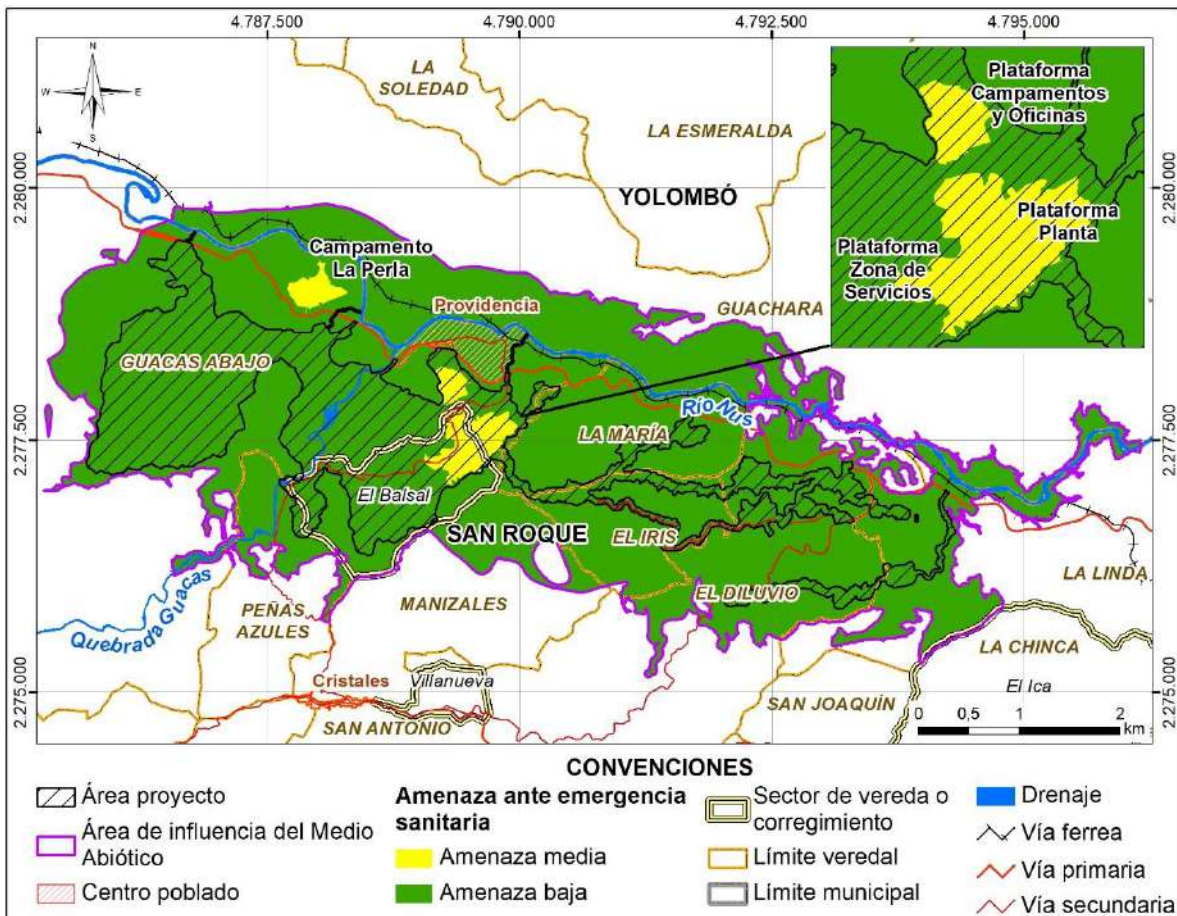


Figura 10.1.3.50 Amenaza ante emergencia sanitaria

Fuente: Integral S.A., 2025

i. Accidentes de vehículos de carga (derrame de cianuro, combustible)

Para el desarrollo del proyecto se requiere el transporte de diferentes sustancias clasificadas como peligrosas, además de combustible; estas sustancias se transportarán por vía terrestre hacia la mina y al interior de ella. Es importante señalar que dichas sustancias serán adquiridas a proveedores debidamente autorizados, quienes cumplirán con todos los requisitos legales aplicables para el transporte y la manipulación de sustancias químicas, siendo responsables de la gestión de emergencias asociadas al transporte por fuera de las instalaciones del proyecto Gramalote. Por su parte, Gramalote será responsable del manejo y la manipulación de estas sustancias únicamente al interior del proyecto y, en consecuencia, el presente Plan de Gestión del Riesgo se formula considerando los escenarios de riesgo que puedan presentarse dentro de sus instalaciones.

Ante la ocurrencia de un accidente de los vehículos encargados del transporte podría generarse el derrame de dichos materiales, siendo el cianuro de sodio el de mayor riesgo, dado que podría llegar a contaminar tanto corrientes de agua como suelos.

El cianuro se utiliza en minería para extraer oro y plata del mineral, en particular mineral de baja ley y mineral que no puede tratarse fácilmente mediante procesos físicos simples como la trituración y la separación por gravedad, incluso procesos químicos como la flotación, representando así para la industria minera del oro un compuesto de gran importancia para la recuperación de los metales preciosos.

Se debe tener en cuenta:

- Equipos y/o actividades involucradas en las diferentes fases del proyecto
- Tipo de amenaza que esté involucrada (natural, antrópica, operaciones)
- Sucesos finales
- Posibles causas y frecuencias de falla
- Análisis de probabilidad de ocurrencia para cada amenaza.

I. Escenarios de riesgo ante accidentes de vehículos de carga

i. Derrame de cianuro de sodio por accidente del vehículo que lo transporta y que contamine un curso de agua

El cianuro de sodio será transportado al interior del proyecto por medio de vehículos de carga, los cuales movilizarán varias toneladas de este; en caso de que ocurra un accidente vehicular de magnitud tal que llegue a desencadenar el derrame de la sustancia transportada, esta podría llegar a alcanzar corrientes de agua llegando a afectar los ecosistemas acuáticos y terrestres.

ii. Derrame de cianuro de sodio por accidente del vehículo que lo transporta y que contamine el suelo

Al igual que en el escenario anterior, este evento está asociado a un accidente vehicular en el cual se produce el derrame del cianuro de sodio en el suelo; en este caso el principal riesgo es la contaminación del suelo y la infiltración a acuíferos, además de la exposición de personal a la sustancia sin las medidas de protección adecuadas.

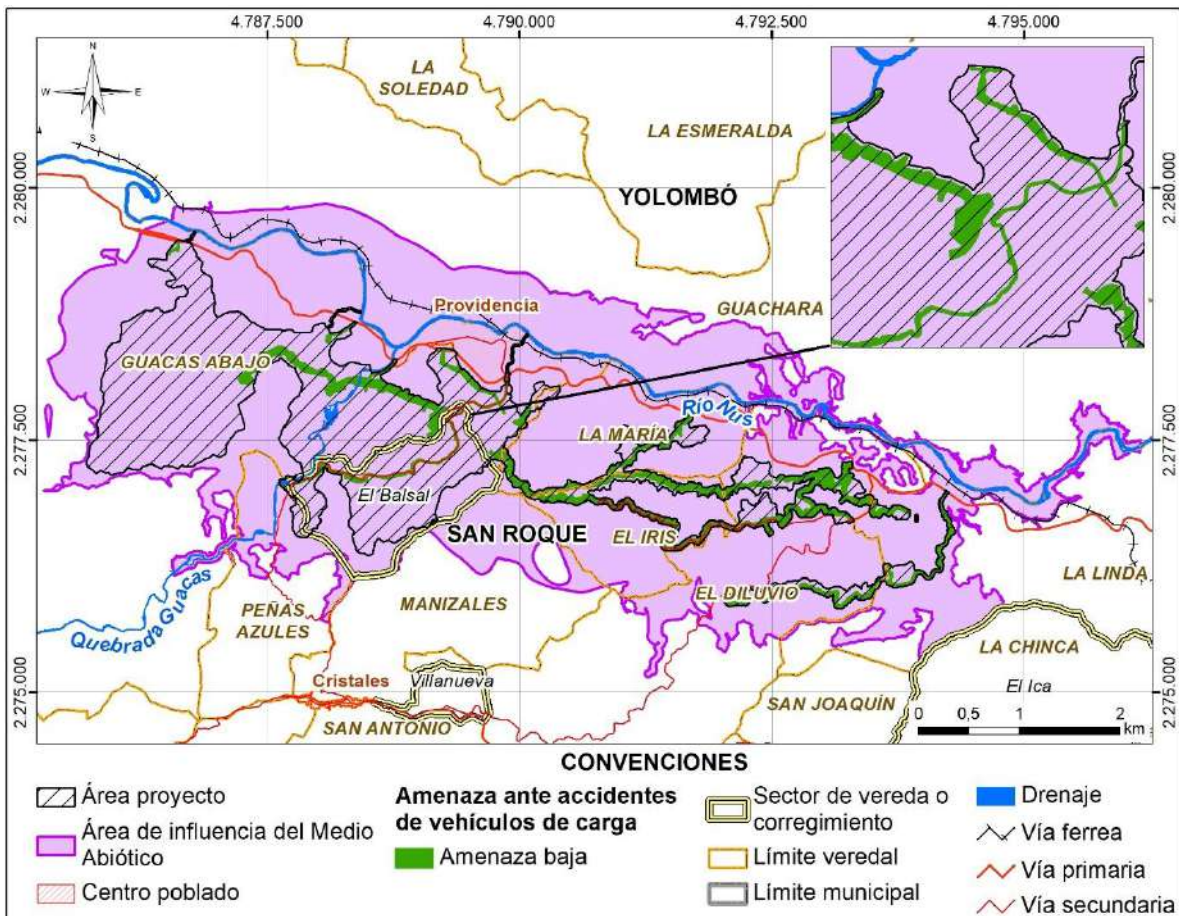


Figura 10.1.3.51 Amenaza ante accidentes de vehículos de carga

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.3.1.5 Incidencia del cambio climático

El cambio climático se entiende como una transformación significativa y sostenida en los patrones climáticos del planeta, la cual puede tener su origen en procesos naturales, pero que actualmente está fuertemente influenciada por las actividades humanas. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático- CMNUCC (Naciones Unidas, 1992) establece que esta alteración del clima está asociada directa o indirectamente a la intervención humana, especialmente en lo que respecta a las emisiones que modifican la composición de la atmósfera global, más allá de la variabilidad natural del sistema climático.

Por su parte, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha establecido firmemente que la actividad humana es la principal causa del actual cambio climático al aumentar las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero GEI en la atmósfera. La quema de combustibles fósiles, la deforestación y las prácticas agrícolas intensivas son algunos de los factores que contribuyen a este aumento (Nasa, 2024). Si bien los GEI desempeñan un papel central, también existen variables naturales como las

variaciones en la radiación solar, los cambios orbitales de la Tierra, la actividad volcánica y los movimientos tectónicos que pueden influir en los cambios climáticos de largo plazo (Naciones Unidas, s. f.).

El cambio climático es uno de los principales desafíos ambientales, sociales y económicos a nivel mundial. Se traduce en alteraciones en los patrones climáticos predominantes, manifestándose a través del aumento de la temperatura promedio global, cambios en los patrones de precipitación, incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos como sequías prolongadas, huracanes, olas de calor e inundaciones.

El cambio climático global afecta los patrones de precipitación y temperatura, incluyendo a Colombia. Según (Ideam, 2024), los escenarios de cambio climático para Colombia muestran que para el año 2050 se espera un aumento de la temperatura promedio entre 1,5 °C y 2 °C, así como una alteración de los patrones de precipitación. Mientras que algunas zonas podrían enfrentar lluvias más intensas y prolongadas, otras sufrirán de sequías más severas. En el Caribe colombiano y algunas áreas del interior del país la disminución de lluvias podría agravar la escasez de agua, lo que afectaría la seguridad alimentaria y las actividades productivas. Además, se espera que aumenten la frecuencia y la intensidad de fenómenos climáticos extremos, tales como huracanes, tormentas tropicales, sequías prolongadas e inundaciones. Estos eventos podrían tener un impacto devastador en la infraestructura, los cultivos y las comunidades más vulnerables. Adicionalmente, se estima que el cambio climático tendrá un efecto directo sobre la distribución y disponibilidad del agua en el país. Las cuencas hidrográficas más importantes, como las del río Magdalena y el Cauca, podrían experimentar fluctuaciones severas en sus caudales, lo que afectaría la producción de energía hidroeléctrica, la agricultura y el abastecimiento de agua a las poblaciones urbanas y rurales. Por último, se espera que se genere una gran pérdida de biodiversidad ya que muchas especies de flora y fauna, especialmente las más vulnerables, no podrán adaptarse a las nuevas condiciones futuras de temperatura y precipitación. Esto afectará no solo la biodiversidad, sino también los servicios ecosistémicos vitales, como la polinización y la purificación del aire y agua.

La estimación de las emisiones derivadas de las actividades humanas y de la absorción realizada por los reservorios de carbono en Colombia se presenta en el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero – INGEI, contiene. Dicho inventario incluye las emisiones directas de los gases Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Hexafluoruro de azufre (SF₆) y Perfluorocarbonos (PFC) y agrupan las emisiones y absorciones en cuatro grandes grupos: i) Energía; ii) Procesos Industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés); iii) Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés); y iv) Residuos.

Para el Inventario Nacional, las emisiones estimadas en cada uno de los cuatro grandes grupos del IPCC, son relacionadas con los ocho sectores principales de la economía del país (Minas y energía, Industrias manufactureras, Transporte, Residencial, Comercial, Agropecuario, Forestal y Saneamiento).

Según el INGEI (Ideam, 2024) Colombia generó un total de emisiones netas de 280,1 Mt CO₂eq a 2021. De este total, un 39,43% de las emisiones corresponden al sector LULUCF (Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra, por sus siglas en inglés), el 30,24% al sector

Energía y el 19,13% al sector agricultura. El restante 11,20% corresponde a los sectores residuos y IPPU (Procesos industriales y uso de productos).

Las subcategorías que aportan en mayor medida a las emisiones totales del año 2021 fueron tierras forestales que permanecen como tierras forestales (21,98%), Ganado (14,00%), Transporte (13,92%), Tierras convertidas en pastizales (13,27%). En el sector de residuos, la mayor participación en las emisiones se obtiene con sitios de eliminación de residuos gestionados y tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales (Ideam, 2024).

Según Climate Watch Data (2025), a nivel mundial Colombia está en el puesto 33 de emisiones GEI, aportando el 0,56% del total emitido en el mundo. Si bien esto indica que sus emisiones pueden ser reducidas comparado con los grandes emisores, el cambio climático implica grandes riesgos para el país ya que Colombia es un país altamente vulnerable ante los efectos del cambio climático y las proyecciones climáticas realizadas por el IDEAM indican que esta vulnerabilidad se irá profundizando.

A nivel departamental, el departamento de Antioquia ocupa el primer lugar en emisiones GEI a nivel nacional, el Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero para Colombia en su reporte de GEI en el territorio colombiano entre los años 1990 a 2012 determina que las emisiones del departamento fueron de 22,94 Mton CO₂eq. Sin embargo, Antioquia también es el departamento con las mayores absorciones de GEI a nivel nacional, con -9.99 CO₂eq.

Considerando tanto las emisiones como las absorciones, Antioquia se ubica en el tercer lugar en emisiones netas de GEI a nivel nacional, con 12,95 MCO₂eq (IDEAM et al., 2016). De acuerdo con el Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia, los principales sectores económicos que contribuyen a las emisiones de GEI en Antioquia son el agropecuario (26,6% o 26,65%), el forestal (23% o 23,3%) y la industria manufacturera (22,9%) (FAO & Gobernación de Antioquia., 2018).

De acuerdo con el informe de huella de carbono del año 2023 (Gramalote Colombia Limited, 2023), Específicamente para el proyecto en el año 2023, la huella de carbono del proyecto minero Gramalote, ubicado en San Roque, Antioquia, alcanzó 615,77 tCO₂e, con una marcada predominancia de las emisiones indirectas, que representaron la mayor contribución: 557,07 tCO₂e asociadas principalmente al transporte y productos utilizados por la organización, seguidas por 38,33 tCO₂e derivadas del consumo de energía eléctrica. Las emisiones directas tuvieron una participación menor, con 20,37 tCO₂e, debido a que no ha iniciado actividades productivas. Esta tendencia refleja que el impacto más significativo proviene de la cadena de suministro y servicios externos, lo que plantea la necesidad de fortalecer estrategias de eficiencia energética, gestión de transporte y economía circular para reducir la huella en las etapas futuras de construcción y operación.

Es importante destacar que entre 2018 y 2023, la tendencia histórica de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del proyecto Gramalote muestra una variación marcada por la naturaleza de sus actividades. Durante los años 2020 y 2021 se registraron los mayores niveles de emisiones, principalmente por las campañas de exploración minera, alcanzando valores superiores a 600 tCO₂e en 2021. A partir de 2022, las emisiones disminuyeron significativamente debido a la suspensión de estas actividades, llegando en

2023 a 615,77 tCO₂e, con predominio de emisiones indirectas asociadas a transporte y cadena de suministro

A nivel de riesgo climático, Antioquia es un departamento con alto riesgo. Simulaciones para escenarios futuros (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) respecto al periodo de referencia 1976-2005 muestran un aumento general de la temperatura promedio en todo el departamento para finales del siglo XXI (2071-2100), con aumentos máximos cercanos a los 3°C y mínimos de 0.5°C (Gobernación de Antioquia., 2021). En la Figura 10.1.3.52 se evidencia que se espera un aumento de temperatura de 0,81 a 1,0°C en la zona de influencia de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

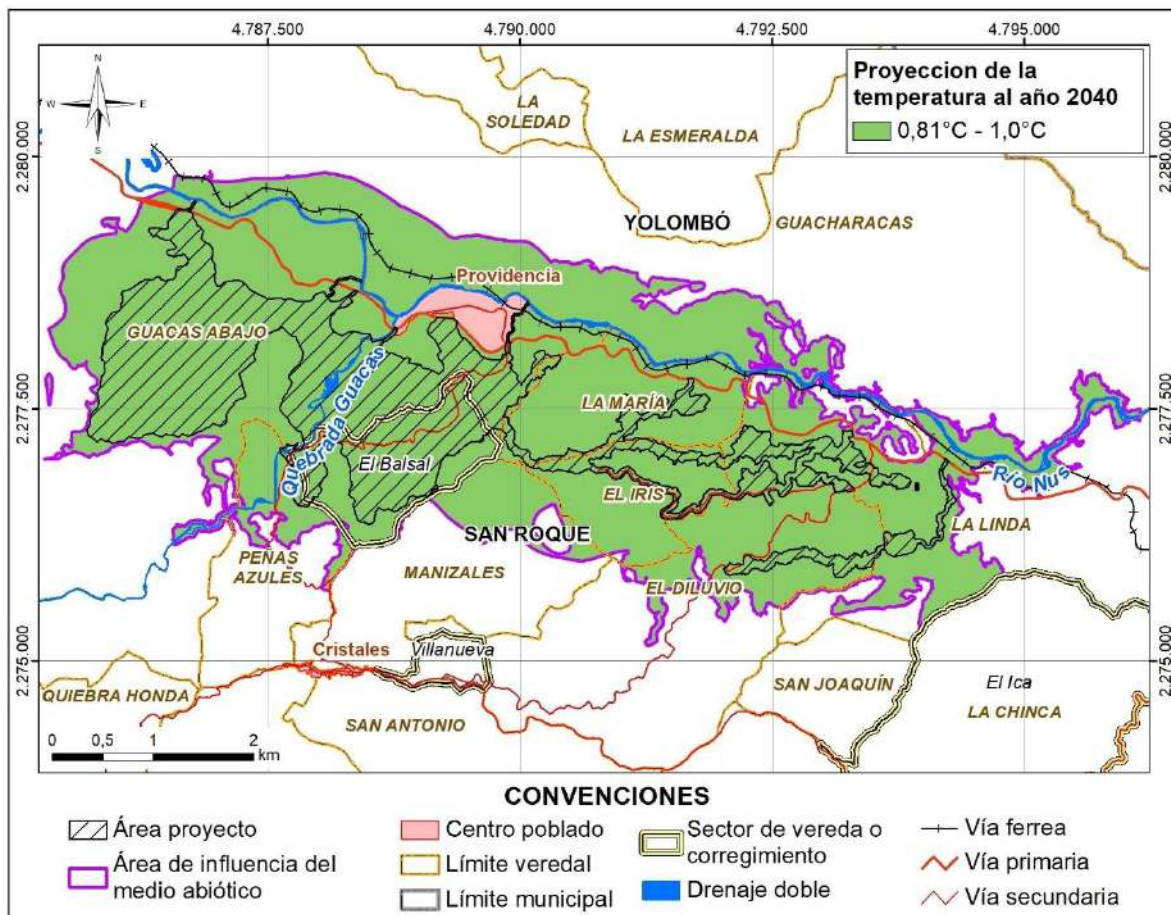


Figura 10.1.3.52 Proyección de temperatura a 2040 para el municipio de San Roque

Fuente: Integral S.A., 2025. Adaptado de IDEAM et al. 2017

En relación con las precipitaciones, el porcentaje de precipitación en promedio sobre todo el territorio del departamento de Antioquia podría aumentar en el corto plazo (2011-2040) en 4,9%, y para finales de siglo las precipitaciones podrían aumentar en un 9.3% con respecto al valor actual (Gobernación de Antioquia., 2021). En la Figura 10.1.3.53 se evidencia que se espera un aumento de la precipitación del -9 al 10% en la zona de

influencia de la Modificación de la Licencia Ambiental del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

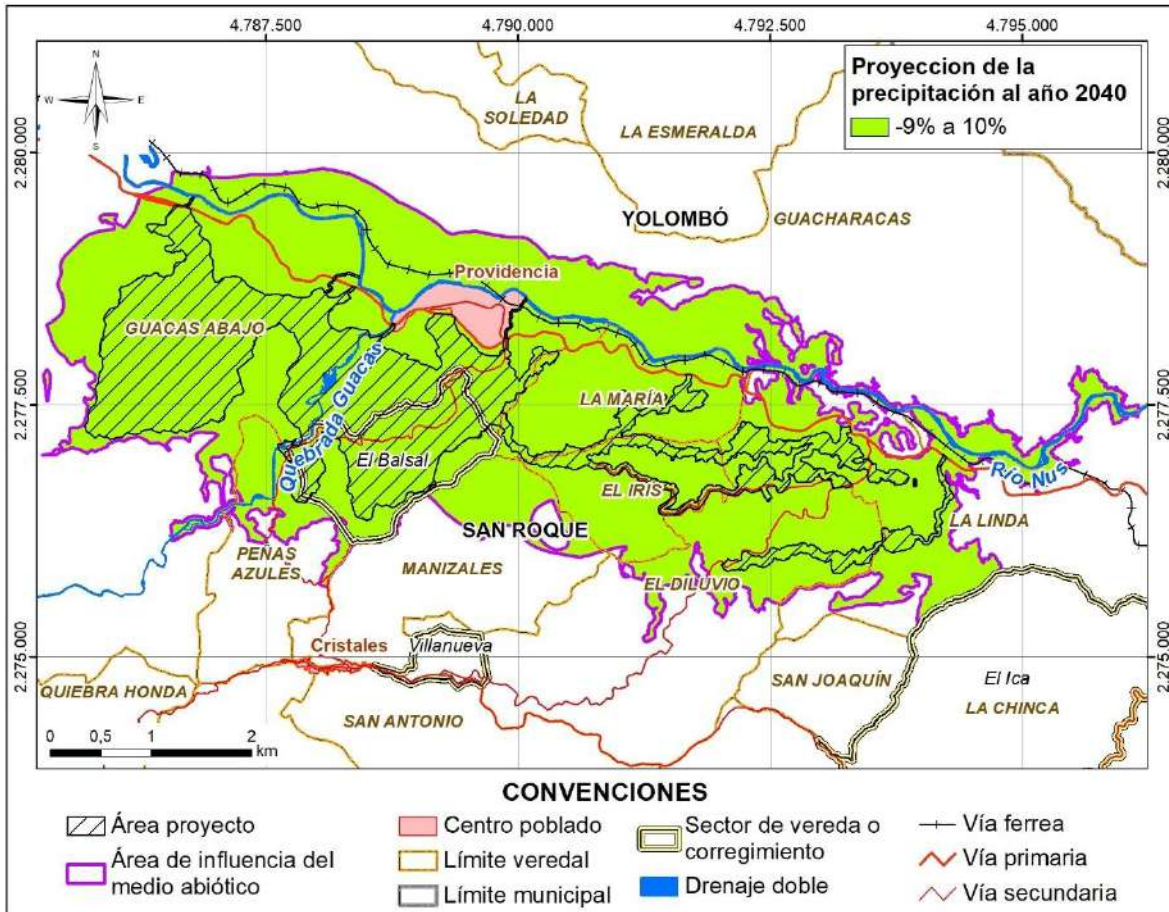


Figura 10.1.3.53 Proyección de precipitación a 2040 para el municipio de San Roque

Fuente: Integral S.A., 2025. Adaptado de IDEAM et al. 2017

La amenaza por cambio climático en el departamento de Antioquia se clasifica entre baja y muy baja para las dimensiones evaluadas en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático: seguridad alimentaria, recurso hídrico, biodiversidad, salud, hábitat humano e infraestructura (IDEAM et al., 2017). Sin embargo, la subregión Nordeste donde se localiza el proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote presenta una amenaza muy alta en materia de seguridad alimentaria, debido a los cambios proyectados en precipitación y temperatura (FAO & Gobernación de Antioquia., 2018).

En relación con la vulnerabilidad, el PIGCT de Antioquia destaca que la subregión Nordeste muestra condiciones sociales críticas que aumentan la vulnerabilidad: más del 40% de los hogares en pobreza, un índice de Necesidades Básicas Insatisfechas superior al 42%, baja escolaridad y dependencia de actividades sensibles al clima como agricultura y minería. A esto se suma la deforestación acelerada y la fragmentación de ecosistemas, que reducen la capacidad de regulación hídrica y la resiliencia del territorio. De esta

manera, el riesgo ante el cambio climático en San Roque se clasifica como alto, dado que combina exposición a eventos extremos, déficit hídrico y baja capacidad adaptativa institucional y comunitaria.

En síntesis, el cambio climático incide de manera significativa en la gestión del riesgo en la subregión Nordeste de Antioquia, donde se encuentra el municipio de San Roque. Este territorio enfrenta amenazas crecientes como la deforestación acelerada, que reduce la capacidad de regulación hídrica y aumenta la exposición a deslizamientos e inundaciones. A ello se suma un déficit hídrico crítico, pues la demanda supera ampliamente la oferta, lo que compromete el abastecimiento de agua y la generación hidroeléctrica. Los escenarios climáticos proyectan incrementos en la frecuencia e intensidad de eventos extremos inundaciones, avenidas torrenciales y sequías que afectan infraestructura, viviendas y actividades productivas. Además, los páramos y bosques altoandinos, esenciales para la provisión de agua y la estabilidad ecológica, se encuentran amenazados por cambios en temperatura y precipitación, mientras que la alta vulnerabilidad social y económica incrementa la exposición de la población.

En el caso específico de San Roque, se prevén impactos directos sobre la productividad agrícola, especialmente en cultivos como café, caña panelera y frutales, generando incertidumbre en la seguridad alimentaria y mayores costos por adaptación. El riesgo de deslizamientos e inundaciones se intensificará por lluvias más intensas, afectando vías, viviendas y servicios básicos, mientras que la pérdida de cobertura boscosa y la fragmentación de ecosistemas disminuirán la resiliencia del territorio. También se espera un incremento en enfermedades transmitidas por vectores, como dengue y zika, debido a condiciones climáticas más favorables.

De acuerdo con el Informe de Resultados de la Vulnerabilidad y el Riesgo Climático de Gramalote Colombia Limited (Cornare, 2025), el cambio climático impacta las operaciones y activos de Gramalote principalmente por su alta exposición a amenazas físicas en un territorio hidroclimáticamente sensible. El análisis evidencia que los riesgos más relevantes se concentran en desastres asociados a inundaciones y deslizamientos, así como en la vulnerabilidad de la infraestructura crítica, que tiende a incrementarse en escenarios futuros. Aunque el índice global de amenaza física se mantiene bajo, la persistencia del riesgo en estas dimensiones, sumada a una capacidad adaptativa limitada, convierte la adaptación en una prioridad estratégica para garantizar la continuidad operativa. Por otro lado, los riesgos de transición hacia una economía baja en carbono son actualmente muy bajos, pero se anticipa que las presiones normativas y tecnológicas aumentarán en el mediano plazo, lo que exige preparación para cumplir con regulaciones, mejorar eficiencia energética y adoptar tecnologías limpias.

10.1.3.1.6 Identificación de elementos vulnerables

A. Elementos expuestos del componente personas

Los elementos expuestos del componente personas corresponden a todos aquellos relacionados con la presencia de población ubicada en las diferentes veredas, sectores y centros poblados que, debido a su localización, pueden verse afectados por la manifestación de las amenazas identificadas en el presente Plan de Gestión del Riesgo.

Teniendo en cuenta que el proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se localiza en los municipios de San Roque y Yolombó, a continuación, se describe la estructura de la población de estos dos municipios.

De acuerdo con la proyección de población del DANE, en el año 2025 el municipio de San Roque cuenta con 23.105 habitantes, la distribución por sexo indica que el 49,5% son mujeres (11.437) y el 50,5% son hombres (11.668). Para el municipio de Yolombó, en el año 2025 se reporta una población de 24.178, con una leve diferencia entre hombres (11.285) y mujeres (11.893), representado por un 50,8% y un 49,2% respectivamente.

Ahora bien, respecto a la distribución por zona, el 36,8% de la población de San Roque se ubica en la zona urbana (8.493 personas) lo que expresa un margen menor con respecto a la zona rural que representa el 63,2% (14.612 personas). La distribución para el municipio de Yolombó conserva una similitud, puesto la población que se concentra en el área urbana es un 35,1% (8.482 personas) frente al 64,2% que reside en el área rural (15.696 personas). (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), 2018).

La desagregación por edades y sexo en grupos quinquenales según las proyecciones de población al año 2025 para los municipios de San Roque y Yolombó se ilustra en la Figura 10.1.3.54. Se aprecia que la pirámide poblacional para el municipio de San Roque es tipo campana, con una base que presenta disminución para la población infantil (menores de cinco años) indicando tendencia a la disminución en la tasa de natalidad, y retraimiento en los grupos de edad juvenil (15 a 29 años) coincidiendo con la etapa de educación post básica, preparatoria para la etapa laboral, lo cual puede indicar procesos migratorios en búsqueda de oportunidades de capacitación e ingreso al ámbito productivo.

Resaltan los grupos poblacionales de adultos entre 30 y 44 años y los niños, niñas y adolescentes entre 5 y 14 años como los rangos con mayor representatividad en la pirámide, conformando el primer rango disponibilidad de fuerza laboral y el segundo, población escolar en crecimiento como oportunidad de desarrollo territorial futuro derivando una alta presión por los servicios educativos de buena calidad y adecuadas ofertas laborales.

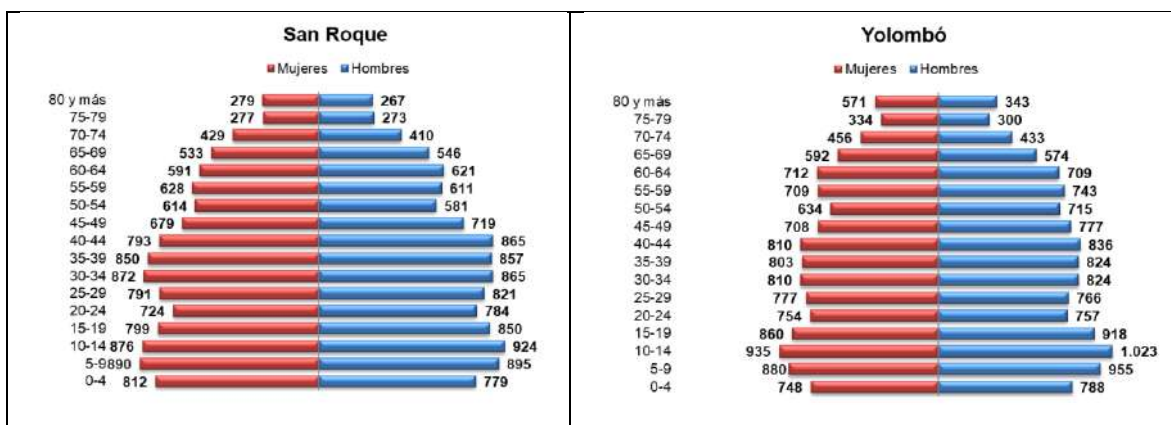


Figura 10.1.3.54 Pirámide poblacional, 2025

Fuente: Integral S.A., 2025, con información DANE CNPV 2018 con proyección a 2025

Para el municipio de Yolombó se aprecia en la Figura 10.1.3.54 una pirámide poblacional tipo campana, en la que se denota un índice de natalidad que disminuye asociado al comportamiento del primer quinquenio (menores de 5 años).

Posteriormente, se observa una expansión en los dos quinquenios siguientes, agrupando la población infantil, adolescentes y parte de los jóvenes, que a su vez conforman la población en edad escolar; para luego retraerse en la población joven que inicia su vida productiva y que tiene a la búsqueda de oportunidades educativas y laborales en otros lugares, con un comportamiento de crecimiento leve para ambos sexos hasta los 44 años. En general, muestra un decrecimiento tanto para hombres como mujeres entre los 45 y 54 años, donde se consideran productivos laboralmente. En la cúspide, se observa una población envejecida, especialmente en el caso de las mujeres.

Específicamente, el área de influencia del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se localiza en las unidades territoriales listadas en la columna Localidad de la Tabla 10.1.3.66, en la cual también se presenta la población total por cada unidad territorial. En dicha tabla se caracterizan las unidades territoriales del área de influencia en términos de población total, considerando además las proporciones correspondientes a cada sexo. Se identifica que la localidad con mayor concentración poblacional es el centro poblado del corregimiento de Providencia, seguida por la vereda El Diluvio y, posteriormente, por el centro poblado del corregimiento de Cristales, todas ubicadas en jurisdicción del municipio de San Roque.

Por su parte, las localidades con menor número de habitantes corresponden a la vereda La Linda, en el municipio de San Roque, y a la vereda Guacharacas, en el municipio de Yolombó.

Tabla 10.1.3.66 Población total por unidad territorial

Municipio	Localidad	Distribución por sexo				Total
		Hombres		Mujeres		
		#	%	#	%	
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	277	49,1%	287	50,9%	564
	Centro poblado del Cgto. Providencia	1.404	51,0%	1.348	49,0%	2.752
	El Diluvio	275	53,1%	243	46,9%	518
	El Iris	71	54,2%	60	45,8%	131
	Guacas Abajo	49	53,8%	42	46,2%	91
	Guacas Arriba	62	53,0%	55	47,0%	117
	La Bella	41	56,2%	32	43,8%	73
	La Linda	11	73,3%	4	26,7%	15
	La María	138	52,5%	125	47,5%	263
	La Trinidad	139	48,9%	145	51,1%	284
	Manizales	67	55,4%	54	44,6%	121
	Peñas Azules	129	59,4%	88	40,6%	217
	San Joaquín	123	53,5%	107	46,5%	230
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	68	61,8%	42	38,2%	110
Sector El ICA/AGROSAVIA de la vereda La Chinca	--	--	--	--	52	

Municipio	Localidad	Distribución por sexo				Total
		Hombres		Mujeres		
		#	%	#	%	
	Sector Villanueva del corregimiento Cristales	131	47,3%	146	52,7%	277
Yolombó	Guacharacas	31	57,4%	23	42,6%	54
Total		3.016	51,8%	2.801	48,2%	5.869

Nota 1: La información de las veredas El Iris, La María y El Balsal es obtenida de las unidades sociales residentes (Reasentamiento).

Nota 2: Para el reporte de población de los centros poblados de Providencia y Cristales, y las veredas Peñas Azules y Villanueva, se utilizó información estimada a partir del reporte del ASIS 2024 de San Roque.

Fuente: Integral S.A., 2025 con información del SISBÉN 2021 y Gramalote 2025

Esta población ocupa el territorio a partir de un modelo predominantemente rural. Inclusive, los centros poblados de los corregimientos de Providencia y Cristales expresan un vínculo estrecho con la población y territorios rurales que les rodean. Sobre este panorama, se configura un promedio de densidad poblacional de 58,89 habitantes/km²; como es de esperar, esta densidad se jalona especialmente por la reportada en los centros poblados, uno de ellos (Cristales), elevado hasta los 11.280 habitantes/km². Mientras tanto, para las demás unidades territoriales, se destaca el Sector Villanueva del corregimiento Cristales, con una densidad poblacional de 769,44 habitantes/km².

Tabla 10.1.3.67 Número de habitantes por kilómetro cuadrado en las unidades territoriales

Municipio	Localidad	Área en Km ²	N. de habitantes	Densidad Poblacional (hab./km ²)
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	0,05	564	11.280,00
	Centro poblado del Cgto. Providencia	0,41	2.752	6.712,20
	El Diluvio	7,49	518	69,16
	El Iris	1,58	131	82,91
	Guacas Abajo	18,96	91	4,80
	Guacas Arriba	5,76	117	20,31
	La Bella	4,86	73	15,02
	La Linda	6,69	15	2,24
	La María	2,13	263	123,47
	La Trinidad	14,64	284	19,40
	Manizales	3,69	121	32,79
	Peñas Azules	2,31	217	93,94
	San Joaquín	1,48	230	154,92
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	1,63	110	67,53
	Sector Villanueva del corregimiento Cristales	0,36	277	769,44
Yolombó	Guacharacas	26,73	54	2,02
Total		98,77	5.817	58,89

Nota: para los centros poblados de Providencia, Cristales, y las veredas Peñas Azules y Villanueva, se utilizó información proyectada a partir del ASIS 2024 del municipio de San Roque.

Fuente: Integral S.A., 2025 con información del SISBÉN 2021 y Gramalote 2025 y Cartobase

En la Figura 10.1.3.55 se muestran las unidades territoriales presentes en el área de influencia abiótica.

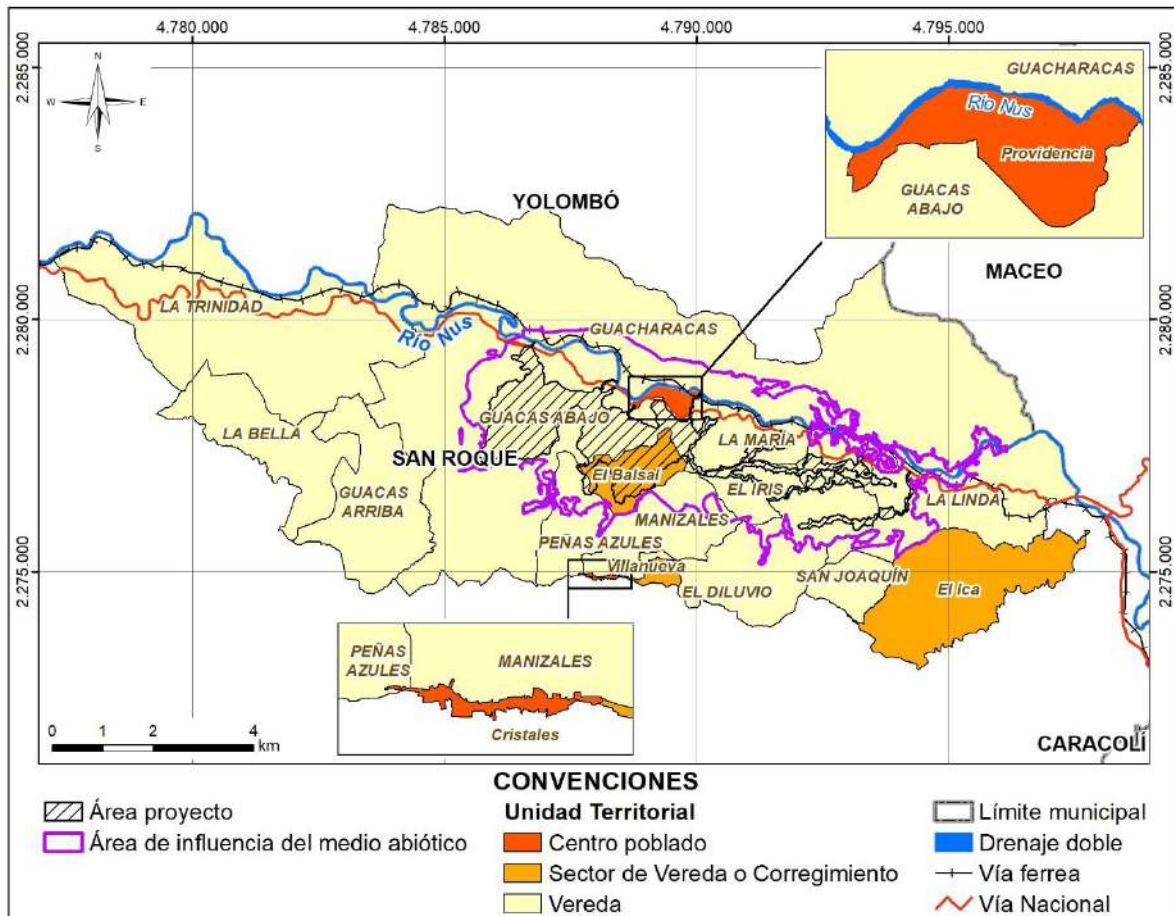


Figura 10.1.3.55 Unidades territoriales del AI abiótica

Fuente: Integral S.A., 2025

Para la definición específica de los elementos expuestos del componente personas, se emplean de manera cartográfica las coberturas de tejido urbano continuo y tejido urbano discontinuo, dado que estas concentran la mayor densidad de población potencialmente expuesta a las amenazas identificadas. Dichas coberturas permiten representar de forma adecuada las áreas con presencia permanente de población y mayor interacción con el territorio.

Adicionalmente, considerando la población expuesta de manera directa asociada al desarrollo del proyecto, se incluyen las áreas correspondientes al campamento La Perla y

a la plataforma de campamento y oficinas, donde se localiza el personal del proyecto de forma continua o temporal. Estas áreas se incorporan como elementos expuestos relevantes, tal como se ilustra en la Figura 10.1.3.56, debido a la concentración de personas y a su cercanía con las actividades operativas del proyecto.

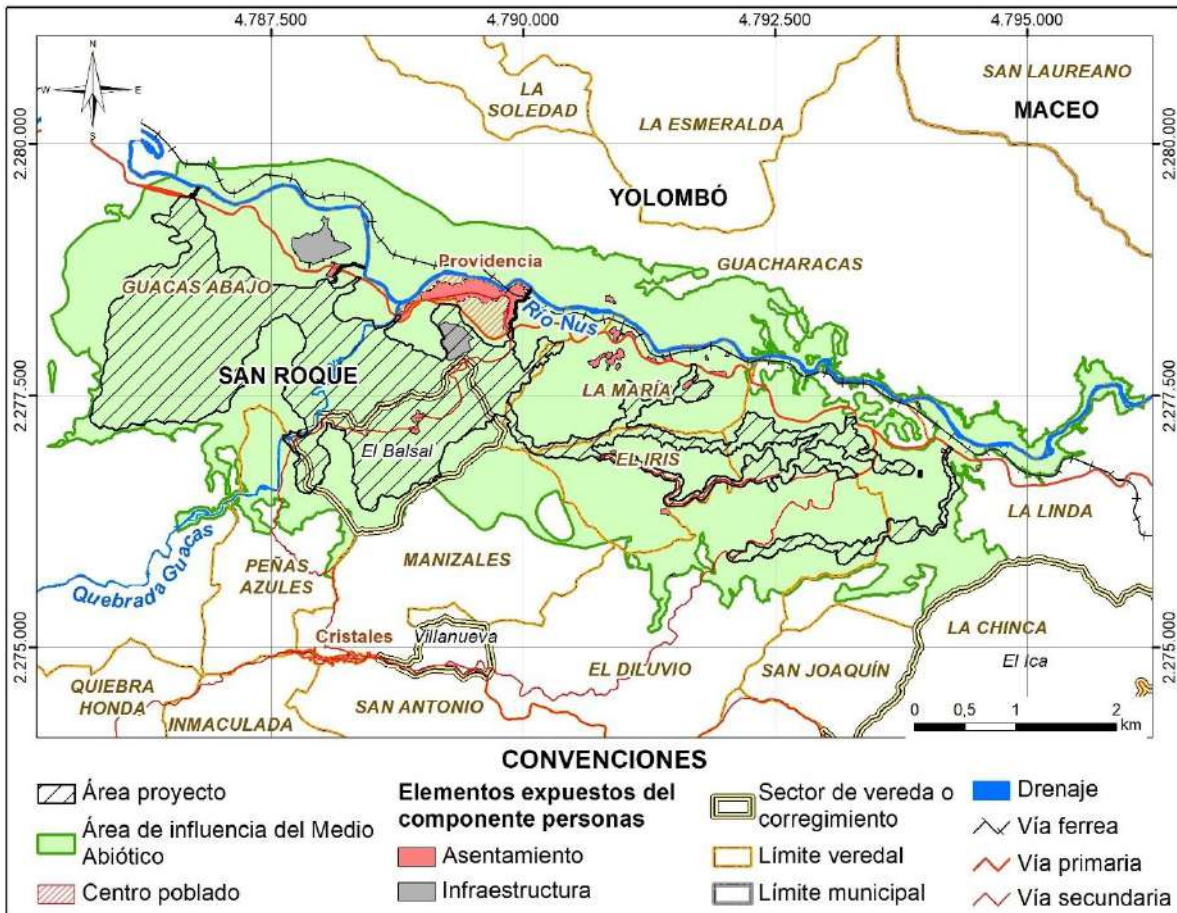


Figura 10.1.3.56 Elementos expuestos del componente personas

Fuente: Integral S.A., 2025

B. Elementos expuestos del componente ambiental

Los elementos ambientales dentro del área de influencia del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se identificaron mediante un análisis cartográfico complementado con observaciones de campo. Este proceso permitió determinar los componentes de los medios biótico y abiótico, incluyendo las coberturas de la tierra, la fauna terrestre, los cuerpos de agua superficiales y las áreas de alta sensibilidad o importancia ambiental. Estos elementos son los más susceptibles a verse afectados directamente por los impactos derivados de las actividades propias del proyecto. Dentro de estos se incluye los bosques de galería, las rondas hídricas de los drenajes, los humedales y aquellos polígonos de la Reserva Forestal Protector Regional La Montaña.

- Bosque de galería y bosque denso alto

Los bosques de galería son ecosistemas conformados por vegetación arbórea que se desarrolla a lo largo de las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Estas coberturas vegetales están estrechamente asociadas a los cuerpos de agua, lo que limita su distribución espacial al borde de ríos, quebradas y drenajes naturales. Su función ambiental es fundamental, dado que actúan como filtros naturales que reducen la erosión del suelo, estabilizan las riberas, mejoran la calidad del agua y sirven como corredores biológicos para la fauna terrestre (Miniambiente, 2021). En el área de influencia abiótica del proyecto, se ha identificado la presencia de este tipo de cobertura vegetal en los márgenes los principales drenajes, donde su relevancia ecológica es destacable. Estos bosques no solo aportan diversidad biológica, sino que también desempeñan la función de regulación hídrica, la mitigación de inundaciones y la provisión de hábitats para especies de flora y fauna, algunas de las cuales podrían ser endémicas o estar en riesgo. Por su parte, el bosque denso alto se encuentra en los límites con la reserva forestal La Montaña.

- Rondas Hídricas

En el área de influencia abiótica del proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote para la Modificación de la Licencia Ambiental presenta como drenajes principales aquellos que discurren sobre las cuencas del mismo nombre: el Río Nus, la Quebrada Guacas, la Quebrada La Palestina, Quebrada La María, Quebrada La Colorada, Quebrada San Antonio, Quebrada El Topacio, Quebrada El Banco, Quebrada La Linda, entre otros drenajes cuyos cuerpos son elementos expuestos del componente ambiental al igual que sus respectivas rondas hídricas. Las rondas hídricas por su desempeñan una función de conservación del agua y los ecosistemas, permitiendo el flujo natural de ríos y quebradas, protegiendo la biodiversidad, regulando el clima y mitigando riesgos como inundaciones y deslizamientos. Funcionan como corredores ecológicos que evitan la invasión de áreas sensibles y aseguran la provisión de agua

- Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña

la Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña, la cual cuenta con una extensión total de 1.914,46 ha. Esta reserva tiene como objetivo conservar la función protectora de los bosques, manejando actividades como la preservación, restauración y uso sostenible, y fue declarada mediante el Acuerdo 312 de 2014 de CORNARE. Esta reserva es un área de gran importancia ecosistémica, ya que hace parte de los últimos refugios de flora y fauna en la cuenca del río Nus, en el Oroboma bajo de los Andes (CORNARE, 2014).

- Humedales

Los humedales constituyen un papel en el mantenimiento del sistema ambiental, puesto que desempeñan funciones de control de inundaciones, recarga y descarga de acuíferos, control de la erosión, retención de sedimentos y de nutrientes, exportación de biomasa, estabilización de microclimas, transporte por agua. Dentro del área de influencia abiótica se localizan una fracción del ecosistema de humedales de nivel uno (1) y nivel dos (2).

En la Figura 10.1.3.57 se ilustra la localización de los elementos expuestos del componente ambiental para el área de probable afectación de la modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto Gramalote.

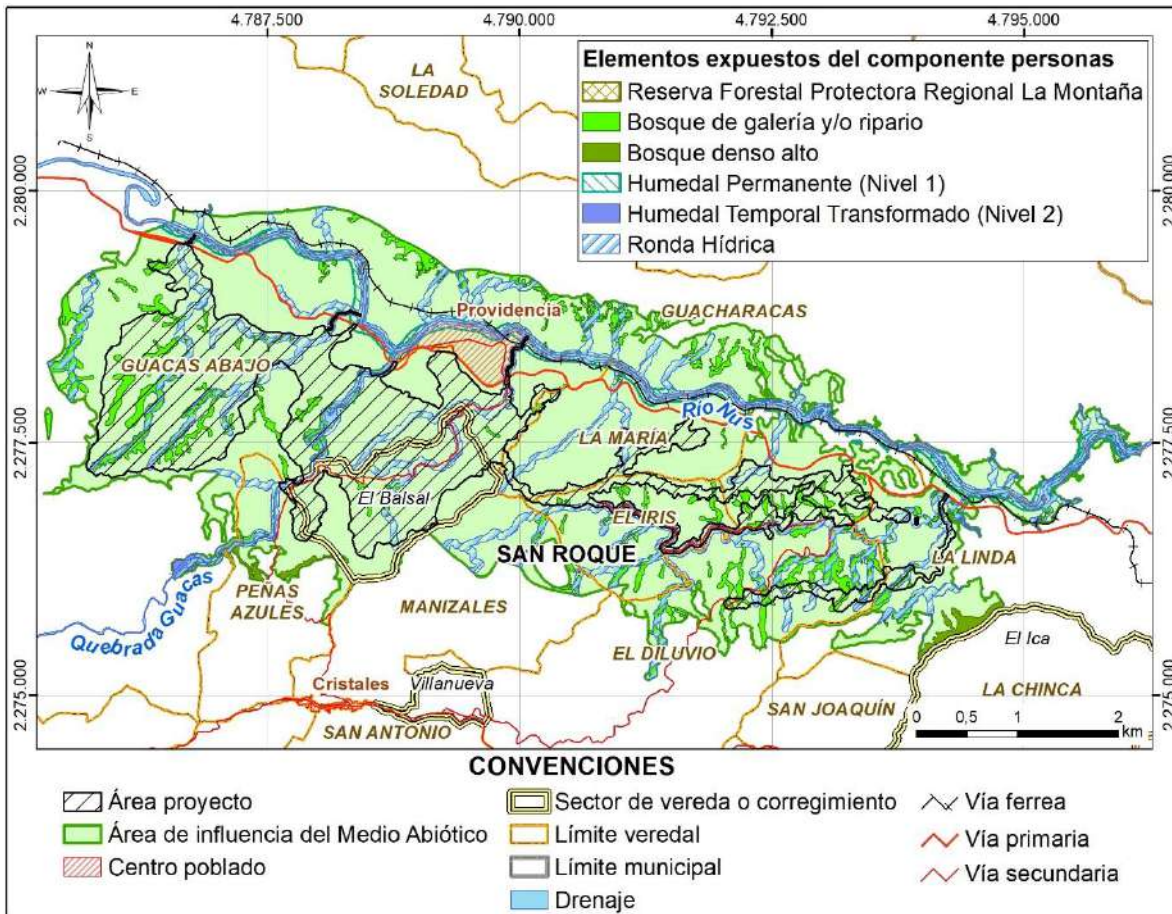


Figura 10.1.3.57 Elementos expuestos del componente ambiental

Fuente: Integral S.A., 2025

C. Elementos expuestos del componente socio económico

Las unidades territoriales asociadas al área de influencia abiótica para la modificación de la licencia ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se caracterizan por presentar una economía con una fuerte predominancia del sector primario, complementada por actividades de transformación, servicios y generación de energía. La minería de oro a baja escala constituye una de las principales actividades económicas, impulsada por procesos de formalización apoyados por Gramalote, con presencia de 21 sociedades mineras distribuidas en centros poblados y veredas como Cristales, Providencia, El Diluvio, La María, Manizales, Peñas Azules y Guacas Abajo.

El sector secundario está representado principalmente por la agroindustria panelera, mediante trapiches ubicados en varias veredas, donde se transforma la caña de azúcar en panela. Esta actividad configura una cadena productiva local que involucra cultivo, transporte, molienda, transformación y comercialización, generando ingresos familiares y empleo rural. De manera complementaria, se identifican iniciativas de transformación

artesanal como la elaboración de chocolate de mesa y la producción y comercialización de panela a escala agroindustrial en San Joaquín.

Adicionalmente, en el territorio operan dos centrales hidroeléctricas a filo de agua La Rebusca y La Cascada que aprovechan el recurso hídrico de la quebrada Guacas, aportando a la generación energética regional.

El sector terciario es incipiente y se concentra en comercio básico y prestación de servicios locales, como tiendas, mecateaderos, hospedajes rurales y pequeños establecimientos recreativos, principalmente en Cristales, Providencia, La María y La Trinidad. Asimismo, se comercializan a pequeña escala productos agropecuarios como yuca, plátano, cacao, café, ganado y especies menores.

Finalmente, las actividades agrícolas y ganaderas se desarrollan con baja tecnificación, orientadas al autoconsumo y mercados locales, y reciben apoyo institucional a través de asistencia técnica del SENA, Agrosavia, entidades municipales y el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, consolidando un sistema productivo rural centrado en la minería, la agricultura y la transformación panelera.

a. Acueducto

En los centros poblados predomina el acceso a través de acueducto (si bien el mismo no es universal); pero en las localidades rurales se marca como tendencia el aprovisionamiento a través de conexiones directas a fuentes hídricas. Respecto a este último escenario, el caso particular es el sector Villanueva, que por su ubicación se beneficia por extensión del acueducto de Cristales (ver Tabla 10.1.3.68).

Tabla 10.1.3.68 Aprovisionamiento de agua en los hogares de las unidades territoriales

Municipio	Localidad	Acueducto público, comunal o veredal	Agua de pozo profundo	Agua de ajiabe, jagüey, lluvia	Río, quebrada, manantial, nacimiento	Pila pública, carrotanque y aguatero	Donación	Total de viviendas
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	185	0	2	6	0	9	202
	Centro poblado del Cgto. Providencia	655	4	4	54	0	67	784
	El Diluvio	13	1	3	130	0	3	150
	El Iris	0	0	5	40	0	0	45
	Guacas Abajo	0	0	0	24	0	0	24
	Guacas Arriba	1	1	0	31	0	1	34
	La Bella	0	1	1	23	0	4	29
	La Linda	0	0	0	5	0	0	5
	La María	1	1	4	93	0	0	99
	La Trinidad	4	1	1	56	1	5	68
	Manizales	3	1	0	25	0	0	29
	Peñas Azules	0	0	0	51	0	0	51
San Joaquín	1	0	0	52	0	2	55	

Municipio	Localidad	Acueducto público, comunal o veredal	Agua de pozo profundo	Agua de aljibe, jagüey, lluvia	Río, quebrada, manantial, nacimiento	Pila pública, carrotaque y aguatero	Donación	Total de viviendas
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	0	0	0	46	0	0	46
	Sector Villanueva del corregimiento Cristales	65	0	3	12	0	0	80
Yolombó	Guacharacas	9	0	0	9	0	0	18
Total		937	10	23	657	1	91	1.719

Nota: CP Cristales, CP Providencia, vereda Villanueva y sector Villanueva se proyectaron triangulando información del SISBÉN con el reporte del ASIS 2024 de San Roque.

Fuente: Integral S.A., 2025 con información del SISBÉN 2021

Este aprovisionamiento tiene una expresión diferenciada por cada localidad en el área de influencia. En los centros poblados se establecen sistemas de acueducto propiamente concesionados por la autoridad ambiental, con capacidades estimadas y bajo la administración de una Junta de Acueducto o bien una Asociación de Usuarios que se presenta como ente concesionario y regula a los usuarios. Para Providencia, resalta la existencia de dos sistemas acondicionados bajo esta modalidad: La Plata y La Cascada (es bastante común que los usuarios se suscriban a ambos). Mientras tanto, para el caso de Cristales se trata de un sistema con una amplia capacidad de usuarios, cuyo servicio irradia a localidades vecinas, como Villanueva.

b. Alcantarillado y disposición de excretas

Para lo que corresponde a la disposición de aguas negras, se encontró que en los centros poblados predomina la disposición a través de sistemas de alcantarillado, si bien en Providencia se observa un rezago considerable de unas 241 viviendas (lo que corresponde al 31% del total de los hogares en esta localidad).

Por demás, en las localidades rurales es predominante la disposición directa a fuentes hídricas o bien a cielo abierto, que se conduce a partir de inodoros sin conexión, letrinas o bajamar. Caso particular el de la vereda El Diluvio, donde se reporta que 21 de sus 150 casas cuenta con conexión a pozo séptico, mientras en contraste para ninguna de las otras localidades este tipo de conexión llega a las dos cifras (ver Tabla 10.1.3.69).

Tabla 10.1.3.69 Acceso al servicio de alcantarillado y otras formas de disposición en las unidades territoriales

Municipio	Localidad	Servicio de alcantarillado	Inodoro conectado a pozo séptico	Inodoro sin conexión y letrina, bajamar	No tiene	Total viviendas
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	158	7	35	2	202
	Centro poblado del Cgto. Providencia	535	6	241	2	784
	El Diluvio	5	21	119	5	150
	El Iris	0	2	36	7	45
	Guacas Abajo	0	0	22	2	24
	Guacas Arriba	1	0	33	0	34
	La Bella	0	0	29	0	29
	La Linda	0	1	4	0	5
	La María	0	0	99	0	99
	La Trinidad	1	5	61	1	68
	Manizales	1	7	16	5	29
	Peñas Azules	0	6	41	4	51
	San Joaquín	0	4	49	2	55
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	0	0	46	0	46
	Sector Villanueva del corregimiento Cristales	3	9	68	0	80
Yolombó	Guacharacas	0	0	18	0	18
Total		704	68	917	30	1.719

Nota: CP Cristales, CP Providencia, vereda Villanueva y sector Villanueva se proyectaron triangulando información del SISBÉN con el reporte del ASIS 2024 de San Roque.

Fuente: Integral S.A., 2025 con información del SISBÉN 2021

c. Energía

El acceso a energía sí corresponde a un servicio con amplia cobertura en el área de influencia, provisto de forma exclusiva por EPM. Sin embargo, se reporta un rezago considerable en el centro poblado de Providencia, donde se estima que 123 viviendas carecen de conexión (cerca del 16% del total), lo mismo que en la vereda El Diluvio, donde el 15% de los hogares carecen de conexión. Por demás, se observa una cobertura adecuada, y una buena calidad en la prestación del servicio toda vez que se presenta un flujo constante, los siete días de la semana y en el transcurso de todo el día (ver Tabla 10.1.3.70).

Tabla 10.1.3.70 Acceso al servicio de energía en las unidades territoriales

Municipio	Localidad	Viviendas con servicio de energía eléctrica	Viviendas sin energía eléctrica	Permanencia del servicio en horas/día	Total de viviendas
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	187	15	24/7	202
	Centro poblado del Cgto. Providencia	661	123	24/7	784
	El Diluvio	127	23	24/7	150
	El Iris	45	0	24/7	45
	Guacas Abajo	24	0	24/7	24
	Guacas Arriba	31	3	24/7	34
	La Bella	25	4	24/7	29
	La Linda	5	0	24/7	5
	La María	99	0	24/7	99
	La Trinidad	60	8	24/7	68
	Manizales	24	5	24/7	29
	Peñas Azules	51	0	24/7	51
	San Joaquín	46	9	24/7	55
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	37	9	24/7	46
Sector Villanueva del corregimiento Cristales	80	0	24/7	80	
Yolombó	Guacharacas	18	0	24/7	18
Total		1520	199		1719

Nota: CP Cristales, CP Providencia, vereda Villanueva y sector Villanueva se proyectaron triangulando información del SISBÉN con el reporte del ASIS 2024 de San Roque.

Fuente: Integral S.A., 2025 con información del SISBÉN 2021 y de las Fichas de caracterización veredal

d. Gas y fuentes de combustión para cocinar

En lo que corresponde a fuentes de combustión, se encontró que el gas propano, al cual se accede a través de pipetas distribuidas por empresas privadas, corresponde a la modalidad más común para hacerse a un medio para la preparación de alimentos. Esto es así para los centros poblados y el sector Villanueva, por su cercanía con uno de ellos; sin embargo, para las localidades rurales, siempre predominó la implementación de fuentes vegetales como material de combustión para la preparación de alimentos, siendo la leña el medio más común (ver Tabla 10.1.3.71)

Tabla 10.1.3.71 Tipo de combustible para cocinar en las unidades territoriales

Municipio	Localidad	Electricidad	Gas natural domiciliario	Gas propano (cilindro o pipeta)	Kerosene, petróleo, gasolina, cocinol, alcohol	Carbón mineral	Material de desecho, leña, carbón de leña	Ninguno	Total de viviendas
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	13	0	154	0	0	28	7	202
	Centro poblado del Cgto. Providencia	17	0	552	2	2	203	8	784
	El Diluvio	0	0	59	2	0	83	6	150
	El Iris	0	0	9	3	0	30	3	45
	Guacas Abajo	0	0	1	0	0	22	1	24
	Guacas Arriba	1	0	3	0	0	30	0	34
	La Bella	0	0	3	0	0	26	0	29
	La Linda	0	0	5	0	0	0	0	5
	La María	1	0	36	6	0	56	0	99
	La Trinidad	0	0	22	0	0	46	0	68
	Manizales	1	0	5	0	0	19	4	29
	Peñas Azules	0	0	12	0	0	37	2	51
	San Joaquín	0	0	12	0	0	40	3	55
San Roque	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	5	0	19	0	0	19	3	46
	Sector Villanueva del corregimiento Cristales	0	0	43	0	0	34	3	80
Yolombó	Guacharacas	0	0	0	0	0	18	0	18
Total		38	0	935	13	2	691	40	1719

Nota: CP Cristales, CP Providencia, vereda Villanueva y sector Villanueva se proyectaron triangulando información del SISBÉN con el reporte del ASIS 2024 de San Roque.

Fuente: Integral S.A., 2025 con información del SISBÉN 2021

e. Educación

En lo que corresponde al servicio educativo, se evidencia la disposición de una red de instituciones prestas a proporcionar educación en distintos niveles para la mayoría de las localidades en el área de influencia. Resalta la ausencia de un centro en las localidades de La Linda y Guacharacas, que de todas formas carecen de suficiente población en edad escolar; mientras que La Bella y Villanueva cuentan con tanta cercanía a otras centralidades (la cabecera de San Roque y Cristales, respectivamente); que suplen su necesidad a través de sus relaciones en estos territorios. Por demás, en la Tabla 10.1.3.72 se aprecia el nombre de las instituciones, las condiciones de su dotación, y para contexto, los niveles educativos ofrecidos, donde se aprecia que los centros poblados concentran la oferta educativa en el área de influencia.

Tabla 10.1.3.72 Establecimientos educativos ubicados en las unidades territoriales

Municipio	Localidad	Centro educativo	Dotación	Estudiantes actuales	Nivel
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	Institución Educativa Rural Cristales	Buena	229	Preescolar, básica primaria, básica secundaria y media
	Centro poblado del Cgto. Providencia	Institución Educativa Rural Providencia	Buena	334	Preescolar, básica primaria, básica secundaria y media
	El Diluvio	Centro Educativo Rural San Juan - Sede El Diluvio	Buena	30	Preescolar, básica primaria
	El Iris	Institución Educativa Rural Policarpa Salavarieta	Regular	16	Básica primaria, básica secundaria
	Guacas Abajo	Centro Educativo Rural San Juan - Sede Guacas Abajo	Buena	1	Básica primaria
	Guacas Arriba	Centro Educativo Rural San Juan - Sede Guacas Arriba	Buena	10	Preescolar, básica primaria
	La Bella	No hay escuela en funcionamiento. Se dirigen a Guacas Arriba	No aplica	No aplica	No aplica
	La Linda	No se cuenta con infraestructura educativa	No aplica	No aplica	No aplica
	La María	Centro Educativo Rural San Juan - Sede La María	Buena	19	Preescolar, básica primaria, básica secundaria y media
	La Trinidad	Centro Educativo Rural San Juan - Sede La Trinidad	Buena	47	Preescolar, básica primaria, básica secundaria
	Manizales	Centro Educativo Rural San Juan - Sede Manizales	Mala	8	Preescolar, básica primaria
	Peñas Azules	Centro Educativo Rural San Juan - Sede Peñas Azules	Mala	11	Básica primaria
	San Joaquín	Centro Educativo Rural San Juan - Sede San Joaquín	Buena	14	Básica primaria, básica secundaria
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	No se cuenta con infraestructura educativa. Se dirigen a Providencia	No aplica	No aplica	No aplica
	Villanueva	No se cuenta con infraestructura educativa. Se dirigen a Cristales	No aplica	No aplica	No aplica
Yolombó	Guacharacas	No se cuenta con infraestructura educativa. Se dirigen a Providencia	No aplica	No aplica	No aplica

Fuente: Integral S.A., 2025 con información de las Fichas de caracterización veredal y el SIMAT municipal (julio 2025)

Adicional a esto, se puede detallar que, en infraestructura, los de mayor magnitud se ubican en los centros poblados. Para el caso de Providencia, se reseña especialmente la existencia del Centro de Formación La Bateíta, una infraestructura administrada por Gramalote Colombia Limited y utilizada como escenario para formación práctica y de corta duración, al igual que como espacio para la impartición de cursos en el marco de carreras técnicas o tecnológicas ofrecidas especialmente por el SENA.

f. Salud

En el siguiente apartado se expondrán los aspectos más significativos del sistema de salud para cada unidad territorial del AI, como son: la afiliación al sistema de salud y la infraestructura existente.

Para el primero de estos elementos, la afiliación al sistema de salud se aprecia que predomina el régimen subsidiado como mecanismo de entrada (63% de la población se adscribe a este). Esto se encuentra alineado con un sistema productivo jalonado por las iniciativas informales, y es que al contrastar entre sí las cifras, se observa que por ejemplo a la afiliación al régimen subsidiado le siguen los no afiliados a ningún régimen (26%); y luego los afiliados al régimen contributivo o especial (10%). A propósito, el detalle se presenta en la Tabla 10.1.3.73. Vale aclarar que el 1% de la población se reportó sin dato, correspondiente a la población de Villanueva.

Tabla 10.1.3.73 Afiliación de la población al sistema de salud

Municipio	Localidad	Régimen subsidiado	Régimen contributivo o especial	Sin afiliación	Total de la población
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	275	118	171	564
	Centro poblado del Cgto. Providencia	1.566	304	882	2.752
	El Diluvio	404	15	99	518
	El Iris	117	10	4	131
	Guacas Abajo	63	5	23	91
	Guacas Arriba	100	0	17	117
	La Bella	53	11	9	73
	La Linda	4	11	0	15
	La María	197	41	25	263
	La Trinidad	182	13	89	284
	Manizales	94	1	26	121
	Peñas Azules	184	0	33	217
	San Joaquín	177	7	46	230
Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	84	21	5	110	
Sector Villanueva del corregimiento Cristales	185	23	69	277	
Yolombó	Guacharacas	Sin dato	Sin dato	Sin dato	54
Total		3.685	580	1.498	5.817

Nota: CP Cristales, CP Providencia, vereda Peñas Azules y sector Villanueva se proyectaron triangulando información del SISBÉN con el reporte del ASIS 2024 de San Roque.

Fuente: Integral S.A., 2025 con información del SISBÉN 2021

En lo que corresponde a asistencia a centros de atención en salud, se reporta que dos de las localidades en el área de influencia cuentan con infraestructura asociada: Cristales con un Centro de Salud y Providencia con un Puesto de Salud. Por definición, estos centros atienden a las localidades aledañas a cada centro poblado; sin embargo, vale aclarar que existen otros espacios a los cuales acude el personal para atención primaria: el Centro de Salud de San José del Nus; o bien el E.S.E. Hospital de San Roque, o directamente para atención de mayor complejidad se dirigen al E.S.E. Hospital San Rafael Yolombó (ver Tabla 10.1.3.74).

Tabla 10.1.3.74 Asistencia a centros de salud

Municipio	Localidad	Centros de salud rurales	¿A dónde asisten para la atención en salud?
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	Centro de Salud Cristales	E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal
	Centro poblado del Cgto. Providencia	Puesto de Salud Providencia	
	El Diluvio	No cuenta con este tipo de equipamiento	E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal
	El Iris	No cuenta con este tipo de equipamiento	Puesto de Salud Providencia, Centro de Salud San José del Nus, E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal
	Guacas Abajo	No cuenta con este tipo de equipamiento	Puesto de Salud Providencia, Centro de Salud San José del Nus
	Guacas Arriba	No cuenta con este tipo de equipamiento	E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal
	La Bella	No cuenta con este tipo de equipamiento	E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal
	La Linda	No cuenta con este tipo de equipamiento	Centro de Salud San José del Nus, Medellín
	La María	No cuenta con este tipo de equipamiento	Puesto de Salud Providencia, Centro de Salud San José del Nus
	La Trinidad	No cuenta con este tipo de equipamiento	Puesto de Salud Providencia, Centro de Salud San José del Nus
	Manizales	No cuenta con este tipo de equipamiento	Centro de Salud Cristales, E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal
	Peñas Azules	No cuenta con este tipo de equipamiento	E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal

Municipio	Localidad	Centros de salud rurales	¿A dónde asisten para la atención en salud?
	San Joaquín	No cuenta con este tipo de equipamiento	Centro de salud Cristales, Centro de salud San José del Nus
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	No cuenta con este tipo de equipamiento	Puesto de Salud Providencia, Centro de Salud San José del Nus
	Villanueva	No cuenta con este tipo de equipamiento	Centro de Salud Cristales, E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal, Centro de salud Cristales
Yolombó	Guacharacas	No cuenta con este tipo de equipamiento	E.S.E Hospital San Roque - Cabecera municipal, E.S.E. Hospital San Rafael Yolombó, E.S.E Hospital Marco A. Cardona - Maceo

Fuente: Integral S.A., 2025 con información de las Fichas de caracterización veredal

g. Infraestructura recreativa y deportiva

En cuanto a infraestructura deportiva y recreativa, en el área de influencia se encontró una oferta amplia y distribuida. Menos El Balsal y La María, todas las localidades cuentan, por lo menos, con una caseta comunal. Mientras tanto, se observa una concentración de infraestructura en los centros poblados, por demás entendible entendiendo la configuración del territorio como veredas atraídas por la centralidad de cada corregimiento (ver Tabla 10.1.3.75).

Tabla 10.1.3.75 Escenarios deportivos, recreativos y comunitarios presentes en las unidades territoriales

Municipio	Localidad	Nombre de la infraestructura	Tipo de equipamiento	Capacidad # personas	Actualmente presta el servicio
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	Caseta comunal - La Alpujarrita	Infraestructura comunitaria	200	Si
		Coliseo	Escenario deportivo	100	Si
		Sede ASOMUCRIS	Infraestructura comunitaria	Sin dato	Si
		Gimnasio al aire libre y parque infantil	Escenario recreativo	Sin dato	Si
		Estación de policía	Institucional	20	Si
	Centro poblado del Cgto. Providencia	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	Sin dato	No
		Canchas (2)	Escenario deportivo	Sin dato	Si
		Coliseo	Escenario deportivo	500	Si
		Asonlir (Antigua escuela)	Infraestructura comunitaria	30	Si

Municipio	Localidad	Nombre de la infraestructura	Tipo de equipamiento	Capacidad # personas	Actualmente presta el servicio	
		Centro de formación La Bateita	Educativo	Sin dato	Si	
		Centro de Desarrollo Infantil - CDI	Educativo	Sin dato	Si	
		Parque infantil (2)	Escenario recreativo	Sin dato	Si	
		Gimnasio al aire libre	Escenario recreativo	Sin dato	Si	
	El Diluvio	Placa polideportiva	Escenario deportivo	250	Si	
		Sede adulto mayor	Infraestructura comunitaria	20	Si	
		Parque infantil	Escenario recreativo	10	Si	
		Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	60	Si	
	El Iris	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	30	Si	
		Parque infantil	Escenario recreativo	Sin dato	Si	
	Guacas Abajo	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	60	Si	
		Cancha	Escenario deportivo	30	Si	
	Guacas Arriba	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	80	Si	
		Placa deportiva	Escenario deportivo	200	Si	
		Parque infantil	Escenario recreativo	Sin dato	Si	
	La Bella	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	50	Si	
		Placa deportiva	Escenario deportivo	Sin dato	Si	
		Parque infantil	Escenario recreativo	Sin dato	Si	
	La Linda	No cuentan con infraestructura social y comunitaria	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	La María	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	70	Si	
Cancha		Escenario deportivo	Sin dato	Si		
La Trinidad	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	35	Si		
	Cancha	Escenario deportivo	100	Si		

Municipio	Localidad	Nombre de la infraestructura	Tipo de equipamiento	Capacidad # personas	Actualmente presta el servicio
		Parque infantil	Escenario recreativo	Sin dato	Si
	Manizales	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	30	Si
		Parque infantil	Escenario recreativo	Sin dato	Si
		Cancha	Escenario deportivo	Sin dato	Si
	Peñas Azules	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	100	Si
		Cancha	Escenario deportivo	200	Si
		Cancha (CER)	Escenario deportivo	Sin dato	Si
		Parque infantil	Escenario recreativo	Sin dato	Si
	San Joaquín	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	200	Si
		Placa polideportiva	Escenario deportivo	200	Si
		Cancha fútbol	Escenario deportivo	500	Si
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	Cancha	Escenario deportivo	120	Si
		Parque infantil	Escenario recreativo	10	Si
	Sector Villanueva del corregimiento Cristales	Caseta comunal	Infraestructura comunitaria	60	Si
		Cancha	Escenario deportivo	Sin dato	Si
Yolombó	Guacharacas	Cancha	Escenario deportivo	200	Si

Fuente: Integral S.A., 2025 con información de las Fichas de caracterización veredal y observación directa

h. Infraestructura de transporte, uso de las vías, frecuencia y tipo de transporte

En este apartado se tendrá en cuenta la infraestructura de transporte, los accesos veredales y la funcionalidad de estos. A su vez, el uso de las vías, medios de transporte y todas las formas de conectividad que tienen las comunidades del área de influencia.

Como se aprecia en la Tabla 10.1.3.76, el territorio se estructura a partir de una vía nacional (la que va de Cisneros a Puerto Berrío, concesionada a vías del Nus); al igual que dos vías secundarias: Caramanta-Cristales; y la vía que conecta a la ruta Cisneros-Puerto Berrío con la cabecera de San Roque. A partir de estas tres rutas estructurantes, se desprenden los demás accesos: la vía Cristales-Caramanta contempla el acceso a las veredas El Iris,

El Diluvio, Manizales, Peñas Azules, Cristales, Guacas Abajo, y Villanueva (esta última conecta también a San Joaquín). Mientras tanto, de la vía nacional se hace conexión a La Trinidad, el costado occidental de Guacharacas, Providencia (conectando también con otro acceso a Guacharacas), La María, El Balsal, y La Linda. Ya de la vía hacia la cabecera de San Roque se desprende la conexión a La Bella y Guacas Abajo.

Salvo la vía a San Roque, la ruta Cisneros-Puerto Berrío, y las vías internas de Cristales y Providencia, por lo general los caminos son carreteables sin pavimentar, en regular estado. La conectividad tiene lugar como medio para garantizar el tránsito de personas y mercancía, coincidiendo con rutas de importancia local, regional y nacional. Los medios de transporte más comunes son el carro y la moto y, a pesar de que el área de influencia contiene un río, no se identificaron rutas fluviales.

Por demás, se encontró una red de transporte público que asegura la conexión entre corregimientos con la cabecera municipal de San Roque; también la población aprovecha la cercanía a una vía nacional para transportarse hacia Santiago (y de ahí hacen transbordo a Yolombó); Cisneros y Medellín por el occidente, o bien hacia Maceo o Puerto Berrío al occidente.

Tabla 10.1.3.76 Tipo de infraestructura vial y transporte utilizado

Municipio	Localidad	Tipo de infraestructura	Estado	Rutas	Funcionalidad	Tipo de transporte predominante utilizado	Transporte público (Si-No)	Frecuencia
San Roque	Centro poblado del Cgto. Cristales	Vía vehicular	Regular	Caramanta (vía nacional) a San Roque pasando por Cristales	Conectividad entre localidades, comercialización, acceso a servicios sociales	Moto - carro - bus	Si	Diario. De Cristales a San José 6:00 a.m. 9:00 a.m. 2:00 p.m. y 6:00 p.m De San José a Cristales a las 8:00 a.m. 12:00 m y 4:00 p.m. De Cristales a Medellín diario a las 2:15 p.m
	Centro poblado del Cgto. Providencia	Vía vehicular	Bueno	Providencia - Cisneros - San José	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto - Carro	Si	Diario. 5.40 a.m., 9:00 a.m., 12:00m y 5:00 p.m.
				Providencia - San Roque	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto - Carro	Si	Diario. 7:00 a.m, 11:00 a.m. y 3:00 pm. (Una hora después es el regreso
		Puente	Bueno	Providencia - Guacharacas	Conectividad entre Guacharacas (Yolombó) y Providencia, para salir a vía nacional	Moto - Carro	No	No aplica

Municipio	Localidad	Tipo de infraestructura	Estado	Rutas	Funcionalidad	Tipo de transporte predominante utilizado	Transporte público (Si-No)	Frecuencia
	El Diluvio	Vía vehicular	Mala	Cristales a San José pasando por El Diluvio	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto - Carro	Si	Diario. De Cristales a San José 6:00 a.m. 9:00 a.m. 2:00 p.m. y 6:00 p.m De San José a Cristales a las 8:00 a.m. 12:00 m y 4:00 p.m.
	El Iris	Vía vehicular	Regular	Vía Nacional - Vía Cristales y desvío a vereda El Iris. Se dirigen a San José, Providencia, Cristales y la Cabecera municipal	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto - Carro	No	No aplica
		Puente	Regular	Al interior de la vereda	Conectividad en la misma vereda			
	Guacas Abajo	Vía vehicular	Mala	Cristales - Guacas Abajo	Conectividad, comercialización	Carro - A pie	No	No aplica
		Puente	Bueno (3), Malo (1)	No aplica	Conectividad	A pie	No	No aplica

Municipio	Localidad	Tipo de infraestructura	Estado	Rutas	Funcionalidad	Tipo de transporte predominante utilizado	Transporte público (Si-No)	Frecuencia
	Guacas Arriba	Vía vehicular	Regular	Vía San Roque	Conectividad, temas económicos	Moto - Carro	Si	Fines de semana. A San Roque: sábado a las 7:00 a.m. y Domingo 8:00 a.m. Desde San Roque: sábado a las 4:00 p.m. y Domingo 5:00 p.m.
		Puente	Regular	Al interior de la vereda	Conectividad en la misma vereda			
	La Bella	Vía vehicular	Mala	Vía San Roque	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto	Si	Fines de semana. A San Roque: sábado a las 7:30 a.m. y 4:30 p.m.; Domingo 8:30 a.m. y 5:30 p.m. Desde San Roque: sábado a las 6:30 a.m. y 2:00 p.m.; Domingo 7:30 a.m. y 3:00 p.m.
		Puente	Bueno	Camino hacia Guacas Arriba				
	La Linda	Vía vehicular	Bueno	Vía nacional, ingreso a predios - San José	Comercialización, conectividad	Carro	No	No aplica
La María	Vía vehicular	Bueno	Vía nacional	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto, carro, chivero, motorratón	No	Por quedar sobre la vía nacional existen muchas rutas que pueden hacer parada en	

Municipio	Localidad	Tipo de infraestructura	Estado	Rutas	Funcionalidad	Tipo de transporte predominante utilizado	Transporte público (Si-No)	Frecuencia
								algún punto de la vereda.
	La Trinidad	Vía vehicular	Bueno	Vía nacional	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto - Carro	No	Por quedar sobre la vía nacional existen muchas rutas que pueden hacer parada en algún punto de la vereda.
	Manizales	Vía vehicular	Regular	Cristales a San José pasando por Manizales	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto	Si	Diario. De Cristales a San José 6:00 a.m. 9:00 a.m. 2:00 p.m. y 6:00 p.m De San José a Cristales a las 8:00 a.m. 12:00 m y 4:00 p.m.
	Peñas Azules	Vía vehicular	Regular	Vía a Cristales y Peñas Azules	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto - Carro	No	No aplica
	San Joaquín	Vía vehicular	Regular	Vía a Cristales y San Joaquín	Conectividad	Moto - carro	Si	San Joaquín a Cristales diario 6:30 a.m. 12:00 m y 1:30 p.m. San Joaquín a San José del Nus

Municipio	Localidad	Tipo de infraestructura	Estado	Rutas	Funcionalidad	Tipo de transporte predominante utilizado	Transporte público (Si-No)	Frecuencia
								los domingos 8:00 a.m. y 1:00 p.m.
	Sector El Balsal de la vereda Guacas abajo	Vía vehicular	Buena	Vía nacional ingreso a El Balsal	Conectividad entre localidades, comercialización	Moto, carro, motorratón	No	No aplica
	Sector Villanueva del corregimiento Cristales	Vía vehicular	Regular	Vía nacional a Cristales	Conectividad entre localidades, comercialización, acceso a servicios sociales	Moto - carro	Si	Aplica el de Cristales, ya que son territorios contiguos
Yolombó	Guacharacas	Vía vehicular	Regular	Entrada por corregimiento Providencia	Conectividad	Moto - Carro	No	No aplica
		Vía vehicular	Regular	Entrada por la gitana - acceso a la mayoría	Conectividad			
		Puente	Regular	Acceso por la entrada a la gitana	Conectividad			

Fuente: Integral S.A., 2025 con información de las Fichas de caracterización veredal y observación directa

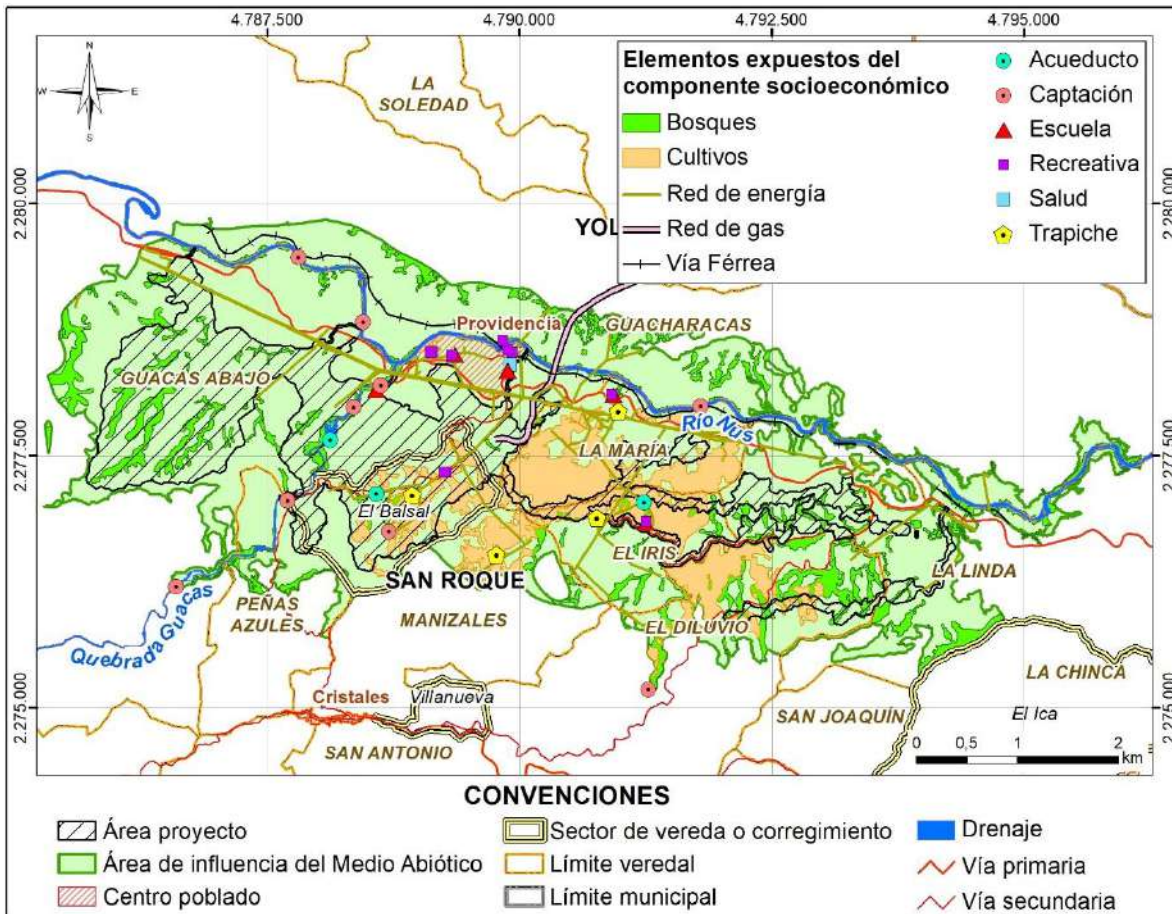


Figura 10.1.3.58 Elementos expuestos del componente socioeconómico

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.3.1.7 Análisis del riesgo

Una vez identificados los eventos amenazantes, se procede a realizar el análisis del riesgo, donde se considera la probabilidad y las consecuencias ante la ocurrencia de un evento contingente.

A. Análisis de las consecuencias

Las consecuencias hacen referencia a los resultados o efectos producto de la materialización de un evento amenazante, la evaluación de las consecuencias potenciales debe realizarse de manera razonable y precisa, llegando a establecer un nivel de severidad a cada una de las amenazas identificadas.

Esta variable es de carácter cuantitativo, por lo tanto, se usa una escala numérica de 1 a 6 para representar la severidad de la materialización de las amenazas para cada uno de los factores.

La evaluación de las consecuencias se realiza para cuatro elementos sensibles: individual, ambiental, social y económico; la escala de valoración se presenta en la Tabla 10.1.3.77.

Tabla 10.1.3.77 Escala de calificación de consecuencias

Valor	Nivel	Consecuencias individuales	Consecuencias Ambientales	Consecuencias económicas	Consecuencias sociales
C1	Insignificante	Efectos despreciables sobre la salud – Ninguna lesión	Despreciable.	< US\$ 10.000	Despreciable
C2	Menor	Una exposición improbable que conlleve a un daño – Puede presentar un caso de tratamiento médico	Sin efectos duraderos en el medio ambiente biológico o físico. Daños menores en área poco representativa	US\$ 10.000 - 100.000	Impacto social o cultural bajo. Daño menor reparable a las estructuras comunes.
C3	Moderado	Efectos reversibles para la salud que no constituyen una amenaza para la vida – puede presentar Incapacidad temporal	Efecto moderado en ambiente biológico o físico, no afecta la función del ecosistema. Efectos moderados a corto plazo, daños mínimos en área poco representativa.	US\$ 100.000 – 1 Millón	Impacto social a mediano plazo moderado en la población local. Daño moderado al patrimonio cultural.

Valor	Nivel	Consecuencias individuales	Consecuencias Ambientales	Consecuencias económicas	Consecuencias sociales
C4	Alto	Efectos adversos para la salud que son permanentes, pero no afectan significativamente la calidad de vida o la longevidad. Efectos sobre la salud que pueden ser ligeramente limitantes o incapacitantes y, por lo tanto, podrían conllevar a un cambio de ocupación y/o estilo de vida – puede presentar incapacidad permanente	Efecto significativo en el ambiente biológico o físico, no afecta la función del ecosistema. Efectos a corto plazo con impacto generalizado.	US\$ 1 millón – 10 millones	Problemas sociales continuos. Alto daño al patrimonio cultural de alto valor.
C5	Mayor	Efectos adversos sobre la salud que son generalmente permanentes y podrían conllevar a una reducción significativa en la calidad de vida. Por lo general, una exposición continua probablemente conlleva a una incapacidad física o mental permanente o una enfermedad limitante a largo plazo. Puede presentar casos de enfermedad ocupacional, incapacidad múltiple e incluso muerte	Efecto ambiental serio con algún deterioro de la función del ecosistema. Efectos a Mediano plazo relativamente extendidos.	US\$ 10 millones - 50 millones	Problemas sociales persistentes.
C6	Extremo	Efectos adversos para la salud que conllevan a	Efecto ambiental serio con algún deterioro de la	> US\$ 50 millones	Extremo impacto social generalizado.

Valor	Nivel	Consecuencias individuales	Consecuencias Ambientales	Consecuencias económicas	Consecuencias sociales
		múltiples fatalidades.	función del ecosistema. Efectos a largo plazo sobre un área representativa.		Daño irreparable al patrimonio cultural de alto valor.

Fuente: PGR_01_V1, 2019

Es así como la valoración de las consecuencias se realiza para cada uno de los escenarios de riesgo identificados para el proyecto, dicha valoración se realiza considerando los factores de vulnerabilidad, las áreas de posible afectación y los resultados de las modelaciones realizadas, como se describe a continuación:

a. Sismos

En la Tabla 10.1.3.78 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante sismos para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.78 Análisis de consecuencias ante sismos

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Rotura de la presa de colas por ocurrencia de un sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño de la presa.	Extrema: Ante la rotura de la presa y considerando los volúmenes de agua almacenados, la presencia de viviendas en las zonas de retiro de los afluentes y su ocurrencia de manera súbita, la onda de inundación puede tomar vidas humanas con su avance.	Mayor: La inundación causada por la falla de la presa de colas puede generar deterioro de los hábitats para los ecosistemas acuáticos y para los ecosistemas terrestres cuya recuperación podría darse en un plazo moderado.	Mayor: La inundación generada podría llegar a ocasionar daños y pérdidas en las viviendas e infraestructura de la población, además de afectar las vías y por consiguiente el transporte. Adicional a esto se puede afectar los cultivos presentes en la zona de inundación.	Extrema: Las consecuencias económicas se consideran extremas ya que la inundación generaría pérdidas económicas significantes en la población, podría generar daños en infraestructura pública como el puente de la quebrada La Palestina, sumado a la inundación de la ruta nacional 62 y otras vías primarias y secundarias.
B: Rotura de las presas de sedimentación de	Menor: Como se mencionó en el escenario de lluvias	El material liberado ante la rotura de presa	Como se mencionó anteriormente, la	Ante el evento de inundación se podrían

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
Depósitos por ocurrencia de un sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño	torrenciales, la inundación generada por la rotura de las presas de sedimentación para el caso de falla por tubificación no alcanzaría a superar los estimados para un evento de inundación con un periodo de retorno de 2,33 años, de acuerdo con esto la afectación a la población aguas abajo sería a aquellos asentados sobre la franja de retiro del río Nus, por lo tanto se considera un riesgo menor.	corresponde a depósitos con alto contenido de sedimentos, los cuales serían vertidos en los afluentes donde se localizan las presas y en el río Nus, se considera que los cuerpos de agua se pueden recuperar en un mediano a corto plazo.	inundación alcanzaría algunas de las viviendas localizadas en los retiros del río Nus, además, la onda de inundación podría llegar a afectar los puentes en los afluentes El Topacio, El Banco, La Colorada y/o La María y la Ruta Nacional 62, alterando temporalmente las dinámicas sociales.	afectar los puentes El topacio, El Banco, la ruta nacional 62 y algunas viviendas de Providencia aledañas al cauce del río Nus, sin embargo, se consideran daños reparables; además de las pérdidas económicas que pueda generar la ruptura y reconstrucción de dicha estructura.
C: Rotura de otras presas por ocurrencia de un sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño	Menor: Considerando el volumen de agua y materiales solidos que pueden almacenar estas presas (considerando el sedimentador de mayor capacidad), este puede llegar a generar una afectación las algunas viviendas localizadas en la zona de retiro del río Nus, la afectación se daría posiblemente a las personas asentadas en estas zonas de retiro.	Moderado: El material liberado ante la rotura de los sedimentadores corresponde a aguas con alto contenido de sedimentos, los cuales serían vertidos en el río Nus, se considera que el cuerpo de agua puede recuperarse en un mediano a corto plazo	Menor: Como se mencionó anteriormente, la inundación solo alcanzaría algunas viviendas localizadas en los retiros del río Nus, por lo tanto, la afectación a estas sería mínima, la onda de inundación podría llegar a afectar la Ruta Nacional 62, alterando temporalmente las dinámicas sociales.	Moderado: Ante el evento de inundación se podrían afectar algunos puentes de la ruta nacional 62 y algunas viviendas del corregimiento de San José del Nus aledañas al cauce del río Nus, sin embargo, se consideran daños reparables; además de las pérdidas económicas que pueda generar la ruptura y reconstrucción de dicha estructura.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

b. Movimientos en masa

En la Tabla 10.1.3.102 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante movimientos en masa para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.79 Análisis de consecuencias ante movimientos en masa

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Deslizamientos de tierra en zonas de obras que afecten captaciones de agua	Menor: Considerando el escenario, el cual corresponde a un deslizamiento en zonas de obra afectando cuerpos de agua se considera que los daños a personas serán mínimos, ya que la principal consecuencia sería el incremento de sedimentos o contaminación de las fuentes hídricas, la cual podría ser captada para consumo humano llegando a ocasionar algún tratamiento médico en la persona que la consume.	Menor: Ante la ocurrencia de un deslizamiento los volúmenes movilizados serían muy bajos, por lo tanto, los sedimentos que afectarían los cuerpos de agua no tendrán una afectación relevante, adicional el impacto sería de corto plazo.	Menor: La afectación a las fuentes de agua generaría un impacto mínimo, ya que no afectaría las dinámicas sociales de manera significativa.	Menor: Los daños ocasionados serían mínimos ya que los deslizamientos se consideran puntuales y de poco volumen, de tal modo que los afluentes se pueden recuperar de manera natural; los taludes afectados requerirán de inversión para ser estabilizados o recuperados para las obras.
B: Deslizamientos de tierra en zonas de obras que afecten vías e infraestructura	Moderado: Se considera moderado ya que, al afectar infraestructura y vías, existe una alta probabilidad que personas se vean afectadas, llegando a requerir incapacidad temporal.	Menor: Se consideran menores ya que se considera que no se generará algún impacto significativo en el medio ambiente.	Menor: Dado que el evento ocurre al interior del área de obras, la infraestructura y vías con mayor probabilidad de ser afectadas serán las del proyecto, lo cual no generaría algún impacto social.	Menor: Los daños ocasionados serían mínimos ya que los deslizamientos se consideran puntuales y de poco volumen, podría ocasionar la suspensión de actividades temporalmente sin embargo el periodo de tiempo sería corto; los taludes afectados

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
				requerirán de inversión para ser estabilizados o recuperados, además de la inversión necesaria para recuperar vías e infraestructura en caso de presentar daños.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

c. Inundaciones

En la Tabla 10.1.3.80 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante inundaciones para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.80 Análisis de consecuencias ante inundaciones

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Rotura de presas de sedimentación con afectación a terceros	Moderado: Se considera que las consecuencias son moderadas ya que los volúmenes almacenados en estas presas, en su mayoría se asemejan a la inundación con periodo de retorno de 2,33 años o inferiores aguas abajo del río Nus, a excepción a la presa del sedimentador de presas de colas, el cual presentaría una afectación similar a la creciente de los 50 años de periodo de retorno, se consideran consecuencias en las poblaciones localizadas aguas abajo, especialmente las viviendas	Moderado: La ruptura de las presas ocasionaría la liberación de aguas con un alto contenido de sedimentos que afectaría los afluentes por un corto a mediano plazo.	Moderado: Ante el evento de inundación se podrían afectar los puentes El topacio, El Banco, La colorada y/o La María, la ruta nacional 62 y algunas viviendas de Providencia y de San José del Nus aledañas al cauce del río Nus, afectando las dinámicas sociales temporalmente; sin embargo se consideran que los daños generados son reparables y de corta duración. Adicional a esto se contempla el escenario de contaminación por	Moderado: Ante el evento de inundación se podrían afectar los puentes El topacio, El Banco, la ruta nacional 62 y algunas viviendas de Providencia aledañas al cauce del río Nus; además de las pérdidas económicas que pueda generar la ruptura y reconstrucción de dicha estructura.

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
	localizadas aledañas al cauce del río Nus.		sedimentos de los afluentes.	
B: Inundación de zonas de obras en la etapa de construcción (Desviación Q. Guacas)	Moderado: Se considera que la afectación a personas sería moderada, podría generar incapacidad temporal, aunque se considera que la zona de obras contará con sitios seguros para el personal ante emergencias, además de contar con un sistema de alertas como medidas preventivas durante la construcción de la desviación.	Moderado: Dado que el evento está asociado a dinámicas naturales del afluente se contempla el arrastre de materiales de obra, llegando a generar un incremento en los sedimentos transportados y la presencia de otros objetos, sin embargo, se considera que los daños generados serían moderados, además que la recuperación se daría en un plazo moderado.	Moderado: Considerando las áreas de afectación de este escenario y los posibles elementos expuestos, se considera que la afectación a las dinámicas sociales o a la comunidad será Moderado.	Moderado: La ocurrencia de una creciente durante la construcción de la obra podría llegar a ocasionar la pérdida de material de obra, pérdidas o daños en la maquinaria presente e incluso daños en el avance de la obra, además de alguna infraestructura aguas debajo de la obra por lo que se considera moderado las consecuencias económicas.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

d. Avenidas torrenciales

En la Tabla 10.1.3.81 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante avenidas torrenciales para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.81 Análisis de consecuencias ante avenidas torrenciales

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Daños en las instalaciones por la ocurrencia de una avenida torrencial	Alto: Se considera que las consecuencias a nivel individual son altas para aquellas personas que se encuentren en las instalaciones al momento de materializarse el escenario	Moderado: La materialización de una avenida torrencial carga de sedimentos los afluentes por un corto a mediano plazo.	Menor: Ante el evento daño a las instalaciones por la ocurrencia de una avenida torrencial el nivel de consecuencia al componente social es menor puesto que no se generan afectaciones	Menor: Desde el componente económico, el nivel de consecuencia asociado a daños en las instalaciones por la ocurrencia de una avenida torrencial se considera bajo, dado que los diseños

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
			directas sobre este componente.	incorporan criterios para resistir eventos extremos, lo que disminuye significativamente su vulnerabilidad y reduce la probabilidad de pérdidas materiales

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

e. Incendios forestales

En la Tabla 10.1.3.82 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante incendios forestales para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.82 Análisis de consecuencias ante incendios forestales

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Incendio forestal derivado de un evento interno (incendio, derrame, explosión)	Moderado: Ante la ocurrencia de un incendio las consecuencias en las personas podrían contemplar quemaduras que requieran algún tratamiento médico.	Menor: Las consecuencias ambientales se consideran bajas ya que los daños se generarían principalmente en cobertura vegetal vulnerable ante un incendio (pastos y cultivos principalmente), las cuales pueden ser recuperadas en un corto plazo.	Menor: Las consecuencias sociales se consideran menores, ya que el evento afectaría la actividad económica de algunos agricultores, sin embargo, sería un impacto puntual y reparable.	Menor: La afectación se daría principalmente en la infraestructura, la cual contará con sistemas contra incendios y alarmas, sin embargo, puede llegar a presentar daños considerables; adicional a esto se generarán pérdidas por la afectación a la vegetación y cultivos.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

f. Orden público y social

En la Tabla 10.1.3.105 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante orden público y social para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.83 Análisis de consecuencias ante orden público y social

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Eventos de sabotaje y atentados sobre alguna estructura sensible o sobre el personal del proyecto, por parte de grupos opuestos al proyecto.	Moderado: En caso de presentarse algún sabotaje o atentado podría generarse lesiones al personal que genere alguna incapacidad temporal.	Menor: El daño ambiental depende en gran medida a la infraestructura que sea atentada, sin embargo, se considera que el impacto sería bajo y con efectos poco duraderos.	Menor: Se pueden llegar a presentar alteraciones en el transporte y en las actividades de las comunidades aledañas al proyecto, afectando así sus dinámicas sociales, sin embargo, su recuperación sería casi que inmediata después de cesado el evento.	Mayor: Ante la ocurrencia de un evento de este tipo, podría ocasionarse afectaciones en la operación cuya duración puede llegar a ser prolongada, además de la recuperación de la infraestructura afectada.
B: Paros o huelgas por parte del personal del proyecto	Menor: Se considera que ante una huelga o paro podrían presentarse algunos disturbios que podrían ocasionar algunos casos que requieran tratamientos médicos.	Insignificante: Se considera que las consecuencias ambientales son insignificantes ya que se prevé que el evento no generará impactos sobre el medio ambiente.	Menor: Se pueden llegar a presentar alteraciones en el transporte y actividades de las comunidades en caso de que se desarrollen bloqueos fuera del proyecto, sin embargo, se normalizarían casi que inmediatamente después de cesado el evento.	Alto: Ante la ocurrencia de un evento de este tipo, podría ocasionarse afectaciones en la construcción u operación cuya duración puede llegar a ser prolongada.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

g. Explosiones no controladas

En la Tabla 10.1.3.107 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante explosiones no controladas para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.84 Análisis de consecuencias ante explosiones no controladas

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Explosión accidental en almacenamiento de	Mayor: En caso de una explosión accidental el	Menor: Dado que la explosión ocurre al interior	Insignificante: No se genera ningún efecto en	Moderado: El evento ocurriría de manera

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
materiales explosivos (polvorín)	evento podría llegar a generar incapacidades temporales, permanentes e incluso la muerte del personal encontrado en el área de explosión, es por esto que el riesgo se considera mayor.	del proyecto el efecto en el medio ambiente es bajo y su área sería muy puntual, por lo tanto, el riesgo se considera menor.	la comunidad, ni en sus dinámicas sociales.	puntual, afectando la infraestructura donde ocurre el evento y posiblemente algunas aledañas, además de la pérdida de la materia almacenada en dicha infraestructura; adicional a esto la operación puede verse suspendida temporalmente, es por esto que se considera unas consecuencias económicas moderadas.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

h. Derrame de materiales peligrosos

En la Tabla 10.1.3.85 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante derrame de materiales peligrosos para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.85 Análisis de consecuencias ante derrame de materiales peligrosos

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Explosión accidental en la planta de transferencia y polvorín	Mayor: En caso de una explosión accidental el evento podría llegar a generar incapacidades temporales, permanentes e incluso la muerte del personal encontrado en el área de explosión, es por esto que el riesgo se considera mayor.	Menor: Dado que la explosión ocurre al interior del proyecto el efecto en el medio ambiente es bajo y su área sería muy puntual, por lo tanto, el riesgo se considera menor.	Insignificante: No se genera ningún efecto en la comunidad, ni en sus dinámicas sociales.	Moderado: El evento ocurriría de manera puntual, afectando la infraestructura donde ocurre el evento y posiblemente algunas aledañas, además de la pérdida de la materia almacenada en dicha infraestructura; adicional a esto la operación puede

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
				verse suspendida temporalmente, es por esto que se considera unas consecuencias económicas moderadas.
B: Explosión accidental en la zona de obras durante actividades de construcción y operación del proyecto	Mayor: En caso de una explosión accidental el evento podría llegar a generar incapacidades temporales, permanentes e incluso la muerte del personal encontrado en el área de explosión, es por esto que el riesgo se considera mayor.	Menor: Dado que la explosión ocurre al interior del proyecto el efecto en el medio ambiente es bajo y su área sería muy puntual, por lo tanto, el riesgo se considera menor.	Insignificante: No se genera ningún efecto en la comunidad, ni en sus dinámicas sociales.	Moderado: Ante una explosión la infraestructura donde ocurra el evento y aledaños podría presentar daños o pérdidas; además de la posible afectación a maquinaria en caso de que el evento ocurra durante la etapa de construcción e incluso puede ocasionar la suspensión de las actividades tanto en construcción como operación.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

i. Incendio estructural

En la Tabla 10.1.3.86 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante incendio estructural para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.86 Análisis de consecuencias ante incendio estructural

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Incendio en transformador de aceite	Moderado: La afectación a las personas estará asociada principalmente al personal que trabaje en dichas áreas,	Menor: Dado que el evento ocurre al interior de las instalaciones, en zonas de intervención	Insignificante: No se genera ningún efecto en la comunidad, ni en sus dinámicas sociales.	Menor: Este riesgo se considera menor dado que la afectación se daría de manera puntual, llegando

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
	las cuales podrían llegar a presentar incapacidades temporales, por lo tanto, se considera un riesgo moderado.	antrópica, se considera que los efectos al medio ambiente son menores, serían puntuales y de rápida recuperación.		a presentarse la posible pérdida de la infraestructura asociada al escenario o de vehículos de carga asociados.
B: Incendio por tanque de almacenamiento de diésel	Moderado: La afectación a las personas estará asociada principalmente al personal que trabaje en dichas áreas, las cuales podrían llegar a presentar incapacidades temporales, por lo tanto, se considera un riesgo moderado.	Menor: Dado que el evento ocurre al interior de las instalaciones, en zonas de intervención antrópica, se considera que los efectos al medio ambiente son menores, serían puntuales y de rápida recuperación	Insignificante: No se genera ningún efecto en la comunidad, ni en sus dinámicas sociales.	Menor: Este riesgo se considera menor dado que la afectación se daría de manera puntual, llegando a presentarse la posible pérdida de la infraestructura asociada al escenario o de vehículos de carga asociados.
C: Incendio en planta proceso – espumador MIBC	Moderado: La afectación a las personas estará asociada principalmente al personal que trabaje en dichas áreas, las cuales podrían llegar a presentar incapacidades temporales, por lo tanto, se considera un riesgo moderado.	Menor: Dado que el evento ocurre al interior de las instalaciones, en zonas de intervención antrópica, se considera que los efectos al medio ambiente son menores, serían puntuales y de rápida recuperación	Insignificante: No se genera ningún efecto en la comunidad, ni en sus dinámicas sociales.	Menor: Este riesgo se considera menor dado que la afectación se daría de manera puntual, llegando a presentarse la posible pérdida de la infraestructura asociada al escenario o de vehículos de carga asociados.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

j. Colapso estructural

En la Tabla 10.1.3.87 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad colapso estructural para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.87 Análisis de consecuencias ante colapso estructural

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Rotura de los tanques de procesos de lixiviación en la planta de beneficio	Mayor: Se considera que el colapso de la estructura podría llegar a ocasionar incapacidades temporales o permanentes e incluso la muerte para personal del Proyecto, dadas las dimensiones y volúmenes de material que almacenan.	Menor: La rotura de los tanques ocasionaría la liberación de las sustancias del proceso de lixiviación, considerando que este proceso se realiza en un lugar cerrado y que se cuenta con diques de contención, se considera que el riesgo al medio ambiente puede ser menor.	Insignificante: Dado que la estructura se encuentra dentro del área del proyecto y su afectación es puntual, no se considera algún tipo de afectación a la comunidad.	Moderado: La principal afectación económica estaría en la pérdida de infraestructura de la planta de beneficio y del material almacenado en dichos tanques.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

k. Falla de presa de colas

En la Tabla 10.1.3.88 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante falla de presa de colas para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.88 Análisis de consecuencias ante falla de presa de colas

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Rotura de presa de arranque: Condición hidrológica de día soleado y por tipo de falla de tubificación.	Extremo: Ante la rotura de la presa de colas, considerando los volúmenes que almacena, la onda de inundación generada llegaría a alcanzar viviendas en el corregimiento San José del Nus y del Municipio de Caracolí, lo cual podría llegar a afectar vidas humanas.	Mayor: La inundación causada por la falla de la presa de colas puede generar deterioro de los hábitats para los ecosistemas acuáticos y para los ecosistemas terrestres adicional a esto se podría llegar a contaminar los acuíferos; cuya recuperación podría darse en un plazo moderado o mayor.	Mayor: Se considera un riesgo mayor ya que la inundación podría llegar a generar pérdidas o daños importantes en viviendas, infraestructura social y de servicios, instalaciones comerciales, entre otros, adicional a esto las vías se verían afectadas e interrumpidas; se considera que el evento generaría una afectación importante en los valores	Extremo: La onda de inundación llega a afectar las viviendas generando daños o pérdidas, daños y obstrucción en el puente de la quebrada Palestina y la Ruta Nacional 62, además de otras vías primarias y secundarias. Adicional a lo anterior la rotura de la presa misma genera pérdidas, llegando incluso a afectar la

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
<p>B: Rotura de presa de arranque: Condición hidrológica de día lluvioso y por tipo de falla de sobrepaso.</p>	<p>Extremo: Ante la rotura de la presa de colas, considerando los volúmenes que almacena, la onda de inundación generada llegaría a alcanzar viviendas en el corregimiento</p> <p>San José del Nus y del Municipio de Caracolí, lo cual podría llegar a afectar vidas humanas.</p>	<p>Mayor: La inundación causada por la falla de la presa de colas puede generar deterioro de los hábitats para los ecosistemas acuáticos y para los ecosistemas terrestres cuya recuperación podría darse en un plazo moderado.</p>	<p>culturales de la comunidad, por lo tanto se clasifica como grave.</p> <p>Mayor: Se considera un riesgo mayor ya que la inundación podría llegar a generar pérdidas o daños importantes en viviendas, infraestructura social y de servicios, instalaciones comerciales, entre otros, adicional a esto las vías se verían afectadas e interrumpidas; se considera que el evento generaría una afectación importante en los valores culturales de la comunidad, por lo tanto se clasifica como grave.</p>	<p>operación al tener que verse suspendida.</p> <p>Extremo: La onda de inundación llega a afectar las viviendas generando daños o pérdidas, daños y obstrucción en el puente de la quebrada Palestina y la Ruta Nacional 62, además de otras vías primarias y secundarias. Adicional a lo anterior la rotura de la presa misma genera pérdidas, llegando incluso a afectar la operación al tener que verse suspendida.</p>
<p>C: Rotura de presa de arena: condición hidrológica de día soleado y por tipo de falla de tubificación</p>	<p>Extremo: Ante la rotura de la presa de colas, considerando los volúmenes que almacena, la onda de inundación generada llegaría a alcanzar viviendas en el corregimiento San José del Nus y del Municipio de Caracolí, lo cual podría llegar a afectar vidas humanas.</p>	<p>Mayor: La inundación causada por la falla de la presa de colas puede generar deterioro de los hábitats para los ecosistemas acuáticos y para los ecosistemas terrestres adicional a esto se podría llegar a contaminar los acuíferos; cuya recuperación podría darse en un plazo moderado o mayor.</p>	<p>Mayor: Se considera un riesgo mayor ya que la inundación podría llegar a generar pérdidas o daños importantes en viviendas, infraestructura social y de servicios, instalaciones comerciales, entre otros, adicional a esto las vías se verían afectadas e interrumpidas; se considera que el evento generaría una afectación</p>	<p>Extremo: La onda de inundación llega a afectar las viviendas generando daños o pérdidas, daños y obstrucción en el puente de la quebrada Palestina y la Ruta Nacional 62, además de otras vías primarias y secundarias. Adicional a lo anterior la rotura de la presa misma genera pérdidas, llegando incluso a afectar la operación al tener que verse suspendida.</p>

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
			importante en los valores culturales de la comunidad, por lo tanto, se clasifica como grave.	
D: Rotura de presa de arena: condición hidrológica de día lluvioso y por tipo de falla de sobrepaso	Extremo: Ante la rotura de la presa de colas, considerando los volúmenes que almacena, la onda de inundación generada llegaría a alcanzar viviendas en el corregimiento San José del Nus y del Municipio de Caracolí, lo cual podría llegar a afectar vidas humanas.	Mayor: La inundación causada por la falla de la presa de colas puede generar deterioro de los hábitats para los ecosistemas acuáticos y para los ecosistemas terrestres cuya recuperación podría darse en un plazo moderado.	Mayor: Se considera un riesgo mayor ya que la inundación podría llegar a generar pérdidas o daños importantes en viviendas, infraestructura social y de servicios, instalaciones comerciales, entre otros, adicional a esto las vías se verían afectadas e interrumpidas; se considera que el evento generaría una afectación importante en los valores culturales de la comunidad, por lo tanto se clasifica como grave.	Extremo: La onda de inundación llega a afectar las viviendas generando daños o pérdidas, daños y obstrucción en el puente de la quebrada Palestina y la Ruta Nacional 62, además de otras vías primarias y secundarias. Adicional a lo anterior la rotura de la presa misma genera pérdidas, llegando incluso a afectar la producción al tener que verse suspendida.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

I. Falla de la tubería de colas

En la Tabla 10.1.3.89 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante falla de la tubería de colas para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.89 Análisis de consecuencias ante falla de la tubería de colas

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
Rotura de la tubería de conducción de colas de flotación o lixiviación	Menor: Ante la ruptura de una tubería, se considera que el personal podría llegar a requerir tratamiento médico.	Moderado: La tubería de colas como su nombre lo indica, conduce las colas del proceso, estas son fluido viscoso compuesto	Menor: Se considera que la afectación es menor, dado que no se afectaría ninguna infraestructura social, podría	Moderado: Se considera que los gastos y daños generados consisten principalmente en la infraestructura de la

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
		por arenas, lodos y agua con residuos de sólidos, que en caso de verse afectado por una ruptura liberaría dicho fluido, afectando el suelo y el agua, en caso de alcanzar alguna fuente de agua; sin embargo, se considera que los volúmenes y concentraciones hacen que el efecto pueda recuperarse en un moderado a corto plazo.	ocasionarse afectación respecto a las restricciones para el uso del agua.	tubería principalmente por lo que se considera moderado.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

m. Derrumbe de taludes de los depósitos

En la Tabla 10.1.3.91 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante un derrumbe de taludes de los depósitos para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.90 Análisis de consecuencias ante un derrumbe de taludes de los depósitos y tajo

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Derrumbe de taludes de los depósitos	Menor: Se considera menor ya que solo afectaría a las personas cuyo abastecimiento de agua este dado de dichas corrientes de agua, llegando a generar posiblemente tratamientos médicos.	Moderado: El efecto ambiental esta dado principalmente en el incremento de sedimentos en los cuerpos de agua, se considera que es un impacto moderado cuya recuperación se dará en moderado a corto plazo.	Menor: Se considera menor ya que la afectación a los cuerpos de agua podría generar afectación respecto a las restricciones para el uso del agua.	Menor: Ante el evento de desestabilización, los efectos económicos estarían dados en la recuperación y estabilización de los taludes.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

n. Emergencia sanitaria

En la Tabla 10.1.3.91 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante una emergencia sanitaria para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.91 Análisis de consecuencias ante una emergencia sanitaria

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Intoxicación masiva de personal que labora en el proyecto	Moderado: Se considera moderado, ya que la intoxicación podría llegar a generar la incapacidad temporal masiva del personal del Proyecto.	Insignificante: El escenario no generaría ningún efecto ambiental.	Insignificante: Se considera que el escenario no llegaría a afectar la comunidad, por lo tanto, el riesgo es insignificante.	Moderado: Dado que la intoxicación se contempla masiva, en caso de generarse la incapacidad de gran cantidad del personal podría llegar a verse afectada la operación, además de los gastos asociados a las incapacidades. Se contempla un riesgo moderado.
B: Epidemia de enfermedades infecciosas o virales que afecten al personal que labora en el proyecto	Moderado: Las personas que se vean afectadas por una epidemia pueden llegar a requerir tratamiento médico e incluso incapacidad temporal según la enfermedad.	Insignificante: El escenario no generaría ningún efecto ambiental.	Insignificante: Se considera que el escenario puede llegar a afectar a la comunidad de manera insignificante, considerando que las personas afectadas sean trabajadores del área de influencia del Proyecto, y estos a su vez puedan transmitir las enfermedades a otras personas de la comunidad.	Moderado: En caso de generarse incapacidad de gran cantidad del personal podría llegar a verse afectada la operación, además de los gastos asociados a dichas incapacidades. Se contempla un riesgo moderado.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

o. Accidentes de vehículos de carga

En la Tabla 10.1.3.92 se describe el análisis de consecuencias o vulnerabilidad ante un accidente de vehículo de carga para el componente individual, ambiental, social y socioeconómico.

Tabla 10.1.3.92 Análisis de consecuencias ante accidentes de vehículos de carga

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
A: Derrame de cianuro de sodio por accidente del vehículo que lo transporta y que contamine un curso de agua.	Mayor: En caso de que el cianuro alcance los afluentes y considerando el escenario más crítico el cual sería afectar una corriente de agua que sea fuente de abastecimiento de algún acueducto o de captación para cualquier uso, se podría presentar intoxicaciones que podrían llegar incluso a ser letales dependiendo de las concentraciones de la sustancia en el agua, es por esto que el riesgo se considera alto.	Mayor: Un derrame de esta sustancia en una fuente hídrica generaría un impacto ambiental grave, ya que puede ocasionar la afectación de los ecosistemas acuáticos presentes en la zona, generando un daño considerable en las funciones ecosistémicas, es por esto que se considera unas consecuencias ambientales mayores.	Menor: Se considera que la afectación es menor, dado que podría ocasionarse restricciones para el uso del agua.	Mayor: Se considera unas consecuencias económicas mayores considerando las incapacidades y muertes que puede llegar a generar el evento, además de la posibilidad de presentar sanciones legales por parte de la autoridad ambiental.
B: Derrame de cianuro de sodio por accidente del vehículo que lo transporta y que contamine el suelo	Moderado: Se considera moderado ya que, al ocurrir un derrame de cianuro al suelo, este puede entrar en contacto con el personal que labore en dicha zona o con aquel que atienda la emergencia, ocasionando que la sustancia ingrese al organismo por vía respiratoria, dérmica o conjuntival, generando intoxicación que podría llegar	Moderado: El derrame de cianuro al suelo podría ocasionar la infiltración de la sustancia en el mismo, llegando a afectar la vegetación presente, favoreciendo la movilización de metales pesados, llegando a ocasionar la contaminación de aguas subterráneas.	Menor: Dado que el evento se contempla que suceda dentro de las instalaciones del proyecto, su ocurrencia no afectaría las dinámicas sociales de la zona.	Mayor: Se consideran unas consecuencias económicas mayores considerando las incapacidades que puede llegar a generar el evento, además de la posibilidad de presentar sanciones legales por parte de la autoridad ambiental.

Escenario	C. Individuales	C. Ambientales	C. Sociales	C. Económicas
	a generar incapacidad temporal.			

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

B. Análisis de probabilidad

La probabilidad es la mayor o menor posibilidad de que ocurra un evento, adicional a esto se asocia con la frecuencia de ocurrencia, esta se determina a partir de datos históricos, análisis locales y/o el juicio de un experto.

El análisis de probabilidad contempla tanto la probabilidad de que se materialice el evento, como la probabilidad de que se den las consecuencias potenciales descritas previamente; esta evaluación se realiza asignándole a las amenazas un nivel de probabilidad en términos de dos escalas, la primera de ellas es probabilística (porcentaje), y la segunda es lingüística, tal como se muestra en la Tabla 10.1.3.93.

Tabla 10.1.3.93 Categorías de probabilidad para los eventos

Probabilidad	Porcentaje	<1%	1 – 33%	3 – 50%	50 – 66%	66 – 96%	96 – 100%
	Lingüístico	Casi imposible L1	Muy improbable L2	Improbable L3	Probable L4	Muy Probable L5	Casi seguro L6
Posibilidad durante la vida del proyecto							

Fuente: Con base en Group Risk Assessment and Reporting Matrix AngloGold Ashanti, 2018

En la Tabla 10.1.3.94 se presenta la probabilidad asignada a cada uno de los escenarios de riesgo identificados con su respectiva descripción, para el análisis de la probabilidad se consideraron los controles establecidos en los diseños de las obras y las medidas de manejo contenidas en los Programas de Manejo Ambiental aprobados en la Licencia Ambiental del Proyecto.

Tabla 10.1.3.94 Análisis de probabilidad para los escenarios de riesgo

Evento	Escenario de riesgo	Probabilidad		Descripción
		%	Lingüístico	
Sismo	A: rotura de la presa de colas por sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño	<1%	L1 Casi imposible	La probabilidad de falla por sismo que genere pérdida de borde libre es de 1×10^{-15} , que genere agrietamiento es de 1×10^{-13} y que genere licuación de 1×10^{-14} , considerándose casi imposible.
	B: rotura de presas de sedimentación de Depósitos por sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño	<1%	L1 Casi imposible	Se hace poco probable la materialización de este tipo de evento considerando que los criterios de diseño de las presas se realizan acorde a las normas internacionales, adicional a esto teniendo en cuenta la amenaza sísmica de la región y los tiempos de operación del proyecto.
	C: rotura de otras presas de sedimentación por sismo	<1%	L1 Casi imposible	Se hace poco probable la materialización de este tipo de evento considerando que los criterios de diseño de las presas se realizan acorde a las normas internacionales, adicional a esto teniendo en cuenta la amenaza

Evento	Escenario de riesgo	Probabilidad		Descripción
		%	Lingüístico	
				sísmica de la región y los tiempos de operación del proyecto.
Movimientos en masa	A: Deslizamientos de tierra en zonas de obras que afecten captaciones de agua.	1-33%	L2 muy improbable	Se considera poco probable que ocurran procesos de remoción en masa durante la construcción de las obras y operación de las mismas, dado que los diseños constructivos son desarrollados de manera que se minimicen estos posibles eventos; adicional a esto la probabilidad que afecte un cuerpo de agua es aún menor, sin embargo, se considera la presencia de zonas con susceptibilidad alta a los eventos de remoción en masa.
	B: Deslizamientos de tierra en zonas de obras que afecten vías e infraestructura del proyecto	1-33%	L2 muy improbable	Se considera poco probable que ocurran procesos de remoción en masa en zonas de obras, dado que los diseños constructivos son desarrollados de manera que se minimicen estos posibles eventos, sin embargo, se considera la presencia de zonas con susceptibilidad alta a los eventos de remoción en masa.
Inundaciones	A: Rotura de presas de sedimentación con afectación a terceros	<1%	L1 Casi imposible	Se considera que este escenario es casi imposible dado que se aplicaron tormentas de diseño de 24 horas y 1'000.000 años de retorno a los vertederos de emergencia para salvaguardar la integridad de las presas.
	B: Inundación de zonas de obras en la etapa de construcción (Desviación Q. Guacas)	1-33%	L2 Muy improbable	Se considera muy improbable considerando el tiempo de duración de la etapa de construcción, adicional a esto en los criterios de diseño de la obra se contemplan este tipo de eventos.
Avenida torrencial	A: Daños en las instalaciones por la ocurrencia de una avenida torrencial	1-33%	L2 Muy improbable	Se considera poco probables, dado que a pesar de que la parte alta de las cuencas donde las pendientes son altas pueden estar amenazadas por avenidas torrenciales las infraestructuras fueron diseñadas para resistir el paso de estos flujos.
Incendio forestal	A: Incendio forestal derivado de un evento interno (incendio,	33-50%	L3 Improbable	Aunque la presencia de cultivos y pastos aumenta el riesgo de incendios naturales durante periodos de sequía, y las quemadas son prácticas frecuentes en la comunidad, el escenario analizado

Evento	Escenario de riesgo	Probabilidad		Descripción
		%	Lingüístico	
	derrame, explosión)			contempla que el incendio se origine fuera del proyecto y alcance sus instalaciones. Esta probabilidad se considera baja, dado que el proyecto cuenta con un Equipo de Respuesta a Emergencias y sistemas de control contra incendios, lo que permitiría contener cualquier eventualidad antes de afectar la infraestructura.
Orden público y social	A: Eventos de sabotaje y atentados sobre alguna estructura sensible o sobre el personal del proyecto, por parte de grupos opuestos al proyecto	1-33%	L2 Muy improbable	Se considera muy improbable ya que en la socialización y desarrollo del proyecto se ha venido realizando una buena gestión social durante los cinco últimos años, en los cuales se han realizado negociaciones con mineros y cosecheros de la zona; adicional a esto el proyecto contempla la vinculación laboral a la población de la región.
	B: Paros o huelgas por parte del personal del proyecto	1-33%	L2 Muy improbable	Se considera muy improbable dado que el proyecto aplicará políticas de vinculación laboral favorables para la población local y estrategias laborales aplicables a todo el personal.
Explosiones no controladas	A: Explosión accidental en almacenamiento de materiales explosivos (polvorín)	1-33%	L2 Muy improbable	Aunque el proyecto requiere grandes volúmenes de explosivos, su almacenamiento y manejo cumplen con la norma NFPA 495 (2001) y cuentan con sistemas de control como detectores, rociadores y un Equipo de Respuesta a Emergencias. Además, la zona de almacenamiento mantiene una distancia mínima de 200 m respecto a la infraestructura, lo que hace que la probabilidad de ocurrencia de este tipo de evento sea muy baja
Derrame de materiales peligrosos	A: Derrame de materiales peligrosos que generen contaminación de suelos	33-50%	L3 Improbable	El proyecto manejará diversos materiales peligrosos, como derivados del petróleo (aceites, gasolina, grasas) y reactivos para el beneficio del oro (NaOH, SO ₂ , H ₂ O ₂ , entre otros). No obstante, la probabilidad de derrames se reduce significativamente gracias a la aplicación de protocolos y criterios para transporte, almacenamiento y manipulación conforme a la normativa

Evento	Escenario de riesgo	Probabilidad		Descripción
		%	Lingüístico	
				vigente, así como al uso de equipos de protección adecuados
	B: Derrame de materiales peligrosos que generen contaminación en cauces de agua	33-50%	L3 Improbable	El proyecto manejará materiales peligrosos como derivados del petróleo (aceites, lubricantes, gasolina) y reactivos para el beneficio del oro (NaOH, SO ₂ , H ₂ O ₂ , cianuro, entre otros). Si bien la posibilidad de incidentes es considerable, esta se reduce significativamente mediante la aplicación de protocolos para transporte, almacenamiento y manipulación conforme a la normativa vigente, así como el uso adecuado de equipos de protección.
Incendio estructural	A: Incendio en transformador de aceite	33-50%	L3 Improbable	La probabilidad es muy baja porque los transformadores operan bajo diseños normativos, poseen muros cortafuegos, sistemas de detección y distancias de seguridad que reducen al mínimo las condiciones que podrían originar un sobrecalentamiento crítico. Además, no contienen gases presurizados ni presentan procesos que generen recalentamientos externos que favorezcan una ignición.
	B: Incendio por tanque de almacenamiento de diésel	33-50%	L3 Improbable	es muy improbable porque la zona de almacenamiento cuenta con muros de contención, sistemas de drenaje, pisos impermeabilizados, señalización y control estricto de actividades de mantenimiento. La instalación está diseñada para evitar acumulación de vapores inflamables y para impedir fuentes de ignición no controladas.
	C: Incendio en planta proceso – espumador MIBC	33-50%	L3 Improbable	el manejo del MIBC se realiza en un sistema cerrado de tuberías y bombeo, con ventilación adecuada, puesta a tierra y protocolos estrictos para trabajos en caliente. Además, se dispone de extinción especializada para líquidos inflamables y controles operativos que minimizan fugas y acumulación de vapores.
Colapso estructural	A: Rotura de los tanques de procesos de lixiviación en la	<1%	L1 Casi imposible	Se considera casi imposible la materialización de este evento, dado que el diseño de los tanques cumple con las normas de almacenamiento y manejo de sustancias peligrosas,

Evento	Escenario de riesgo	Probabilidad		Descripción
		%	Lingüístico	
	planta de beneficio			además de que se contará con un sistema de control de derrames que disminuye la probabilidad de materialización del impacto.
Falla de la presa de Colas	A: Rotura de presa de arranque: Condición hidrológica de día soleado y por tipo de falla de tubificación.	<1%	L1 Casi imposible	Según el análisis de rotura de presa de Golder Associates (2017) (Anexo_PGR_Análisis_Rotura_PresaColas) la probabilidad de falla por tubificación en el cuerpo del terraplén es de 1×10^{-14} y en la cimentación de 1×10^{-13} , considerándose casi imposible.
	B: Rotura de presa de arranque: Condición hidrológica de día lluvioso y por tipo de falla de sobrepaso.	<1%	L1 Casi imposible	Según el análisis de rotura de presa de Golder Associates (2017) (Anexo_PGR_Análisis_Rotura_PresaColas) la probabilidad de falla por sobrepaso es de 1×10^{-13} , considerándose casi imposible.
	C: Rotura de presa de arena: condición hidrológica de día soleado y por tipo de falla de tubificación	<1%	L1 Casi imposible	Según el análisis de rotura de presa de Golder Associates (2017) (Anexo_PGR_Análisis_Rotura_PresaColas) la probabilidad de falla por tubificación en el cuerpo del terraplén es de 1×10^{-15} y en la cimentación es de 1×10^{-12} , considerándose casi imposible.
	D: Rotura de presa de arena: condición hidrológica de día lluvioso y por tipo de falla de sobrepaso	<1%	L1 Casi imposible	Según el análisis de rotura de presa de Golder Associates (2017) (Anexo_PGR_Análisis_Rotura_PresaColas) la probabilidad de falla por sobrepaso es de 1×10^{-16} , considerándose casi imposible
Falla en la tubería de colas	Rotura de la tubería de conducción de colas de flotación o lixiviación	1-33%	L2 Muy improbable	Se considera muy poco probable, ya que el diseño de la tubería cumple con normas internacionales. Aunque la zona presenta una susceptibilidad moderada a movimientos en masa, las áreas de alta susceptibilidad se han evitado en el trazado. Además, pese a la sismicidad alta, la probabilidad de afectación por sismo es baja, lo que reduce significativamente el riesgo de ruptura por deslizamientos o eventos sísmicos.

Evento	Escenario de riesgo	Probabilidad		Descripción
		%	Lingüístico	
Derrumbe de taludes de los depósitos de material y tajo	A: Derrumbe de taludes de los depósitos de material y tajo	1-33%	L2 Muy improbable	Se considera muy poco probable, ya que los diseños cumplen con las normas nacionales e internacionales
Emergencia sanitaria	A: Intoxicación masiva de personal que labora en el proyecto	1-33%	L2 Muy improbable	La intoxicación masiva podría presentarse principalmente por la ingesta de alimentos o contaminación de las fuentes de abastecimiento; teniendo en cuenta que los casinos deberán cumplir con todos los requerimientos de seguridad e higiene establecidos por la ley, que se realizarán campañas preventivas y de calidad en el proceso de preparación de alimentos y de la existencia de la planta de tratamiento de agua potable para el personal del proyecto, se considera como baja la probabilidad de ocurrencia de un evento de este tipo.
	B: Epidemia de enfermedades infecciosas o virales que afecten al personal que labora en el proyecto.	1-33%	L2 Muy improbable	Las características de la zona son propicias para la proliferación de enfermedades infecciosas y virales como la fiebre amarilla, dengue, hepatitis, etc., sin embargo, el proyecto contempla campañas de prevención y vacunación, además de un programa de medicina preventiva y de saneamiento básico en pro de las condiciones de salubridad, por lo tanto, se considera poco probable.
Accidentes de vehículos de carga (derrame de cianuro, combustible)	A: Derrame de cianuro de sodio por accidente del vehículo que lo transporta y que contamine un curso de agua.	1-33%	L2 Muy improbable	Se considera una probabilidad muy baja a este tipo de evento, dadas las políticas de transporte de este tipo de sustancia, además de las medidas de seguridad con las que cuenta el proyecto para la movilidad de los vehículos en las instalaciones del proyecto.
	B: Derrame de cianuro de sodio por accidente del vehículo que lo transporta y	1-33%	L2 Muy improbable	Se considera una probabilidad muy baja a este tipo de evento, dadas las políticas de transporte de este tipo de sustancia, además de las medidas de seguridad con las que cuenta el proyecto para la movilidad de

Evento	Escenario de riesgo	Probabilidad		Descripción
		%	Lingüístico	
	que contamine el suelo.			los vehículos en las instalaciones del proyecto.

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

C. Evaluación del Riesgo

Con base en el análisis de consecuencias y la estimación de probabilidades para cada amenaza y escenario identificado, se procede a determinar el nivel de riesgo resultante. La Tabla 10.1.3.95 presenta esta evaluación, mostrando el riesgo individual, ambiental, social y socioeconómico, así como el nivel de riesgo total para cada escenario considerado. Esta síntesis permite visualizar de manera integral el impacto potencial y la clasificación final del riesgo en el contexto del proyecto.

Tabla 10.1.3.95 Evaluación del riesgo

Amenaza	Evento	Nivel de riesgo individual	Nivel de riesgo ambiental	Nivel de riesgo social	Nivel de riesgo económico	Nivel de riesgo final
Sismo	A: rotura de la presa de colas por sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño	-21	-17	-17	-21	-21
	B: rotura de presas de sedimentación de Depósitos por sismo con aceleraciones superiores a las consideradas en el diseño	-2	-8	-2	-8	-8
	C: rotura de otras presas de sedimentación por sismo	-2	-8	-2	-8	-8
Movimientos en masa	A: Deslizamientos de tierra en zonas de obras que afecten captaciones de agua.	-9	-9	-9	-9	-9
	B: Deslizamientos de tierra en zonas de obras que afecten vías e infraestructura del proyecto	-15	-9	-9	-9	-15
Inundaciones	A: Rotura de presas de sedimentación con afectación a terceros	-8	-8	-8	-8	-8
	B: Inundación de zonas de obras en la etapa de construcción (Desviación Q. Guacas)	-15	-15	-15	-15	-15

Amenaza	Evento	Nivel de riesgo individual	Nivel de riesgo ambiental	Nivel de riesgo social	Nivel de riesgo económico	Nivel de riesgo final
Avenidas torrenciales	A: Daños en las instalaciones por la ocurrencia de una avenida torrencial	-22	-15	-9	-9	-22
Incendios forestales	A: Incendio forestal derivado de un evento interno (incendio, derrame, explosión)	-16	-28	-10	-10	-28
Orden público y social	A: Eventos de sabotaje y atentados sobre alguna estructura sensible o sobre el personal del proyecto, por parte de grupos opuestos al proyecto	-15	-9	-9	-22	-22
	B: Paros o huelgas por parte del personal del proyecto	-9	-3	-9	-22	-22
Explosiones no controladas	A: Explosión accidental en almacenamiento de materiales explosivos (polvorín)	-27	-9	-3	-15	-27
Derrame de materiales peligrosos	A: Derrame de materiales peligrosos que generen contaminación de suelos	-16	-28	-10	-28	-28
	B: Derrame de materiales peligrosos que generen contaminación en cauces de agua	-28	-28	-10	-28	-28
Incendio estructural	A: Incendio en transformador de aceite	-16	-10	-10	-10	-16
	B: Incendio por tanque de almacenamiento de diésel	-16	-10	-10	-10	-16
	C: Incendio en planta proceso – espumador MIBC	-16	-10	-10	-10	-16
Colapso estructural	A: Rotura de los tanques de procesos de lixiviación en la planta de beneficio	-17	-2	-1	-8	-17
Falla de la presa de Colas	A: Rotura de presa de arranque: Condición hidrológica de día soleado y por tipo de falla de tubificación.	-21	-17	-17	-21	-21
	B: Rotura de presa de arranque: Condición hidrológica de día lluvioso	-21	-17	-17	-21	-21

Amenaza	Evento	Nivel de riesgo individual	Nivel de riesgo ambiental	Nivel de riesgo social	Nivel de riesgo económico	Nivel de riesgo final
	y por tipo de falla de sobrepaso.					
	C: Rotura de presa de arena: condición hidrológica de día soleado y por tipo de falla de tubificación	-21	-17	-17	-21	-21
	D: Rotura de presa de arena: condición hidrológica de día lluvioso y por tipo de falla de sobrepaso	-21	-17	-17	-21	-21
Falla en la tubería de colas	Rotura de la tubería de conducción de colas de flotación o lixiviación	-9	-15	-9	-15	-15
Derrumbe de taludes de los depósitos de material	Derrumbe de taludes de los depósitos de material	-9	-15	-9	-9	-15
Emergencia sanitaria	A: Intoxicación masiva de personal que labora en el proyecto	-15	-3	-3	-15	-15
	B: Epidemia de enfermedades infecciosas o virales que afecten al personal que labora en el proyecto.	-15	-3	-3	-15	-15
Accidentes de vehículos de carga (derrame de cianuro, combustible)	A: Derrame de cianuro de sodio por accidente del vehículo que lo transporta y que contamine un curso de agua.	-27	-27	-9	-27	-27
	B: Derrame de cianuro de sodio por accidente del vehículo que lo transporta y que contamine el suelo.	-15	-15	-9	-27	-27
Índice de Riesgo	Umbral de Riesgo					
Rojo (-31 a -36)	Excede significativamente el umbral – Acción					
Naranja (-25 a -30)	Excede el umbral –Gestión proactiva					
Amarillo (-16 a -24)	Umbral del riesgo – Gestión activa					
Azul (-9 a -15)	Por debajo del umbral de riesgo – Gestión rutinaria					
Verde (-1 a -8)	Muy por debajo del umbral de riesgo - Gestión rutinaria					

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

Del análisis de la valoración del riesgo se concluye que, en general, ninguno de los escenarios identificados supera de manera significativa el umbral establecido. Sin

embargo, algunos escenarios presentan niveles que requieren una gestión proactiva en caso de materializarse. Entre ellos se destacan: incendio forestal originado por un evento interno (incendio, derrame, explosión), explosión accidental en la planta de transferencia y polvorín, explosión accidental en zonas de obra durante construcción u operación, derrames de materiales peligrosos con potencial de contaminación en suelos o cauces, y derrames de cianuro de sodio por accidentes en transporte que afecten cuerpos de agua o suelos. La Tabla 10.1.3.96 presenta la jerarquización de estos riesgos, permitiendo priorizar acciones de control y mitigación.

Tabla 10.1.3.96 Jerarquización del riesgo

Clasificación (índice)	Amenazas
-28 (Excede el umbral –Gestión proactiva)	Derrame de materiales peligrosos, Incendios forestales
-27 (Excede el umbral –Gestión proactiva)	Accidentes de vehículos de carga (Escenario A y B) Explosiones no controladas (Escenario A, B y C)
-22 (Umbral del riesgo – Gestión activa)	Avenidas torrenciales, Orden público (Escenario A y B)
-21 (Umbral del riesgo – Gestión activa)	Sismo (Escenario A), Falla de la presa de Colas (Escenario A, B, C y D)
-17 (Umbral del riesgo – Gestión activa)	Colapso estructural
-16 (Umbral del riesgo – Gestión activa)	Incendio estructural
-15 (Por debajo del umbral de riesgo – Gestión rutinaria)	Movimientos en masa (Escenario B), Inundaciones (Escenario B), Derrumbe de taludes de los depósitos de material, Emergencia sanitaria,
-10 (Por debajo del umbral de riesgo – Gestión rutinaria)	--
-9 (Por debajo del umbral de riesgo – Gestión rutinaria)	Movimientos en masa (Escenario A)
-8 (Muy por debajo del umbral de riesgo - Gestión rutinaria)	Sismo (Escenario B y C), Inundaciones (Escenario A),

Fuente: Integral S.A., 2025 Adaptado de PGR_01_V1, 2019

D. Análisis de riesgo por componente

El estudio de riesgos elaborado para la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote analiza de manera integral cómo los diferentes escenarios identificados pueden influir en los componentes del proyecto. Para ello, se evalúa el efecto potencial que estas situaciones podrían generar sobre los ámbitos ambiental, social, socioeconómico y a nivel individual, considerando la interacción entre todos los elementos involucrados.

a. Riesgo Ambiental

El análisis del riesgo ambiental desarrollado para la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se basa en comprender cómo

los distintos escenarios de amenaza pueden afectar a los componentes ecológicos presentes en el área de influencia. Dentro de este componente se incluyen ecosistemas estratégicos como los bosques de galería y riparios, la reserva forestal protectora, el bosque denso alto, así como las rondas hídricas y los humedales, todos ellos altamente sensibles a las intervenciones propias de las fases constructiva y operativa del proyecto, entre las que se encuentran el movimiento de tierras, la operación de maquinaria pesada, el tránsito de vehículos y la modificación del relieve.

Las principales consecuencias ambientales identificadas comprenden la reducción de la cobertura vegetal, procesos de erosión, contaminación de cuerpos de agua y alteraciones en la dinámica hídrica regional, impactos especialmente relevantes debido al papel ecológico que desempeñan estos ecosistemas en la estabilidad del entorno. Entre los escenarios de amenaza más importantes se reconocen los derrames de sustancias químicas, las explosiones y los incendios de vegetación; estos últimos representan un riesgo crítico por su capacidad de generar daños severos y, en muchos casos, permanentes en áreas particularmente vulnerables como los bosques de galería y los humedales. Con base en el análisis cualitativo efectuado y siguiendo los criterios de valoración establecidos para el riesgo ambiental (Tabla 10.1.3.97), se determinaron los niveles de riesgo correspondientes para cada uno de los elementos expuestos.

Tabla 10.1.3.97 Criterios de valoración del riesgo ambiental

Nivel de riesgo	Criterios de valoración del riesgo Ambiental	Criterios de aceptabilidad del riesgo
Alto	El daño potencial implica pérdida o degradación irreversible de ecosistemas estratégicos (humedales, bosques de galería o relictos boscosos, bosque denso). Alta exposición a amenazas con baja capacidad de recuperación natural.	Riesgo inaceptable. Requiere medidas de protección estrictas y control permanente.
Medio	El daño potencial es parcialmente reversible. Afecta ecosistemas o suelos de protección con capacidad moderada de recuperación mediante medidas de manejo ambiental.	Riesgo tolerable. Requiere medidas de mitigación y monitoreo frecuente.
Bajo	El daño potencial es reversible y de baja magnitud. Los elementos expuestos cuentan con mecanismos naturales de resiliencia o están distantes de zonas de intervención directa. El daño potencial es reversible y de baja magnitud. Los elementos expuestos cuentan con mecanismos naturales de resiliencia o están distantes de zonas de intervención directa.	Riesgo aceptable. Requiere seguimiento básico dentro del plan de manejo ambiental.

Fuente: Integral S.A., 2025

Con base en los criterios de valoración aplicados, se identificó que algunos componentes ambientales entre ellos la reserva forestal protectora, el bosque denso alto y los bosques de galería o riparios presentan un riesgo de nivel medio, resultado de la vulnerabilidad ecológica y la exposición a las amenazas asociadas al proyecto. Estas áreas requieren

medidas de manejo, mitigación y protección especialmente rigurosas para evitar que las actividades de construcción y operación comprometan su estabilidad ecológica en el largo plazo.

En contraste, las rondas hídricas y los humedales fueron clasificados con riesgo bajo, dado que, aunque poseen cierta susceptibilidad, sus características funcionales permiten aplicar estrategias de mitigación más efectivas y con mayor probabilidad de éxito. La síntesis de estos resultados, junto con la distribución espacial de las zonas más expuestas, se encuentra representada en la Figura 10.1.3.59 (mapa de riesgo ambiental).

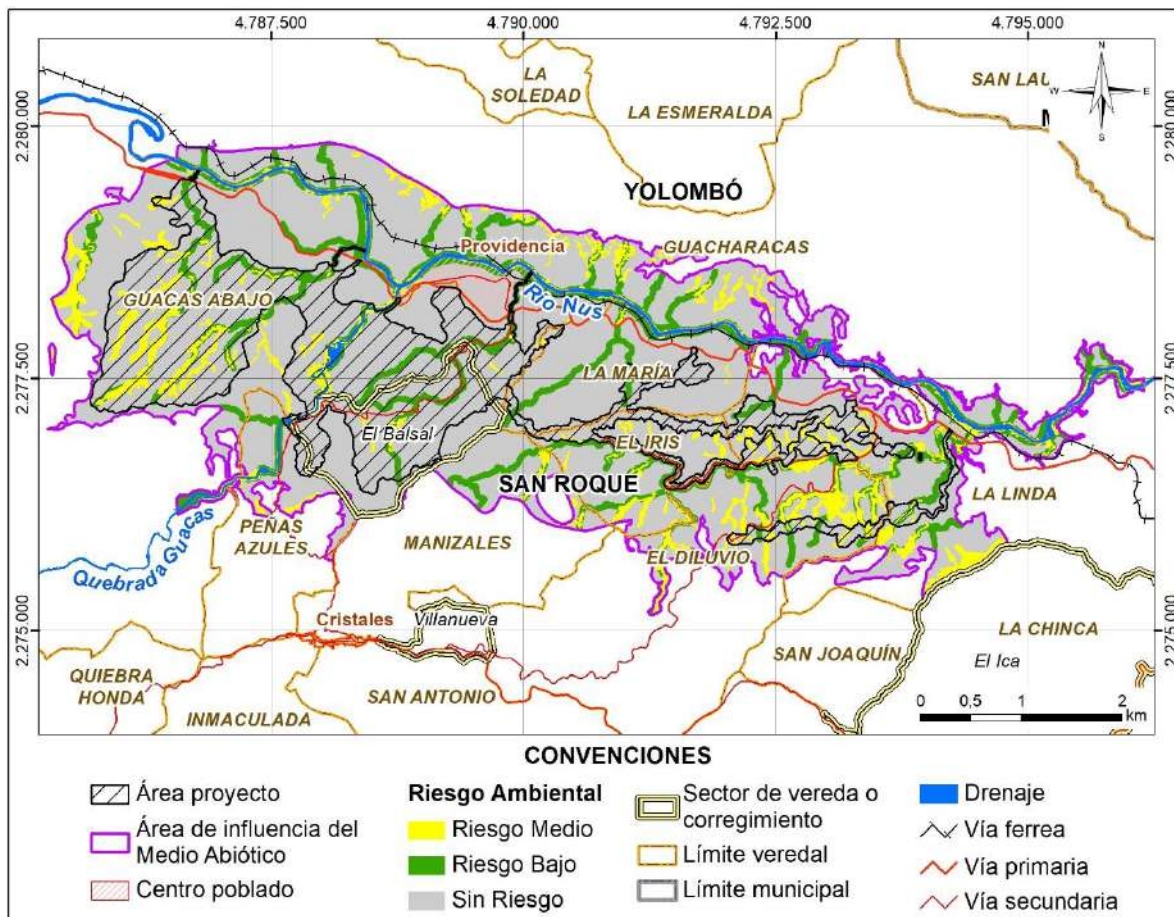


Figura 10.1.3.59 Riesgo ambiental

Fuente: Integral S.A., 2025

b. Riesgo Social

Dentro del Plan de Gestión del Riesgo, el riesgo social se concibe como el conjunto de posibles impactos que podrían experimentar las comunidades ubicadas en el entorno del proyecto Gramalote, así como los elementos que conforman su vida colectiva, incluidos los espacios culturales y las zonas comunitarias. La identificación y el análisis de estas amenazas permiten asegurar que las actividades asociadas a la Modificación de la Licencia

Ambiental no solo reduzcan al mínimo los efectos adversos, sino que también favorezcan condiciones que fortalezcan el bienestar social de la población vecina.

Los riesgos de origen operacional o tecnológico vinculados directamente al desarrollo del proyecto involucran situaciones como derrames de sustancias peligrosas, fallas en la presa de colas o explosiones no controladas, eventos que pueden afectar tanto a las personas como a la infraestructura comunitaria. No obstante, el proyecto ha establecido protocolos rigurosos de seguridad y planes de manejo ambiental que buscan prevenir y mitigar estas eventualidades, garantizando la protección de la comunidad y de sus espacios socioculturales.

Adicionalmente, se consideran riesgos derivados de fenómenos naturales o socio-naturales, como incendios forestales, sismos, inundaciones y movimientos en masa, los cuales, aunque no sean generados por las operaciones mineras, pueden intensificar la vulnerabilidad social del territorio y generar afectaciones relevantes en la calidad de vida de las comunidades. Estos factores externos también forman parte del análisis, dado que pueden agravar condiciones preexistentes y aumentar la exposición al riesgo.

La valoración del riesgo social se desarrolla siguiendo criterios cualitativos que permiten establecer niveles de riesgo de acuerdo con el grado de afectación potencial y la exposición de la población, conforme a lo establecido en la Tabla 10.1.3.98.

Tabla 10.1.3.98 Categorías de aceptabilidad del riesgo social

Nivel de riesgo	Criterios de valoración del riesgo Social	Criterios de aceptabilidad del riesgo
Alto	Afectación severa a la integridad física o psicológica de las personas. Pérdida o daño de espacios de cohesión social o de sitios de valor cultural. Alta exposición de comunidades vulnerables o con limitado acceso a mecanismos de respuesta.	Riesgo inaceptable. Requiere intervención inmediata, fortalecimiento institucional y medidas de protección comunitaria.
Medio	Afectación moderada y reversible sobre las condiciones de vida, infraestructura social o dinámica comunitaria. Posible interrupción temporal de actividades cotidianas.	Riesgo tolerable. Requiere medidas preventivas, capacitación comunitaria y seguimiento social permanente.
Bajo	Afectaciones leves o indirectas sobre las personas o el tejido social. Capacidad alta de recuperación mediante mecanismos de comunicación y acompañamiento social.	Riesgo aceptable. Requiere acciones de mantenimiento de confianza y fortalecimiento de canales de información.

Fuente: Integral S.A., 2025

Con base en estos criterios de valoración, el análisis cualitativo del riesgo social muestra que las áreas conformadas por tejido urbano, tanto continuo como discontinuo, presentan un riesgo medio, considerado tolerable dentro de los parámetros establecidos. Esta clasificación se relaciona directamente con la cercanía de las comunidades al proyecto y con la posibilidad de que sean afectadas por los riesgos que provienen tanto de las actividades operativas como de los fenómenos naturales identificados. En consecuencia,

es indispensable mantener e incluso reforzar las acciones preventivas que contribuyan a disminuir la exposición y la probabilidad de impactos sobre la población.

Por su parte, el área de intervención directa del proyecto presenta un riesgo bajo, lo que refleja que las actividades ejecutadas dentro de sus límites generan un nivel de afectación relativamente menor en comparación con las zonas habitadas aledañas. No obstante, este resultado no implica que se deban reducir los controles, sino que se requiere una supervisión constante y la actualización continua de las medidas de gestión del riesgo en función de la evolución del proyecto. La representación espacial y detallada de estos niveles de riesgo se encuentra en la Figura 10.1.3.60, correspondiente al mapa de riesgo social.

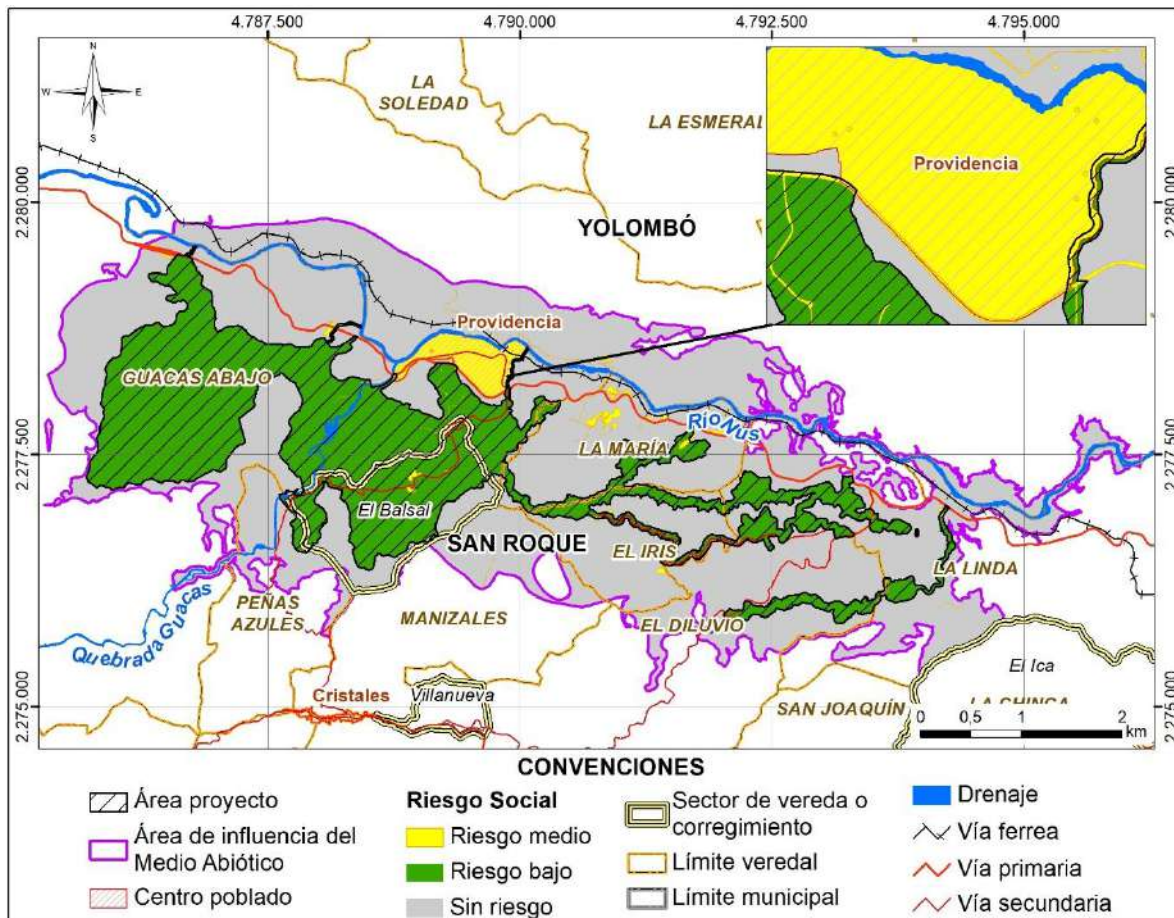


Figura 10.1.3.60 Riesgo Social

Fuente: Integral S.A., 2025

c. Riesgo Socioeconómico

El componente socioeconómico abarca los bienes, servicios y actividades productivas presentes en el área de influencia del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Estos elementos son fundamentales para el funcionamiento del territorio y para la estabilidad económica de las comunidades locales. Entre ellos se incluyen

infraestructuras y actividades como los cultivos, los trapiches y las redes de servicios públicos, entre otros.

El riesgo socioeconómico se entiende como la posibilidad de que un evento peligroso altere, de manera directa o indirecta, la provisión de servicios esenciales, el desempeño económico y la continuidad de los medios de vida. Su evaluación surge de la relación entre distintos tipos de amenazas naturales, socio-naturales y tecnológicas y el grado de vulnerabilidad, tanto estructural como funcional, de los elementos expuestos.

Las amenazas más relevantes para este componente son aquellas de origen natural o socio-natural, dado que suelen abarcar extensiones territoriales mayores que los riesgos vinculados exclusivamente a las actividades del proyecto. En este grupo se encuentran los sismos, las avenidas torrenciales, las inundaciones, los incendios forestales y los movimientos en masa, todos capaces de generar daños de consideración en las infraestructuras y en las actividades económicas locales. Asimismo, la ocurrencia simultánea o concatenada de eventos de tipo tecnológico puede aumentar la severidad de los impactos.

En contraste, las amenazas relacionadas con explosiones, incendios estructurales o derrames de sustancias peligrosas tienen un alcance espacial más limitado, concentrándose principalmente dentro del área de intervención directa del proyecto, aunque igualmente pueden afectar infraestructuras y dinámicas económicas del entorno inmediato.

La valoración cualitativa del riesgo socioeconómico se realizó siguiendo los criterios de la Tabla 10.1.3.99, los cuales permiten clasificar los niveles de riesgo según el tipo y magnitud de las afectaciones potenciales sobre la infraestructura, la economía local y los servicios comunitarios.

Tabla 10.1.3.99 Categorías de aceptabilidad del riesgo socioeconómico

Nivel de riesgo	Criterios de valoración del riesgo Socioeconómico	Criterios de aceptabilidad del riesgo
Alto	Pérdida significativa de infraestructura crítica (vías, redes de energía o gas). Interrupción prolongada de actividades económicas locales o servicios esenciales. Afectación severa a los medios de vida de la población.	Riesgo inaceptable. Requiere acciones de mitigación inmediatas, fortalecimiento institucional y planes de contingencia sectoriales.
Medio	Daños moderados o temporales a la infraestructura o a las actividades económicas. Pérdida parcial de funcionalidad o ingresos, con posibilidad de recuperación en el corto o mediano plazo.	Riesgo tolerable. Requiere medidas de prevención, redundancia operativa y acompañamiento técnico a los actores locales.
Bajo	Afectaciones leves o localizadas, con mínima incidencia en la economía local. Alta capacidad de recuperación de los sistemas productivos o de servicios.	Riesgo aceptable. Requiere mantenimiento preventivo y seguimiento en la operación del proyecto.

Fuente: Integral S.A., 2025

El análisis cualitativo de los escenarios de riesgo asociados al componente socioeconómico muestra que, para la mayoría de los elementos evaluados equipamientos, infraestructura

social, vías, red de gas, cultivos y trapiches, el nivel de riesgo total se clasifica como medio. Esta categoría refleja un riesgo tolerable, en la medida en que, aunque existen amenazas con capacidad de generar afectaciones, la presencia de medidas de mitigación y la capacidad institucional para responder ante emergencias permiten conservar la funcionalidad de estos sistemas.

En contraste, dentro del área del proyecto, el riesgo socioeconómico se considera bajo, debido a la aplicación de controles operativos, protocolos de seguridad industrial y programas de mantenimiento de la infraestructura que disminuyen la probabilidad de impactos significativos. No obstante, resulta fundamental mantener un monitoreo continuo del entorno productivo y fortalecer la articulación con los actores territoriales, con el fin de asegurar la resiliencia económica y la sostenibilidad de los medios de vida frente a la posible ocurrencia de eventos extremos.

Los resultados de la valoración del riesgo socioeconómico se presentan en la Figura 10.1.3.61. correspondiente al mapa de riesgo socioeconómico.

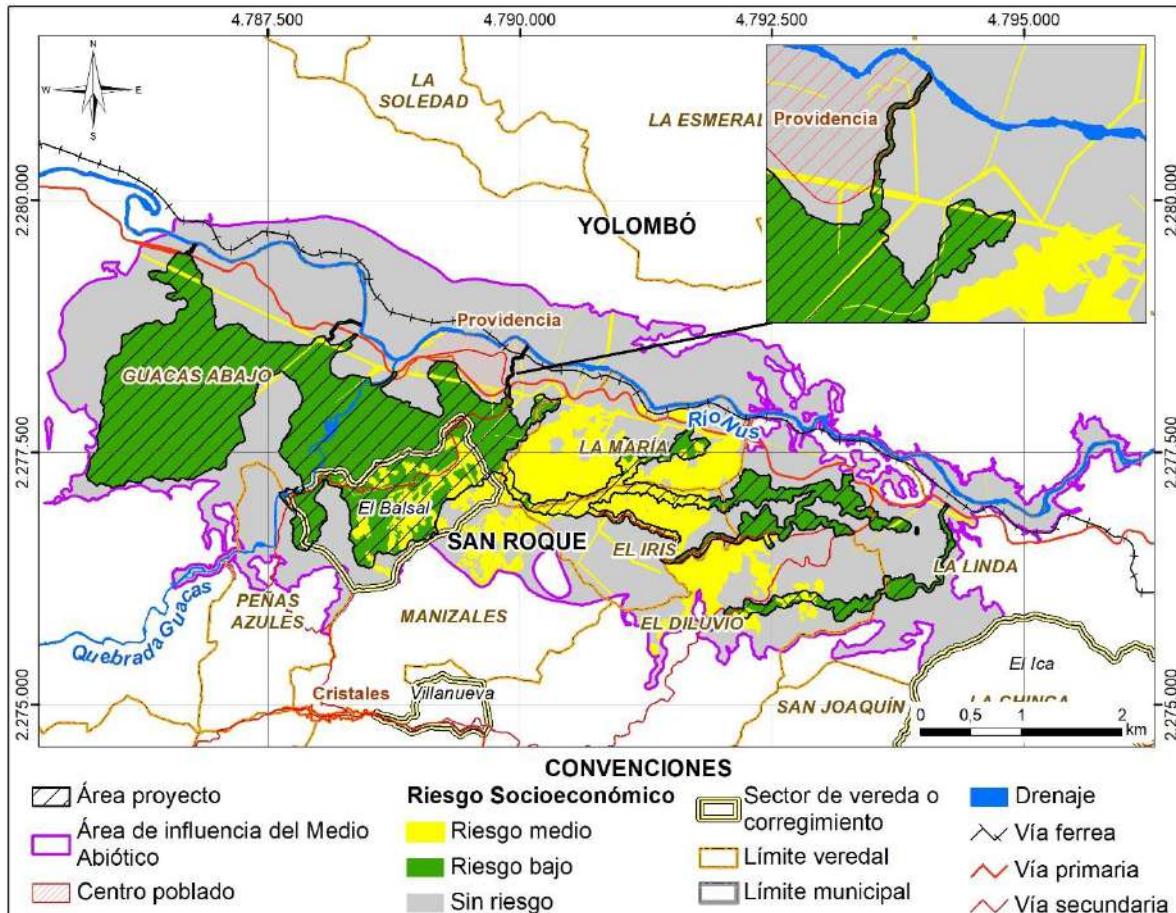


Figura 10.1.3.61 Riesgo Socioeconómico

Fuente: Integral S.A., 2025

d. Riesgo Individual

Según la definición de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), el riesgo individual corresponde a la probabilidad de que una persona experimente daños específicos como consecuencia de su exposición a uno o varios peligros. En este análisis, el enfoque se centra en las posibles afectaciones directas a las personas ubicadas dentro del área de influencia de la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, evaluando cómo podrían verse impactadas ante la materialización de distintos escenarios de riesgo.

En este contexto, las amenazas de manifestación puntual tienden a generar efectos concentrados y relativamente homogéneos sobre los individuos expuestos, mientras que los escenarios con áreas de afectación más extensas suelen producir consecuencias diversas y heterogéneas en la población.

Los riesgos que se presentan dentro del área directa del proyecto como explosiones no controladas, derrames de sustancias químicas y materiales peligrosos, incendios estructurales y colapsos de infraestructura pueden ocasionar impactos específicos y localizados en las personas presentes en el sitio. Estos escenarios representan un nivel de peligro elevado, debido a su capacidad para generar daños graves o incluso letales. En particular, las explosiones y los eventos de alteración del orden público se consideran altamente críticos, por su potencial de provocar consecuencias severas e inmediatas sobre la salud y la seguridad humana.

Por su parte, las amenazas de origen natural y socio-natural, tales como sismos, inundaciones, avenidas torrenciales, incendios forestales y movimientos en masa, presentan un alcance espacial mayor y pueden causar tanto efectos directos como indirectos en la población. Estos eventos incrementan el riesgo individual no solo para quienes se encuentran en la zona de intervención del proyecto, sino también para las personas ubicadas en áreas circundantes más susceptibles a estos fenómenos.

La valoración cualitativa del riesgo individual se llevó a cabo empleando los criterios metodológicos establecidos en la Ta, los cuales permiten clasificar el nivel de riesgo en función de la exposición al peligro y la severidad de las consecuencias potenciales.

Tabla 10.1.3.100 Criterios metodológicos para la valoración cualitativa del riesgo individual

Nivel de riesgo	Criterios de valoración del riesgo individual	Criterios de aceptabilidad del riesgo
Alto	Alta probabilidad de lesiones graves o muerte debido a exposición directa a eventos críticos (explosiones, incendios, derrames tóxicos). Las condiciones de vulnerabilidad personal son elevadas y los tiempos de respuesta son insuficientes.	Riesgo inaceptable. Requiere control inmediato, capacitación reforzada, medidas de ingeniería y protocolos de seguridad estrictos.
Medio	Posibilidad de lesiones moderadas o reversibles derivadas de la exposición a amenazas naturales o tecnológicas de intensidad media. Las condiciones de vulnerabilidad pueden ser gestionadas mediante medidas preventivas y respuesta oportuna.	Riesgo tolerable. Requiere fortalecimiento de capacidades de respuesta, simulacros y mantenimiento de sistemas de alerta.

Nivel de riesgo	Criterios de valoración del riesgo individual	Criterios de aceptabilidad del riesgo
Bajo	Baja probabilidad de afectación física o psicológica. Exposición indirecta a amenazas controladas o con baja frecuencia. Existencia de medidas efectivas de protección individual y colectiva.	Riesgo aceptable. Requiere mantenimiento preventivo, señalización y vigilancia continua del entorno de trabajo.

Fuente: Integral S.A., 2025

El análisis cualitativo de los escenarios de riesgo evidencia que, en el área directa del proyecto, el riesgo individual total se clasifica como medio. Este nivel responde a la exposición del personal operativo y contratista a fuentes de peligro propias de la infraestructura minera y de las actividades industriales desarrolladas. No obstante, se considera un riesgo tolerable siempre que se mantengan y ejecuten adecuadamente las medidas preventivas, los protocolos de seguridad y los planes de respuesta a emergencias establecidos para el proyecto.

En contraste, en el resto del área de influencia el riesgo individual se califica como bajo, dado el menor grado de exposición de la población a peligros directos, así como la existencia de mecanismos de control físico, señalización, restricciones de acceso y demás medidas de seguridad implementadas en el entorno. A pesar de esta baja probabilidad de afectación, resulta fundamental mantener una evaluación continua del riesgo individual y fortalecer los programas de capacitación, comunicación del riesgo y fomento de la autoprotección tanto para los trabajadores como para las comunidades cercanas.

Los resultados de esta valoración se ilustran en la Figura 10.1.3.62, correspondiente al mapa de riesgo

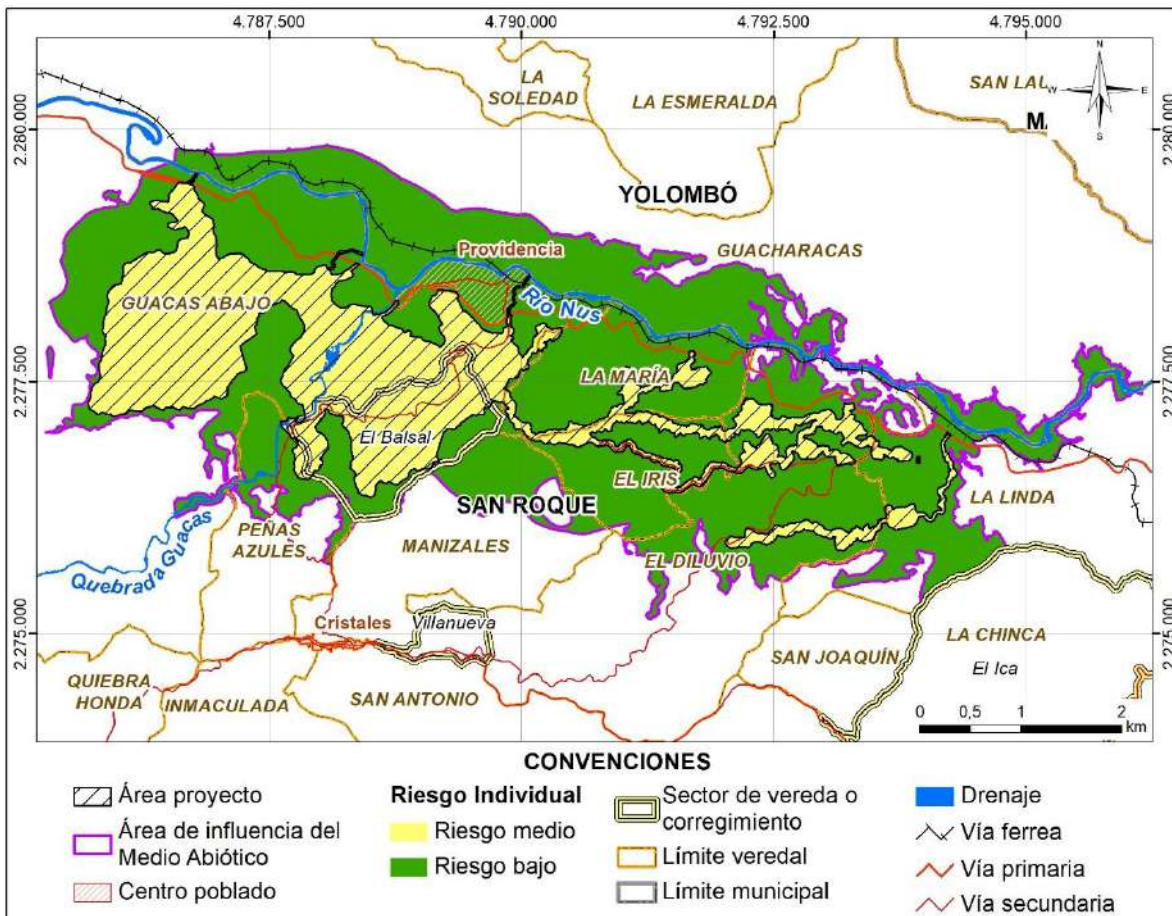


Figura 10.1.3.62 Riesgo individual

Fuente: Integral S.A., 2025

E. Monitoreo del Riesgo

El monitoreo es una herramienta que proporciona información de importancia para la generación de alertas tempranas ante situaciones de riesgo; el desarrollo continuo de un plan de monitoreo permite garantizar la estabilidad de las obras y la seguridad del personal y los equipos, además de facilitar la identificación temprana de cambios o anomalías en las condiciones de las obras.

a. Protocolo de monitoreo

El monitoreo consiste en la recolección y análisis de datos por medio de dos actividades: la inspección visual de las obras por personal capacitado y profesional y la instrumentación de las mismas, esto con el fin de llevar un control e identificar cambios en las obras tales como agrietamientos, asentamientos, infiltraciones, abultamientos, desplazamientos, erosión, deterioro, entre otros; el desarrollo de las actividades de monitoreo y su periodicidad dependerá de la cada una de las fases del proyecto y de la obra en cuestión.

- Inspecciones diarias

Se plantea el desarrollo de inspecciones visuales en las obras tales como presas de arranque, presas de arena, pozos de sobrenadantes, pozos de sedimentación, estructuras de recolección de infiltraciones, canales de desviación, vertederos, caminos de acceso alrededor de las instalaciones y minero ductos (transporte de colas), entre otras.

Esta inspección deberá ser realizada por personal calificado, con conocimiento sobre la infraestructura del proyecto, solo requerirá del diligenciamiento de formularios específicos en caso de encontrar cualquier anomalía, los cuales deberán documentarse y almacenarse de manera adecuada con el fin de facilitar su seguimiento.

- Inspecciones semanales

Se deberá realizar el monitoreo de todas las caras de los depósitos de estériles, por medio de una inspección visual de sus condiciones de estabilidad, las posiciones de las crestas deben ser verificadas por medio de prismas o pines, su localización será en áreas recientes donde la estabilidad es crítica para la seguridad y operación.

- Inspecciones trimestrales

Se debe verificar las condiciones de la infraestructura y el funcionamiento de las instalaciones, abarcando los sitios de monitoreo diario y semanal; esta inspección deberá ir acompañada de un reporte de hallazgo, con el debido diligenciamiento de los formularios respectivos como anexos y el reporte de datos obtenidos en la lectura de los instrumentos, este paquete será presentado al supervisor ambiental en las 24 horas siguientes a la inspección.

Nota: la lectura de todos los instrumentos geotécnicos debe realizarse mensualmente como mínimo.

- Inspecciones anuales

Esta inspección deberá ser realizada por un ingeniero geotecnista experimentado, el cual debe verificar de manera detallada las condiciones y rendimiento de las obras e instalaciones, debe abarcar todos los sitios de monitoreo trimestral; adicional a esto debe revisar los reportes trimestrales, así como los anuales de años previos proporcionando comparativos; como resultado de la inspección se presentará un informe ante el supervisor ambiental.

- Inspecciones por eventos

Ante la ocurrencia de un evento extremo que pudiera haber llegado a afectar las condiciones de estabilidad de las obras se debe realizar una inspección ingenieril detallada a cargo del ingeniero geotecnista, siguiendo y cumpliendo con lo establecido en la inspección anual.

- Revisión de seguridad de la presa de colas

Esta revisión se debe llevar a cabo después del primer llenado de la presa depósito de colas, durante el último año de operaciones y una vez cada 10 años a partir de entonces; la revisión busca identificar si ha ocurrido algún asentamiento y determinar si el depósito de colas, especialmente las estructuras de contención, presenta un margen de seguridad adecuado considerando la normativa vigente

b. Parámetros de monitoreo

Dentro del plan de monitoreo se establecen diferentes parámetros que requerirán de seguimiento en las diferentes etapas del proyecto, el monitoreo de estos parámetros será complemento de las inspecciones e informes periódicos que se deben presentar ya que su finalidad es llevar un control de las condiciones del proyecto e identificar situaciones anómalas en el mismo (ver Tabla 10.1.3.101).

Tabla 10.1.3.101 Parámetros de monitoreo

Parámetro	Frecuencia	
	Construcción y operación	Cierre-postcierre
Meteorología	Diario	-
Lectura piezómetros	Diario	-
Celdas de asentamiento	Semanal	
PM10 y PM2.5	Mensual en construcción y trimestral en operación	Semestral
Volumen total de colas	Continua	-
pH de las colas	Continua	-
Concentración de las colas (densidad)	Continua	-
Presión de la tubería de colas	Continua	-
Flujo de agua (al ciclón)	Continua	-
Composición química de las colas y de las filtraciones	Semanal	-
Volumen del pozo de sobrenadantes	Semanal	-
Calidad del agua en el pozo de sobrenadantes	Mensual, trimestral y semestral	-
Volumen de filtraciones	Semanal	-
Calidad de agua subterránea y superficial	-	Semestral durante los primeros 5 años después del cierre Anual a perpetuidad
Monitoreo de calidad de aire	-	Anual los primeros 5 años después del cierre
Monitoreo de Flora	-	Anual durante los primeros 5 años después del cierre
Monitoreo de Fauna	-	Anual durante los primeros 5 años después del cierre
Áreas revegetalizadas	-	Anual durante los primeros 5 años después del cierre

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2025

c. Instrumentación

Durante las etapas de construcción y operación se deberá realizar el protocolo de monitoreo a las obras de gran envergadura como lo son: presa de colas, presa de arranque, presa de arena, pozo de sobrenadantes, pozos de sedimentación, depósito de estériles, tubería de colas, vertederos, canales de desviación, bombas y equipos mecánicos, vías de acceso, entre otros.

Adicional al protocolo de monitoreo se plantea la implementación de instrumentación de monitoreo y la medición periódica de parámetros de interés principalmente en dos de las obras del proyecto: presa de colas y depósito de colas. Es de importancia resaltar que, aunque no se plantea la instrumentación del depósito de estériles, en caso de registrarse durante el protocolo de monitoreo la aparición de grietas o se identifique alguna otra anomalía se deberá instrumentar con extensómetros con el fin de llevar un control de los desplazamientos que se presenten. Para la presa de colas se requiere de la instalación de instrumentación con el fin de monitorear la respuesta sísmica de la misma, los niveles freáticos y controlar las filtraciones y las deformaciones de la cimentación de la presa; a continuación, se presenta la instrumentación propuesta.

Sismógrafos: Se implementan con el fin de monitorear y medir la aceleración en sitio de los movimientos sísmicos dos sismógrafos, uno de ellos se localizará en la roca y el otro en la cresta de la presa, sin embargo, el punto de localización será variable ya que se deben ir reubicando durante la etapa de construcción a medida que se va avanzando en la misma. La lectura de los sismógrafos se desarrollará con una periodicidad diaria.

Piezómetros de cuerda vibrante: Se implementan con el fin de monitorear el funcionamiento del drenaje en la presa, este monitoreo constará de una red de 35 piezómetros localizados en las perforaciones desarrolladas (14 en la presa de arranque y 21 en la presa de arenas), la lectura de los registros se desarrollará con una periodicidad diaria.

Celdas de asentamiento: Su función es monitorear la deformación tanto en la cimentación como en la sección de la presa de arranque, para esto se localizarán 3 celdas en la cimentación de la presa y 2 en la sección de máxima altura de la misma. La lectura de las celdas se recomienda de manera semanal.

Controles topográficos: Se encargan de la medición de las deformaciones producto de la consolidación de los suelos y a la fuerza que ejercen los relaves en la presa, para esto se proponen 28 controles, los cuales se distribuirán a lo largo del eje de la cresta y en el talud aguas abajo.

Adicionalmente, para el depósito de colas se propone la implementación de instrumentación con el fin de monitorear y evaluar la estabilidad física de la misma; a continuación, se presenta la instrumentación propuesta:

Estación climática y pluviométrica: Se instalará una estación que mida diariamente los parámetros de pluviometría, evaporimetría, temperatura máxima, mínima, ambiente, húmeda y seca y velocidad y dirección del viento.

Piezómetros: Se implementan con el fin de medir los niveles de agua al interior de la estructura y las variaciones que presentan ante eventos sísmicos; para esto se plantea la implementación de piezómetros eléctricos que se encuentren conectados a equipos

lectores (se recomienda un equipo cada 3 o 4 piezómetros), instalación de piezómetros de tubo para comparación y calibración y piezómetros eléctricos dinámicos conectados a acelerógrafos para la activación de los mismos. La lectura de los piezómetros se plantea diaria.

Celdas de asentamiento: La función de las celdas será medir los desplazamientos verticales asociados a asentamientos y deformaciones que podría llegar a presentar el depósito y así inferir cualquier cambio que pueda presentarse en las cimentaciones. La lectura de las celdas se plantea semanal

Acelerógrafos: Se propone la instalación de un acelerógrafo cuya localización será variable, ya que se desplazará periódicamente a lo largo de la cresta. El registro de los acelerógrafos se recomienda se realice de manera continua.

d. Identificación de riesgos futuros

Siguiendo los protocolos definidos en este capítulo, que abarcan el establecimiento del contexto, así como la identificación, valoración y evaluación de los riesgos, junto con los registros históricos de eventos reportados en las bases de datos, el proyecto de modificación de la Licencia Ambiental para la actividad minera a cielo abierto de Gramalote podrá documentar los escenarios de riesgo que ocurran durante las operaciones. Este registro incluirá detalles como la fecha del evento, los riesgos identificados y sus consecuencias, tanto internas como externas al proyecto. Además, se mantendrá una base de datos actualizada con riesgos no contemplados inicialmente en este plan, permitiendo realizar ajustes y actualizaciones periódicas para asegurar una gestión efectiva de dichos riesgos.

10.1.3.2 Plan de reducción del riesgo

El proceso de reducción del riesgo se define como la intervención aplicada a los escenarios de riesgo identificados en la etapa de conocimiento del riesgo. Este proceso incluye medidas de prevención, mitigación, control y tratamiento que se deben adoptar para disminuir el riesgo, ya sea reduciendo la probabilidad de ocurrencia de eventos amenazantes o la vulnerabilidad de los elementos expuestos al riesgo, con el objetivo de evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de materialización del riesgo tanto en aquellas áreas objeto de modificación y nuevas como de aquellas obras que no son objeto de modificación. La intervención puede ser correctiva, para reducir el riesgo actual, o prospectiva, para prevenir el riesgo futuro. El objetivo de estas intervenciones es lograr que los riesgos clasificados como altos se reduzcan a niveles moderados o bajos, y que estos últimos se mantengan en dichos niveles, lo cual requiere un monitoreo constante.

La gestión de riesgos es una responsabilidad compartida, por lo que todos los empleados y contratistas deben asumir un rol de liderazgo en su propia seguridad y en la de sus compañeros. Es fundamental trabajar en equipo, ser conscientes de los riesgos y estar comprometidos con la seguridad.

10.1.3.2.1 Intervención correctiva y prospectiva

El objetivo de la intervención correctiva es reducir el nivel de riesgo existente para la población y los bienes sociales, económicos y ambientales en el área de influencia de las entidades afectadas. Esto se logra mediante acciones de mitigación que disminuyen o

eliminan las condiciones de amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Estas acciones abordan tanto las causas como las consecuencias del riesgo (Decreto 2157, 2017). Por otro lado, las intervenciones prospectivas buscan evitar la aparición de nuevas situaciones de riesgo a través de medidas preventivas. Estas medidas previenen la exposición de personas y bienes a posibles eventos peligrosos, reducen las pérdidas y promueven la sostenibilidad de las entidades.

10.1.3.2.2 Medidas de reducción del riesgo

Medidas de reducción del riesgo de desastres transversales a las amenazas endógenas y exógenas identificadas

En la Tabla 10.1.3.102 se describen las medidas de reducción del riesgo transversales a todas las amenazas identificadas para la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Las medidas descritas contienen nombre de la medida, objetivo, tipo de medida e intervención, descripción, responsable y plazo de ejecución.

Tabla 10.1.3.102 Medidas de reducción del riesgo transversales ante amenazas identificadas

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas endógenas y exógenas identificadas		
Medidas transversales a todas las amenazas		
Nombre de la medida: Articulación, implementación y mantenimiento de un Sistema de Alertas Tempranas - SAT ante sismos, movimientos en masa, inundaciones e incendios de cobertura vegetal.		
Objetivo de la medida: Implementar un Sistema de Alertas Tempranas (SAT) ante las amenazas naturales y socio-naturales priorizadas en articulación con y IDEAM y el Servicio Geológico Colombiano (SGC), integrando el conocimiento, monitoreo, comunicación y reacción oportuna ante eventos amenazantes.		
Tipo de medida	Estructural:	No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva:	Prospectiva: X
Amenazas Relacionadas	Sismos, Movimientos en masa, Inundaciones, Incendios de cobertura vegetal	
Descripción	<p>Consolidar un SAT multi-amenaza que permita monitorear las amenazas identificadas para generar alertas tempranas e implementar medidas de preparación ante estas.</p> <p>El SAT debe contar con los siguientes componentes:</p> <p><u>Conocimiento del riesgo:</u> Integra toda la información identificada de los riesgos. A partir del componente de conocimiento del presente PGR se hace un acercamiento a los escenarios que se pueden presentar en el proyecto. Adicionalmente puede acudir a la comunidad, principalmente los habitantes más antiguos de la zona, con quienes, a través del mapeo comunitario, podrán brindar información de antecedentes de emergencias, y escenarios más críticos sucedidos en el pasado.</p> <p><u>Monitoreo y generación de alertas:</u> desarrollar sistemas de monitoreo de amenazas y de emisión de alertas tempranas. Realizar seguimiento a los sistemas de alerta temprana nacional como los pronósticos del IDEAM (Ideam, 2025), especialmente en temporadas de lluvias, y los periodos del ENSO. Par la amenaza sísmica se debe realizar</p>	

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas endógenas y exógenas identificadas	
Medidas transversales a todas las amenazas	
	<p>seguimiento al monitoreo sísmico realizado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2025) y a los reportes presentes en la página del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2025), respecto a los sismos ocurridos en el área de estudio. En cuanto a los incendios de cobertura vegetal revisar periódicamente los registros satelitales de la plataforma FIRMS (FIRMS, 2025) de la NASA.</p> <p>Es importante considerar que, debido a la variabilidad intrínseca del comportamiento de muchos fenómenos que son muy locales y que se desarrollan en escalas espaciales y de tiempo muy reducidas, escapan al escrutinio de los sistemas de monitoreo, de los satélites y radares y lógicamente no se ven reflejados en los análisis y por supuesto en los servicios de predicción, de ahí radica la importancia del trabajo articulado con las propias comunidades para entender sus fenómenos locales y las señales premonitorias que da la propia naturaleza.</p> <p><u>Diseminación de la alerta:</u> Articular el SAT al sistema de notificación de emergencias en los diferentes niveles establecidos en el Plan de Emergencias y Contingencias. Así mismo, mantener actualizados los contactos de los actores clave en los procesos de gestión del Riesgo, tanto internos como externos.</p> <p>Preparación para actuar: En este aspecto se deben implementar mecanismos para desarrollar capacidades de respuesta ante emergencias por parte del personal y adicionalmente articularse a las capacidades de respuesta municipales, regionales y nacionales. Para ello se desarrollan los siguientes mecanismos:</p> <p>Identificación y socialización de rutas de evacuación y puntos de encuentro de la planta fotovoltaica.</p> <p>Campañas de educación en gestión del riesgo.</p> <p>Desarrollo de simulaciones y simulacros.</p>
Responsable	Equipo de administración de la plataforma SAT Keraunos Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto
Nombre de la medida: Educación continua en Gestión del Riesgo de Desastres	
<u>Objetivo de la medida:</u> Llevar a cabo actividades educativas con el objetivo de fomentar una cultura del riesgo. Esta cultura es la suma de valores compartidos, conocimientos y actitudes dentro de la organización, enfocada en una reducción permanente del riesgo para lograr el bienestar de todos los actores dentro de la organización y de las comunidades cercanas.	
Tipo de Medida	Estructural: <input type="checkbox"/> No estructural: <input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de intervención	Correctiva: <input type="checkbox"/> Prospectiva: <input checked="" type="checkbox"/>
Amenazas relacionadas	Todas
Descripción	<p>Es determinante la educación constante en gestión del riesgo como medida de reducción.</p> <p>Para esto es importante realizar un proceso continuo que incluya:</p> <p>Implementación del Programa de entrenamiento y capacitación al personal el cual contiene capacitaciones generales y específicas diseñadas para todo el personal. Adicional a este programa, es importante involucrar tema clave como:</p> <ul style="list-style-type: none"> Charlas mensuales sobre manejo de riesgos, protocolos de trabajo seguro y prevención de emergencias en cada etapa del proyecto.

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas endógenas y exógenas identificadas	
Medidas transversales a todas las amenazas	
	<ul style="list-style-type: none"> • Socialización de los resultados de los análisis de riesgo incluidos en el plan y de futuros análisis. • Estudios de caso sobre emergencias y desastres ocurridos en proyectos similares, para extraer lecciones aprendidas. • Debate participativo sobre los riesgos asociados a cada puesto y estrategias para evitarlos. • Revisión detallada de los planes de acción específicos en caso de incidentes que comprometan la integridad física, las comunidades vecinas, la infraestructura o el medio ambiente. <p>Es fundamental que cada trabajador de Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote comprenda la obligación de reportar todos los accidentes e incidentes relacionados con la salud, seguridad o medio ambiente, fomentando así la retroalimentación del sistema para prevenir nuevos eventos.</p> <p>El plan de actividades preventivas deberá enfocarse no solo en la reducción de las amenazas, sino también en la reducción de la vulnerabilidad mediante el fortalecimiento social, así como en la importancia del cuidado del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales.</p>
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto
Nombre de la Medida: Ayuda mutua, fortalecimiento y apoyo en gestión del riesgo	
Objetivo de la medida: Comunicar y compartir con la comunidad cercana al área de probable afectación los conocimientos necesarios para reducir riesgos y saber cómo reaccionar en caso de una emergencia, en coordinación con los organismos participantes de la gestión del riesgo en el municipio de San Roque y Yolombó encabezados por el CMGRD.	
Tipo de medida	Estructural: <input type="checkbox"/> No estructural: <input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de intervención	Correctiva: <input type="checkbox"/> Prospectiva: <input checked="" type="checkbox"/>
Amenazas relacionadas	Todas
Descripción	<p>Desarrollar procesos de retroalimentación en materia de conocimiento, reducción y manejo del riesgo entre la comunidad cercana al AI y el personal de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, en los que la comunidad aporte sus conocimientos del territorio en torno a las emergencias presentadas y el proyecto aporte los análisis y las medidas descritas en el presente PGR. Esto incluye entre otros:</p> <p>Capacitaciones en gestión del riesgo Divulgación del PGR. Comunicación bilateral en prevención del riesgo en temporadas de invierno y eventos del ENSO. Talleres sobre protección del medio ambiente, y prevención de incendios provocados por la quema de residuos sólidos y adecuación de cultivos. Establecer Alianzas y Convenios: Realizar alianzas público/privadas y convenios interinstitucionales en los tres componentes de la gestión de riesgos: prevención, mitigación, y respuesta.</p>

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas endógenas y exógenas identificadas	
Medidas transversales a todas las amenazas	
	<p>Mantener Comunicación Constante: Mantener una comunicación constante con empresas privadas de la zona y líderes de las comunidades vecinas. Esto facilitará la toma de decisiones por parte de las autoridades, organismos de socorro y la comunidad, minimizando o eliminando las pérdidas.</p> <p>Articularse a las medidas de atención de emergencias propuestas los documentos de planificación territorial municipal tales como el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de San Roque y Yolombó en cabeza sus respectivos Consejos Municipales de Gestión del Riesgo</p>
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto
Nombre de la medida: Transferencia del riesgo – protección financiera	
Objetivo de la medida: Respalda la operación de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote con recursos económicos adecuados para cubrir total o parcialmente las pérdidas en caso de un desastre.	
Tipo de medida	Estructural: <input type="checkbox"/> No estructural: <input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de intervención	Correctiva: <input type="checkbox"/> Prospectiva: <input checked="" type="checkbox"/>
Amenazas relacionadas	Todas
Descripción	<p>Como medida de reducción del riesgo y protección financiera el proyecto de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se debe adquirir pólizas de seguro con coberturas que incluyen eventos amenazantes. Las pólizas para adquirir son las siguientes:</p> <p><u>Todo Riesgo Daños Materiales (TRDM):</u> Asegurar los daños materiales sufridos sobre los bienes objeto del Proyecto, equipos e instalaciones que forman la Planta Fotovoltaica. Desde la firma del Certificado de Aceptación Provisional o entrega de la obra, la Sociedad vehículo del Proyecto es responsable de la conservación, operación y mantenimiento del conjunto que forma la Planta Fotovoltaica y sus infraestructuras.</p> <p><u>Pérdida de Beneficios (PB):</u> Cubrir las pérdidas consecuenciales a un daño material que ampare la pérdida de margen bruto de explotación tras la ocurrencia de un siniestro y los gastos derivados de la puesta en operación de la Planta, en las condiciones previstas a su ocurrencia en el caso que exista un hecho recogido en la cobertura de la póliza.</p> <p><u>Seguro de Responsabilidad Medioambiental:</u> El seguro de Responsabilidad Ambiental cubre los costes de restaurar aquellos daños causados por accidentes ambientales, como la contaminación de la tierra, el agua, el aire y los daños a la biodiversidad. El seguro de responsabilidad ambiental proporciona cobertura para contaminación, tanto repentina, como gradual, costes de limpieza de primera parte (sitio propio) impuestos por las autoridades reguladoras, responsabilidad de terceros, incluido el impacto en el valor de la propiedad, costas y gastos legales.</p>

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas endógenas y exógenas identificadas	
Medidas transversales a todas las amenazas	
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto

Fuente: Integral S.A., 2025

Las amenazas y socio naturales identificadas en el presente PGR corresponden con sismos, movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales para las cuales se definen las medidas de reducción del riesgo descritas en la Tabla 10.1.3.103

Tabla 10.1.3.103 Medidas de reducción del riesgo ante amenazas de origen natural y socio naturales

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen natural y socio natural		
Medidas de reducción del riesgo ante Sismos		
Nombre de la medida: reducción del riesgo ante Sismos		
<u>Objetivo de la medida:</u> Establecer acciones de preparación ante sismos a través de la reducción de la vulnerabilidad de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote		
Tipo de medida	Estructural:	No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva:	Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Amenaza sísmica	
Descripción	<p>Se instalará instrumentación especializada en las estructuras críticas, como la presa de colas, para medir aceleraciones sísmicas, niveles freáticos y deformaciones.</p> <p>Se llevarán a cabo inspecciones periódicas y se seguirán protocolos de mantenimiento preventivo en las estructuras clave, con el objetivo de anticipar fallas y garantizar la estabilidad.</p> <p>Se definirán rutas de evacuación y puntos de encuentro seguros dentro del área del proyecto, los cuales serán claramente señalizados para facilitar la evacuación en caso de emergencia.</p> <p>Todo el personal, contratistas y visitantes serán informados y entrenados sobre las rutas de evacuación y los puntos de encuentro mediante sesiones de socialización.</p> <p>Se identificarán áreas seguras para refugio temporal en caso de que no sea posible evacuar de inmediato, proporcionando protección a las personas hasta que puedan ser reubicadas.</p> <p>Se reforzará la señalización de equipos de atención primaria, como botiquines de primeros auxilios, extintores y otros recursos de emergencia según lo dispuesto en el Manual de Señalización (Anexo_PGR_Manual_Señalización)</p> <p>Se divulgará un plan informativo detallado sobre los sistemas de comunicación disponibles para solicitar apoyo externo en caso de un sismo, y se verificará la efectividad de estos sistemas de manera periódica.</p>	

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen natural y socio natural	
	<p>Al menos una vez al año, se realizarán simulacros de evacuación para garantizar que todos los involucrados estén preparados ante un posible sismo.</p> <p>Se fortalecerá el programa de educación y divulgación para promover comportamientos seguros tanto durante como después de un sismo, con énfasis en la calma y la prevención.</p> <p>Se establecerán protocolos de coordinación con organismos de socorro, los Concejos Municipales de Gestión del Riesgo y líderes comunitarios para garantizar una respuesta rápida y eficaz ante emergencias.</p> <p>Todo el proceso de coordinación estará alineado con lo estipulado en la Ley 1523 de 2012 sobre la gestión del riesgo.</p> <p>Para proteger la infraestructura y a terceros, se contratarán pólizas de seguro que cubran posibles daños a las instalaciones y a personas fuera del proyecto.</p>
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto
Medidas de reducción del riesgo ante Movimientos en Masa	
Nombre de la medida: reducción del riesgo ante movimientos en masa	
Objetivo de la medida: Definir acciones de reducción del riesgo ante movimientos en masa para la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote	
Tipo de medida	Estructural: <input type="checkbox"/> No estructural: <input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de intervención	Correctiva: <input type="checkbox"/> Prospectiva: <input checked="" type="checkbox"/>
Amenazas relacionadas	Movimientos en masa
Descripción	<p>Durante la adecuación del terreno, los puntos identificados como susceptibles a la generación de movimientos en masa serán debidamente señalizados con elementos visibles y llamativos, con el fin de advertir oportunamente al personal y a los operadores de maquinaria.</p> <p>En las actividades que involucren el uso de equipos y maquinaria en áreas cercanas a zonas inestables, se aplicarán estrictamente los procedimientos de seguridad definidos para este tipo de operaciones, minimizando el riesgo de accidentes.</p> <p>Se divulgará de manera permanente al personal del proyecto la ubicación de las zonas susceptibles a movimientos en masa durante la etapa de operación, asegurando que todos los colaboradores conozcan las áreas de riesgo.</p> <p>Se realizarán estudios de estabilidad de taludes en los sitios donde se desarrollen obras del proyecto, y se dará estricto cumplimiento a todas las recomendaciones técnicas derivadas de dichos estudios.</p> <p>Se instalará instrumentación geotécnica que permita el monitoreo continuo de taludes estratégicos y de aquellos identificados como peligrosos, considerando que el conocimiento</p>

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen natural y socio natural	
	<p>detallado de las condiciones geológicas y geotécnicas es fundamental para la prevención de accidentes asociados a movimientos en masa.</p> <p>La operación de equipos y maquinaria en zonas cercanas a taludes inestables se llevará a cabo contemplando todas las precauciones necesarias, de acuerdo con los análisis geotécnicos y las condiciones del terreno.</p> <p>Se identificarán, demarcarán y comunicarán de manera clara los peligros geotécnicos y sus impactos potenciales, tanto para el personal operativo como para el personal administrativo y visitantes.</p> <p>El diseño de los taludes será realizado por personal competente en geotecnia, considerando las incertidumbres y variabilidades propias del macizo rocoso, la secuencia y cronograma de extracción, los peligros geológicos, la infraestructura asociada, las medidas de mitigación de fallas y los requisitos normativos vigentes.</p> <p>Los diseños de producción y las voladuras en los límites de los tajos incorporarán criterios técnicos que garanticen, dentro de los márgenes de control establecidos, la estabilidad a largo plazo de las pendientes y la protección de la infraestructura del proyecto.</p> <p>La operación de los llenos se realizará conforme a los diseños aprobados, respetando parámetros como cortes, alturas de taludes y la construcción de obras de drenaje.</p> <p>Se implementará un control adecuado de la escorrentía superficial mediante la correcta conducción de las aguas en las áreas aledañas a los frentes de obra, con el fin de reducir la saturación del terreno y la inestabilidad de los taludes.</p> <p>Se hará seguimiento al comportamiento de los llenos mediante el monitoreo continuo de las condiciones geotécnicas, permitiendo detectar oportunamente cualquier cambio que pueda comprometer su estabilidad.</p> <p>Se llevará a cabo una verificación permanente de los diseños geotécnicos, asegurando su concordancia con las condiciones reales encontradas en campo y permitiendo realizar los ajustes y modificaciones que sean necesarios.</p> <p>Se ejecutará el mantenimiento preventivo de toda la infraestructura asociada al proyecto, incluyendo canales interceptores de aguas lluvias, vías, obras de drenaje y cobertura vegetal, para garantizar su adecuado funcionamiento.</p> <p>Se construirá la infraestructura requerida para asegurar la estabilidad de los taludes, de acuerdo con los resultados de los estudios y diseños geotécnicos.</p>

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen natural y socio natural	
	<p>Se identificarán, señalarán y divulgarán las rutas de evacuación al personal del proyecto, asegurando una respuesta oportuna y organizada ante eventos asociados a movimientos en masa.</p> <p>El proyecto cuenta con un mapa interactivo de riesgo geotécnico del Proyecto Gramalote, en el cual se actualizarán de forma periódica las zonas de alerta (zonas rojas, naranjas y verdes), así como los puntos de pérdida de banca. Esta herramienta permitirá mantener informados a los colaboradores que se desplazan por las áreas de operación, reducir la exposición de personas, maquinaria y equipos, y garantizar una respuesta oportuna ante la ocurrencia de estos eventos.</p>
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto
Medidas de reducción del riesgo ante inundaciones y avenidas torrenciales	
Nombre de la medida: Reducción del riesgo ante inundaciones y avenidas torrenciales	
Objetivo de la medida: Establecer acciones que permitan reducir el riesgo ante inundaciones en el proyecto, especialmente en eventos meteorológicos extremos asociados al cambio climático	
Tipo de medida	Estructural: X No estructural:
Tipo de intervención	Correctiva: X Prospectiva:
Amenazas relacionadas	Inundaciones y avenidas torrenciales
Descripción	<p>Como principal medida de reducción del riesgo frente a inundaciones en las actividades asociadas a la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se contempla la planificación, diseño y construcción de obras hidráulicas orientadas a mitigar esta amenaza. Estas obras incluirán, entre otras, sistemas de drenaje superficial y subterráneo, canales de conducción y obras de control hidráulico, diseñadas con base en estudios hidrológicos e hidráulicos que consideren escenarios de eventos extremos, asociados tanto a la variabilidad climática como al cambio climático.</p> <p>De manera articulada con el Sistema de Alerta Temprana (SAT) del proyecto, se realizará el monitoreo permanente de los reportes de precipitación y alertas hidrometeorológicas a través del Geoportal del IDEAM y otras fuentes oficiales. A partir de esta información, se identificarán los períodos de mayor probabilidad de ocurrencia de inundaciones y se desarrollarán planes específicos de reducción del riesgo, con especial énfasis en eventos extremos asociados a fenómenos como La Niña, con el fin de anticipar y minimizar los impactos sobre el personal, la infraestructura y las operaciones.</p> <p>Adicionalmente, se implementarán las siguientes medidas complementarias:</p> <p>Socializar de manera periódica con el personal del proyecto las rutas de evacuación establecidas para escenarios de inundación,</p>

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen natural y socio natural	
	<p>asegurando que todos los colaboradores conozcan los procedimientos de actuación y los puntos de encuentro seguros.</p> <p>Realizar recorridos de inspección en los cuerpos de agua presentes en el área del proyecto, con el fin de identificar posibles obstrucciones en los cauces, tales como acumulación de sedimentos, material vegetal o residuos, y proceder oportunamente a su retiro, garantizando la capacidad hidráulica de los mismos.</p> <p>Implementar programas de mantenimiento y estabilización en las riberas de los cauces, orientados a prevenir procesos de socavación y erosión generados por el aumento de la velocidad del flujo durante eventos de lluvia intensa.</p> <p>Mantener en operación y buen estado los sistemas de drenaje del proyecto, incluyendo cunetas, canales interceptores y obras de paso, mediante actividades periódicas de limpieza y mantenimiento preventivo.</p> <p>Restringir temporalmente las actividades operativas en zonas susceptibles a inundación cuando se presenten alertas hidrometeorológicas, priorizando la seguridad del personal y la protección de la infraestructura.</p> <p>Coordinar acciones de prevención y respuesta con los organismos locales de gestión del riesgo, en concordancia con los lineamientos establecidos en la Ley 1523 de 2012.</p> <p>En concordancia con las medidas de reducción del riesgo frente a inundaciones, y como parte de las obras hidráulicas diseñadas para el manejo de escorrentías y eventos extremos, el proyecto contempla un sistema de control y descarga de aguas de tormenta que contribuya a la protección de la infraestructura y a la mitigación de la amenaza de inundación.</p> <p>La escorrentía generada durante eventos de lluvia y acumulada en los sedimentadores será conducida de manera controlada mediante tres tipos de estructuras de descarga: tubería perforada vertical de menor diámetro, tubería vertical de mayor diámetro y vertedero de emergencia. Esta configuración permite una evacuación progresiva de los caudales, reduciendo el riesgo de sobrecarga y desbordamiento.</p> <p>Los vertederos de emergencia han sido diseñados considerando tormentas de diseño de 24 horas y un período de retorno de 500 años, con el fin de salvaguardar la integridad de las presas y demás estructuras hidráulicas. Estos vertederos están dimensionados para conducir los caudales máximos asociados a tormentas extremas que no pueden ser manejados por los sistemas de descarga primaria, incluso cuando estos operan de manera conjunta.</p> <p>Como medida preventiva adicional, el inicio de las obras de desviación de la quebrada Guacas se programará para el</p>

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen natural y socio natural		
	<p>comienzo de la estación seca, garantizando que las actividades constructivas se desarrollen durante el período de menor precipitación. Esta medida reduce la probabilidad de inundaciones durante la construcción y disminuye el riesgo para el personal, la maquinaria y las estructuras en ejecución.</p> <p>Estas acciones se articulan con el monitoreo hidrometeorológico del proyecto, el Sistema de Alerta Temprana (SAT) y los planes de contingencia, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante eventos de lluvia intensa y contribuyendo a la reducción del riesgo de inundaciones en el área de influencia del Proyecto Gramalote.</p>	
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote	
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto	
Medidas de reducción del riesgo ante incendios forestales		
Nombre de la medida: reducción del riesgo ante incendios forestales		
Objetivo de la medida: Establecer las medidas requeridas para reducir el riesgo ante posibles incendios forestales.		
Tipo de medida	Estructural:	No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva:	Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Incendios forestales	
Descripción	<p>Se realizará mantenimiento permanente de las áreas aledañas con cobertura vegetal y material boscoso, mediante actividades de limpieza, retiro de material vegetal seco y control de acumulación de combustibles forestales, con el fin de disminuir la probabilidad de ocurrencia y propagación de incendios forestales.</p> <p>Se capacitará de manera periódica al personal del proyecto en prevención y control de incendios, de acuerdo con la legislación minera vigente y los lineamientos técnicos de la Dirección Nacional de Bomberos de Colombia, incluyendo procedimientos de actuación, uso de equipos y medidas de autoprotección.</p> <p>De manera articulada con el Sistema de Alerta Temprana (SAT) del proyecto, se realizará el monitoreo continuo de los reportes de sequía, índices de riesgo de incendio y alertas climáticas a través del Geoportal del IDEAM y demás fuentes oficiales. A partir de esta información, se identificarán los períodos críticos de sequía y se implementarán planes específicos de reducción del riesgo ante incendios de cobertura vegetal, con especial atención a escenarios asociados a eventos climáticos extremos.</p> <p>Como medidas complementarias, se implementarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer canales de comunicación y coordinación con las comunidades vecinas al proyecto, promoviendo acciones de sensibilización y concientización sobre la prevención de incendios forestales, especialmente en 	

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen natural y socio natural	
	<p>relación con la quema de residuos y la adecuación de cultivos, fomentando el manejo seguro y responsable del fuego.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promover la vigilancia activa y el reporte oportuno de situaciones que puedan generar incendios forestales, tales como el arrojado de colillas encendidas, el uso inadecuado del fuego y la presencia de elementos como botellas o vidrios que puedan concentrar la radiación solar y actuar como focos de ignición. • Dotar las áreas operativas y zonas estratégicas del proyecto con equipos adecuados para el control inicial de incendios, incluyendo extintores, herramientas manuales y otros elementos acordes con el nivel de riesgo identificado. • Mantener actualizado y disponible el directorio de emergencias interno, así como los contactos de los organismos de socorro y atención de emergencias más cercanos al proyecto, facilitando una respuesta rápida y efectiva ante cualquier eventualidad. • Disponer de equipos completos de primeros auxilios con los elementos indispensables para la atención inicial de personas afectadas, así como de extintores operativos y debidamente señalizados para la atención oportuna de conatos de incendio. • Garantizar accesos adecuados y despejados para los vehículos de bomberos y demás servicios de emergencia, asegurando la transitabilidad en todo momento. • Asegurar que el personal del proyecto reciba capacitación continua en temas de control de incendios, autoprotección y primeros auxilios, reforzando la preparación ante emergencias. • Mantener una coordinación permanente con las autoridades locales, cuerpos de bomberos y demás servicios de emergencia, con el fin de asegurar una respuesta articulada, oportuna y eficaz ante la ocurrencia de incendios forestales.
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto

Fuente: Integral S.A., 2025

En relación con las medidas de reducción del riesgo para aquellas amenazas de origen antrópico correspondiente con orden público y social en la Tabla 10.1.3.104 se listan las medidas de reducción del riesgo frente a esta amenaza.

Tabla 10.1.3.104 medidas de reducción del riesgo ante amenazas de origen antrópico

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen antrópico
Medidas de reducción del riesgo ante la alteración del orden público y social

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen antrópico		
Nombre de la medida: reducción del riesgo ante amenazas ante la alteración del orden público		
Objetivo de la medida: Establecer medidas que permitan la reducción de escenarios como paros, huelgas, hurtos, acciones de vandalismo en la de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.		
Tipo de medida	Estructural:	No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva:	Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Alteración del orden público y social	
Descripción	<p>Como medida principal de reducción del riesgo frente a posibles eventos asociados al orden público y social, el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote desarrolla un programa de relaciones comunitarias, cuyo objetivo es establecer pautas y lineamientos que permitan construir y mantener una relación armónica, transparente y de confianza entre la empresa y las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto. Este ejercicio busca prevenir, minimizar y/o resolver oportunamente situaciones potencialmente conflictivas, mediante el diálogo permanente, la socialización de las actividades del proyecto y la atención adecuada de inquietudes y reclamos.</p> <p>De manera complementaria, el proyecto cuenta con un sistema integral de seguridad privada, apoyado por un sistema de vigilancia mediante circuito cerrado de televisión (CCTV), orientado a la protección del personal, la infraestructura y los activos del proyecto. El personal de seguridad estará encargado de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar el ingreso y la salida del personal mediante sistemas de identificación y carnetización. • Verificar y regular el acceso de visitantes, contratistas y proveedores a las instalaciones del proyecto. • Inspeccionar y controlar el ingreso y la salida de vehículos, de acuerdo con los protocolos establecidos. • Realizar rondas periódicas de inspección en los lotes de Gramalote, así como en las áreas de campamentos, oficinas e instalaciones operativas. • Monitorear de manera continua la situación de orden público en el área de influencia del proyecto, manteniendo comunicación con las autoridades competentes. <p>Adicionalmente, el proyecto cuenta con cerramiento perimetral y portería de acceso, con el fin de controlar el ingreso y salida de personas a las instalaciones, prevenir accesos no autorizados y evitar la irrupción de semovientes en las áreas operativas. Así mismo, dispone de un sistema integral de CCTV, que proporciona vigilancia permanente en las áreas de campamentos y oficinas, contribuyendo a la disuasión de actos delictivos y al respaldo de evidencias en caso de incidentes como hurtos o actos de sabotaje.</p>	

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen antrópico	
	<p>Como medidas adicionales de fortalecimiento de la seguridad y la gestión social, se implementarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener informada de manera oportuna a la comunidad aledaña al proyecto sobre las actividades que se desarrollarán, con el fin de prevenir inconformidades y conflictos sociales. • Implementar actas de vecindad y de entorno, tanto al inicio como al cierre de las actividades del proyecto, con el propósito de documentar y soportar las condiciones originales del área de influencia, en especial en zonas asociadas a infraestructuras como la línea de conexión. • Mantener actualizados y divulgados entre todos los trabajadores los canales de comunicación y los procedimientos para el reporte de eventos como hurtos, actos de sabotaje o alteraciones del orden público. • Verificar de manera estricta la identidad de todas las personas que tengan acceso a las instalaciones del proyecto. • Instalar señalización clara y visible alrededor de las áreas operativas, advirtiendo sobre los riesgos asociados a la intrusión y el acceso no autorizado, como medida disuasiva frente a posibles intrusos o actos vandálicos articulado al según lo dispuesto en el Manual de Señalización (Anexo_PGR_Manual_Señalización) • Realizar revisiones periódicas de las condiciones de seguridad de las instalaciones y áreas del proyecto, identificando oportunidades de mejora y aplicando acciones correctivas cuando sea necesario. • Establecer y mantener programas de cooperación y apoyo mutuo con la Policía Nacional y demás autoridades competentes, para su activación oportuna en caso de presentarse situaciones que lo requieran.
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto

Fuente: Integral S.A., 2025

Las medidas de reducción del riesgo asociadas a las amenazas de origen operacional o tecnológico, descritas en la Tabla 10.1.3.105, corresponden a eventos como explosiones no controladas, derrames de materiales peligrosos, incendios estructurales, colapsos estructurales, fallas de la presa de colas, fallas en la tubería de colas, derrumbes de taludes en los depósitos de material y en el tajo, emergencias sanitarias y accidentes de vehículos de carga.

Tabla 10.1.3.105 Medidas de reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico		
Medidas de reducción del riesgo ante explosiones no controladas		
Nombre de la medida: reducción del riesgo ante explosiones no controladas		
Objetivo de la medida: Establecer medidas enmarcadas en las actividades de las diferentes fases del proyecto para reducir el riesgo ante explosiones no controladas		
Tipo de medida	Estructural:	No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva:	Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Explosiones no controladas	
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los explosivos, accesorios de voladura y servicios asociados al proyecto serán suministrados exclusivamente por INDUMIL, en cumplimiento de la legislación colombiana vigente sobre fabricación, comercialización, transporte y control de este tipo de materiales. • El almacenamiento de explosivos y accesorios se realizará de manera separada, conforme a la normativa nacional y a la NFPA 495, mediante la construcción y operación de dos polvorines independientes destinados específicamente a cada tipo de material. • El transporte de explosivos y accesorios se efectuará de forma separada, en vehículos autorizados y debidamente señalizados, operados por personal capacitado y cumpliendo los requisitos legales aplicables al transporte de materiales peligrosos. • Las áreas de almacenamiento de polvorín serán construidas con muros en ladrillo cocido o material equivalente, contarán con una única puerta metálica de apertura hacia afuera y aberturas laterales de ventilación natural que eviten la acumulación de calor o gases. • Las aberturas de ventilación estarán protegidas con rejillas metálicas que impidan el ingreso de fauna o personas no autorizadas y eviten el lanzamiento de objetos hacia el interior de las instalaciones de almacenamiento. • Se construirán barricadas perimetrales alrededor de los polvorines, diseñadas para resistir proyectiles externos y dirigir la energía de una eventual explosión hacia arriba, minimizando los efectos laterales sobre el entorno. • Los polvorines respetarán las distancias de seguridad establecidas en la normativa vigente frente a infraestructura, vías y áreas operativas, y su acceso estará restringido exclusivamente a personal autorizado. • Se implementará un sistema de detección y respuesta contra incendios en los polvorines, compuesto por detectores de humo y/o llamas, sistemas de alarma y medios de supresión compatibles con el almacenamiento de explosivos. • Se dispondrá de sistemas de puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas en los polvorines, áreas 	

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	
	<p>de carga y descarga y vehículos de transporte, reduciendo el riesgo de iniciación accidental por electricidad estática o rayos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Las actividades de voladura serán ejecutadas únicamente por personal competente y certificado, bajo procedimientos operativos estandarizados que incluyan sistemas de iniciación electrónica o remota. Durante las voladuras se implementarán medidas de señalización, control de accesos y delimitación de zonas de seguridad, así como protocolos para la inspección posterior e identificación de tiros quedados. Todo articulado al según lo dispuesto en el Manual de Señalización (Anexo_PGR_Manual_Señalización). El personal involucrado en el manejo de explosivos recibirá capacitación periódica en seguridad, normatividad aplicable y atención de emergencias, complementada con inspecciones y auditorías internas orientadas a la mejora continua.
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto
Medidas de reducción del riesgo ante derrame de materiales peligrosos	
Nombre de la medida: Reducción del riesgo ante derrame de materiales peligrosos	
Objetivo de la medida: definir las medidas que reduzcan el riesgo de derrame de materiales peligrosos en aquellas áreas de transporte, acarreo, almacenamiento y manipulación de sustancias químicas peligrosas.	
Tipo de medida	Estructural: <input type="checkbox"/> No estructural: <input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de intervención	Correctiva: <input type="checkbox"/> Prospectiva: <input checked="" type="checkbox"/>
Amenazas relacionadas	Derrame de materiales peligrosos
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> La zona de descargue de carrotanques que transportan diésel contará con piso rígido en concreto vaciado, con canales colectores de derrames y un área de retención mínima de 40 m², diseñada para el control y manejo inmediato de eventuales emergencias por derrame. Los sitios de almacenamiento de materiales peligrosos estarán diseñados con techos que eviten el ingreso directo de lluvia y radiación solar, permitiendo simultáneamente ventilación natural y disipación de humos, con estructuras de soporte construidas en materiales no combustibles. Los pisos de las áreas de almacenamiento serán uniformes, antideslizantes, impermeables y sin ranuras, con una pendiente mínima del 1 % hacia los canales colectores, facilitando la limpieza y evitando infiltraciones al suelo. Se instalarán geomembranas de HDPE entre el concreto y el suelo natural como barrera adicional de contención, complementadas con una adecuada

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	
	<p>compactación del terreno para prevenir la migración de sustancias químicas hacia el subsuelo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las paredes internas y externas de los sitios de almacenamiento estarán construidas en materiales sólidos y resistentes al fuego, tales como concreto, bloques o ladrillo, con altura suficiente para actuar como rompedores de fuego y evitar la propagación de incendios. • Las áreas de almacenamiento de sustancias peligrosas tendrán acceso restringido únicamente a personal autorizado, con el número mínimo de puertas requerido para la operación y al menos una ruta de escape claramente señalizada para atención de emergencias. • Los tanques de almacenamiento de combustibles estarán rodeados por diques de contención con capacidad igual o superior a 1,1 veces el volumen del tanque, diseñados conforme a la norma API 650 y demás estándares técnicos aplicables. • Los pisos internos de los diques de contención serán de concreto armado, con pendiente mínima del 1 %, permitiendo el escurrimiento controlado de líquidos hacia los sistemas de drenaje. • Los diques contarán con canaletas internas y sistemas de drenaje independientes para aguas lluvias y aguas aceitosas, cada uno con su respectivo sello hidráulico, garantizando la captación total y el manejo adecuado de los líquidos recolectados. • Las sustancias químicas peligrosas se almacenarán exclusivamente en envases técnicamente compatibles con cada sustancia, tales como tambores, tanques, maxi-sacos o contenedores a granel, conforme a sus fichas de seguridad. • El almacenamiento se realizará en tarimas o estanterías tipo rack, debidamente niveladas y aseguradas, segregando las sustancias por clasificación y compatibilidad química, evitando deslizamientos, caídas o sobrecargas estructurales. • Todas las sustancias peligrosas almacenadas estarán ubicadas dentro de áreas confinadas mediante paredes, bordillos o sistemas de contención secundaria que permitan el control de derrames accidentales. • La señalización de las áreas de almacenamiento, manipulación y transporte interno de sustancias químicas se realizará conforme a la normatividad vigente, incluyendo identificación de riesgos, rutas de evacuación y equipos de respuesta a emergencias contenidas en el según lo dispuesto en el Manual de Señalización (Anexo_PGR_Manual_Señalización) • El manejo de combustibles y sustancias químicas se desarrollará conforme a lo establecido en el

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico		
	PMA_ABIO_06 – Programa de manejo de combustibles y sustancias químicas, autorizado en la Licencia Ambiental del Proyecto, incluyendo procedimientos de operación, inspección, contingencia y capacitación	
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote	
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto	
Medidas de reducción del riesgo ante explosiones asociadas a incendios estructurales		
Nombre de la medida: Reducción del riesgo ante incendios estructurales		
Objetivo de la medida: Establecer medidas enmarcadas en las actividades de las diferentes fases del proyecto para reducir el riesgo ante incendios estructurales en campamentos, oficinas e infraestructura para la operación del proyecto minero		
Tipo de medida	Estructural: X	No estructural:
Tipo de intervención	Correctiva:	Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Incendios estructurales	
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo con los criterios de protección contra incendios, las edificaciones del proyecto contarán con sistemas de detección temprana, incluyendo detectores de humo y/o de llamas, así como sistemas de rociadores automáticos, de acuerdo con la clasificación de ocupación, carga de fuego y nivel de riesgo de cada recinto. Se dispondrá de una red de hidrantes contra incendio estratégicamente ubicada, diseñada para la protección de edificaciones y la atención de incendios no estructurales, garantizando caudales y presiones adecuadas conforme a la normativa técnica aplicable. Se instalarán extintores portátiles tipo BC y ABC, distribuidos según el tipo de riesgo y las áreas a proteger, de conformidad con los lineamientos de la normativa NFPA aplicable y la reglamentación nacional vigente. Los extintores portátiles serán inspeccionados mensualmente y sometidos a mantenimiento preventivo y recarga anual, según corresponda al tipo de agente extintor, manteniéndose debidamente señalizados y con acceso libre y visible. El personal del proyecto recibirá capacitación periódica en prevención y control inicial de incendios, uso de equipos de extinción y atención de emergencias, conforme a la legislación minera vigente y a los lineamientos de la Dirección Nacional de Bomberos de Colombia. Se implementará un programa de mantenimiento preventivo de las áreas aledañas con cobertura vegetal y material boscoso, incluyendo limpieza, control de material combustible y franjas cortafuego, con el fin de reducir el riesgo de incendios forestales que puedan afectar la infraestructura del proyecto. 	

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	
	<ul style="list-style-type: none"> Las instalaciones eléctricas del proyecto serán diseñadas, construidas y mantenidas conforme a normas técnicas vigentes, incluyendo sistemas de puesta a tierra, protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos, con inspecciones periódicas para prevenir fallas que puedan generar incendios. Se establecerán procedimientos operativos para el control de fuentes de ignición, almacenamiento seguro de materiales combustibles y orden y aseo en las áreas operativas y administrativas, reduciendo la probabilidad de ocurrencia de incendios estructurales. El proyecto contará con planes de emergencia y evacuación para incendios estructurales, que incluirán rutas de evacuación señalizadas, puntos de encuentro, simulacros periódicos y coordinación con organismos externos de atención de emergencias. Las medidas de prevención y control de incendios se implementarán en concordancia con lo establecido en el PMA_ABIO_07 – Programa de manejo de explosivos y voladuras y el PMA_ABIO_06 – Programa de manejo de combustibles y sustancias químicas, autorizados en la Licencia Ambiental del Proyecto.
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto
Medidas de reducción del riesgo asociadas a colapso estructural	
<u>Nombre de la medida:</u> reducción del riesgo ante colapso estructural	
<u>Objetivo de la medida:</u> Establecer las medidas de reducción del riesgo ante colapsos estructurales en la infraestructura necesaria para la operación del proyecto Minero	
Tipo de medida	Estructural: <input type="checkbox"/> No estructural: <input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de intervención	Correctiva: <input type="checkbox"/> Prospectiva: <input checked="" type="checkbox"/>
Amenazas relacionadas	Colapso estructural
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Dar estricto cumplimiento a los diseños estructurales aprobados y a las normas técnicas y constructivas vigentes, garantizando que las edificaciones, tanques, fundaciones y estructuras auxiliares sean construidas y operadas conforme a las cargas y condiciones previstas en el diseño. Realizar estudios geotécnicos y de capacidad portante del suelo previos a la construcción de nuevas estructuras, y considerar estos resultados en el diseño de cimentaciones para prevenir asentamientos diferenciales o fallas estructurales. Implementar programas de inspección y mantenimiento periódico de las estructuras del proyecto, incluyendo edificaciones, plataformas, fundaciones, muros, tanques y soportes, con el fin de identificar oportunamente fisuras, deformaciones, corrosión o deterioro de materiales.

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	
	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer medidas preventivas de contención secundaria en la planta de beneficio, especialmente en las áreas de cianuración, mediante sistemas de bordillos, cubetos y pisos impermeables que permitan recolectar filtraciones y prevenir fugas al medio ambiente en caso de falla estructural. • Verificar de manera continua el estado estructural y las condiciones de funcionamiento de los tanques de la planta de beneficio, asegurando que operen dentro de la capacidad de diseño, sin sobrecargas ni modificaciones no autorizadas. • Implementar controles para evitar sobrellenado de tanques y equipos, incluyendo sistemas de medición de nivel, alarmas y procedimientos operativos que reduzcan el riesgo de falla por presión o peso excesivo. • Capacitar al personal vinculado al proyecto en la identificación de señales tempranas de falla estructural, tales como grietas, inclinaciones, ruidos anómalos o filtraciones, y en los protocolos de reporte inmediato y actuación. • Impartir charlas de sensibilización y entrenamientos periódicos sobre planes de evacuación, identificación de zonas seguras y puntos de encuentro, garantizando una respuesta oportuna en caso de emergencia estructural. • Establecer y mantener actualizados planes de emergencia y contingencia específicos para eventos de colapso estructural, integrados al sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo y al plan general de emergencias del proyecto. • Documentar todas las inspecciones, mantenimientos y correctivos estructurales realizados, asegurando la trazabilidad de la información y facilitando la toma de decisiones preventivas y correctivas oportunas.
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante las diferentes fases del proyecto
Medidas de reducción del riesgo asociadas falla de la presa de colas	
Nombre de la medida: reducción del riesgo ante la falla de la presa de colas.	
Objetivo de la medida: Establecer medidas que reduzcan el riesgo de falla de la presa de colas.	
Tipo de medida	Estructural: X No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva: Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Falla de la presa de colas
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar y operar un sistema integral de monitoreo geotécnico e hidrológico en la presa de colas, que incluya instrumentación para el control de estabilidad, deformaciones, niveles freáticos y comportamiento del cuerpo de la presa, con registros y análisis periódicos. • Implementar un programa de inspecciones visuales y técnicas rutinarias de la presa de colas, intensificando la

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	
	<p>vigilancia antes, durante y después de eventos críticos como lluvias extremas, sismos, crecidas extraordinarias o modificaciones operativas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Establecer protocolos de actuación específicos para condiciones anómalas detectadas en la presa de colas, incluyendo niveles de alerta, responsabilidades claras y medidas correctivas inmediatas para prevenir una falla estructural.</u> • Divulgar de manera permanente y accesible las rutas de evacuación, zonas seguras y puntos de encuentro definidos para escenarios de falla de la presa de colas, tanto al personal del proyecto como a las comunidades potencialmente afectadas aguas abajo. • Implementar, mantener y divulgar un sistema de alerta temprana y alarma, con medios audibles y visuales, dirigido al personal del proyecto y a las comunidades aguas abajo, garantizando su funcionamiento continuo y su activación oportuna en caso de emergencia. • Mantener actualizado, socializado y operativo el plan de manejo de contingencias para la presa de colas, integrándolo al plan general de emergencias del proyecto y coordinándolo con las autoridades competentes y organismos de socorro. • Realizar simulacros periódicos, al menos una vez al año, para la prueba y evaluación del plan de contingencia por falla de la presa de colas, incorporando lecciones aprendidas y ajustes continuos a los procedimientos de respuesta. • Capacitar al personal involucrado en la operación y supervisión de la presa de colas en la identificación temprana de señales de falla, procedimientos de reporte y acciones de respuesta ante diferentes niveles de emergencia.
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante la fase de operación del proyecto
Medidas de reducción del riesgo asociadas a la falla de la tubería de colas	
Nombre de la medida: reducción del riesgo de falla de la tubería de colas	
Objetivo de la medida: Establecer medidas de reducción de riesgo de falla de la tubería de colas.	
Tipo de medida	Estructural: X No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva: Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Falla de la tubería de colas
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • A lo largo de las secciones 1 y 2 de la tubería, se tendrán instalados puntos de drenaje de emergencia, los cuales descargarán en estanques de contención ubicados en los puntos más bajos del trayecto. Estos drenajes se utilizarán en caso de emergencia, cuando no se disponga de las bombas de relaves para lavar las tuberías con agua.

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	
	<ul style="list-style-type: none"> • Se tendrán sistemas de detección de fugas para cada sección de la tubería, los cuales permitirán identificar daños en las tuberías. Este sistema incluirá sensores de presión y medidores de flujo en cada sección de la tubería, y un sistema de control que permitirá identificar la ubicación de la falla y dará una alerta en la sala de control. • Se dispondrá de bombas centrífugas adicionales como reserva. • Se contará con una vía vehicular, con el fin de tener acceso a toda la ruta de la tubería para la realización de inspecciones y mantenimientos. • Se inspeccionarán periódicamente las tuberías, las bombas y válvulas para detectar posibles deterioros y pérdidas. • Se verificará la disponibilidad de equipos de protección personal por parte del equipo de respuesta táctica del proyecto. • Se evaluarán las condiciones de estabilidad en alrededores del sitio de falla delimitando las áreas seguras desde donde se desarrollarán las tareas de atención de la emergencia y reparación de los daños.
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante la fase de operación del proyecto
Derrumbe de taludes de los depósitos de material y tajo	
Nombre de la medida: reducción del riesgo de derrumbe de taludes de los depósitos de material y tajo	
Objetivo de la medida: Establecer medidas de reducción de riesgo de derrumbe de taludes de los depósitos de material y tajo.	
Tipo de medida	Estructural: X No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva: Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Derrumbe de taludes de los depósitos de material y tajo
Descripción	<p>Realizar estudios geotécnicos y de estabilidad de taludes en los depósitos de estériles y en los tajos, considerando las condiciones geológicas, hidrogeológicas y geomecánicas del macizo, y cumplir estrictamente con todas las recomendaciones derivadas de dichos estudios.</p> <p>El diseño de los taludes y depósitos será desarrollado por un profesional competente en geotecnia, incorporando las incertidumbres y variabilidades asociadas a la estructura del macizo rocoso, las condiciones hidrogeológicas, los métodos de explotación, la secuencia de minado, los peligros geológicos, la infraestructura asociada y los requisitos legales aplicables.</p> <p>Los diseños de producción y de voladura en los límites del tajo deberán aportar el soporte técnico necesario, dentro de márgenes de control definidos, para garantizar la estabilidad a corto y largo plazo de las pendientes y de la infraestructura del tajo.</p>

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	
	<p>Operar los llenos y conformar los taludes estrictamente de acuerdo con los diseños aprobados, respetando los parámetros de corte, alturas máximas, ángulos de talud, bermas de seguridad y sistemas de drenaje.</p> <p>Construir y mantener la infraestructura necesaria para la estabilidad de taludes, incluyendo bermas, drenajes superficiales y subterráneos, canales de coronación, cunetas y obras de control de erosión.</p> <p>Implementar un adecuado control de la escorrentía superficial, asegurando la correcta captación, conducción y evacuación de las aguas en áreas adyacentes a los frentes de explotación y en las zonas de depósito de material sobrante.</p> <p>Instalar instrumentación geotécnica (inclinómetros, piezómetros, prismas topográficos, radares u otros sistemas apropiados) para el monitoreo continuo o periódico de los taludes estratégicos y aquellos identificados como potencialmente inestables.</p> <p>Realizar seguimiento permanente del comportamiento de los llenos y taludes mediante la evaluación sistemática de las condiciones geotécnicas e hidrogeológicas.</p> <p>Verificar de manera periódica la concordancia entre los diseños y las condiciones reales encontradas en campo, con el fin de introducir oportunamente los ajustes o modificaciones necesarias.</p> <p>Identificar, evaluar y actualizar de forma continua los peligros geotécnicos asociados a los taludes, así como sus impactos potenciales sobre el personal, la infraestructura y la operación.</p> <p>Demarcar claramente las zonas de riesgo, restringir el acceso a áreas inestables y comunicar de manera efectiva los peligros al personal operativo y contratistas.</p> <p>Establecer procedimientos operativos y protocolos de actuación ante la detección de movimientos anómalos o condiciones de inestabilidad.</p> <p>Capacitar al personal en el reconocimiento de signos tempranos de falla de taludes y en los procedimientos de reporte y evacuación.</p> <p>Implementar planes de emergencia y contingencia específicos para eventos de inestabilidad o derrumbe de taludes.</p>
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante la fase de operación del proyecto
Emergencia Sanitaria	
Nombre de la medida: reducción del riesgo de emergencia sanitaria	
Objetivo de la medida: Establecer medidas de reducción de riesgo de emergencia sanitaria.	
Tipo de medida	Estructural: <input type="checkbox"/> No estructural: <input checked="" type="checkbox"/>

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico		
Tipo de intervención	Correctiva:	Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	Emergencia sanitaria	
Descripción	<p>Identificar, eliminar y controlar de manera permanente los focos de generación de vectores (aguas estancadas, acumulación de residuos, zonas con deficiente drenaje, entre otros), implementando acciones correctivas oportunas.</p> <p>Garantizar la correcta gestión de los residuos sólidos, dando estricto cumplimiento a lo establecido en el PMA_ABIO_05 – Programa de manejo de residuos sólidos, conforme a lo autorizado en la Licencia Ambiental del Proyecto.</p> <p>Asegurar el adecuado funcionamiento y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo con los cronogramas y especificaciones técnicas establecidas por el fabricante y la normativa vigente.</p> <p>Verificar periódicamente la calidad del agua destinada al consumo humano y a la preparación de alimentos, conforme a los estándares sanitarios aplicables.</p> <p>Realizar el seguimiento continuo al cumplimiento de las normas de higiene y saneamiento en la preparación, manipulación, almacenamiento y distribución de alimentos en el casino del proyecto.</p> <p>Exigir que todo el personal que preste el servicio de alimentación cuente con certificación vigente en higiene y manipulación de alimentos, así como con los exámenes médicos ocupacionales requeridos.</p> <p>Implementar rutinas de limpieza y desinfección de áreas comunes, comedores, servicios sanitarios y zonas de alto tránsito.</p> <p>Establecer un sistema de vigilancia epidemiológica que permita la detección temprana de enfermedades transmisibles y no transmisibles.</p> <p>Disponer de un procedimiento claro para el reporte oportuno de cualquier caso de enfermedad por parte del personal afectado al área de salud ocupacional del Proyecto.</p> <p>Garantizar la evaluación médica, el seguimiento y, de ser necesario, el aislamiento preventivo de los casos detectados, de acuerdo con los protocolos de salud vigentes.</p> <p>Promover campañas periódicas de prevención, educación y sensibilización dirigidas al personal del Proyecto sobre hábitos de higiene, autocuidado, prevención de enfermedades y respuesta ante emergencias sanitarias.</p> <p>Difundir protocolos y canales de comunicación para el reporte de síntomas, eventos sanitarios y situaciones de riesgo.</p> <p>Mantener disponibles insumos básicos para la atención de emergencias sanitarias (elementos de higiene, desinfección y primeros auxilios).</p>	

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico		
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote	
Periodo de ejecución	Durante la fase de operación del proyecto	
Accidentes de vehículos de carga		
Nombre de la medida: reducción del riesgo de accidentes de vehículos de carga (Derrame de cianuro)		
Objetivo de la medida: Establecer medidas de reducción de riesgo de accidentes de vehículos de carga (derrame de cianuro)		
Tipo de medida	Estructural:	No estructural: X
Tipo de intervención	Correctiva:	Prospectiva: X
Amenazas relacionadas	accidentes de vehículos de carga (derrame de cianuro)	
Descripción	<p>Adquirir el cianuro únicamente a distribuidores y/o fabricantes nacionales o internacionales que garanticen y certifiquen el cumplimiento de prácticas ambientalmente responsables y seguras en la producción, almacenamiento y transporte del producto.</p> <p>Exigir al proveedor la entrega de certificados de fabricación, calidad y cadena de custodia, que acrediten el origen del cianuro, las condiciones de almacenamiento y el cumplimiento de los estándares internacionales para el manejo seguro de sustancias químicas peligrosas.</p> <p>Verificar que el proveedor cuente con experiencia comprobada, licencias vigentes y cumplimiento de normativas aplicables para la comercialización de cianuro.</p> <p>Establecer contractualmente con la empresa transportadora la obligación expresa de cumplir la legislación ambiental, sanitaria y de transporte de sustancias peligrosas vigente, así como los estándares internacionales aplicables.</p> <p>Incluir en los contratos cláusulas específicas sobre responsabilidades, protocolos de emergencia, seguros, capacitación del personal y sanciones por incumplimiento.</p> <p>Dar estricto cumplimiento a lo establecido en el PMA_ABIO_10 – Programa de Manejo del Cianuro, autorizado en la Licencia Ambiental del Proyecto.</p> <p>Aplicar los controles de validación de vehículos y conductores establecidos en el Plan de Seguridad Vial del Proyecto y del contratista, incluyendo inspecciones técnicas, licencias vigentes, experiencia comprobada y aptitud médica.</p> <p>Garantizar que los vehículos destinados al transporte de cianuro cuenten con las condiciones técnicas adecuadas, señalización reglamentaria articulada al Manual de Señalización (Anexo_PGR_Manual_Señalización), sistemas de contención, equipos de emergencia y mantenimiento preventivo actualizado.</p> <p>Definir rutas autorizadas, horarios controlados y restricciones operativas para minimizar riesgos durante el transporte.</p>	

Reducción del riesgo de desastres ante amenazas de origen operacional / tecnológico	
	<p>Capacitar a los conductores y personal involucrado en el transporte en manejo seguro de cianuro, identificación de riesgos y actuación ante emergencias, conforme a los procedimientos del Proyecto.</p> <p>Asegurar que cada vehículo transporte kits de emergencia y elementos de contención adecuados para la atención inicial de derrames, de acuerdo con los protocolos establecidos.</p> <p>Implementar procedimientos claros de comunicación y notificación inmediata ante cualquier incidente o accidente durante el transporte.</p> <p>Activar de manera inmediata el Plan de Contingencia por Derrame de Cianuro ante la ocurrencia de un accidente, garantizando la protección del personal, la comunidad y el ambiente.</p> <p>Coordinar las acciones de respuesta con las autoridades competentes y los organismos de emergencia, según corresponda.</p> <p>Realizar el seguimiento, evaluación y reporte de los incidentes ocurridos, implementando medidas correctivas y preventivas para evitar su recurrencia.</p>
Responsable	Equipo de Gestión del Riesgo de Desastres de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote
Periodo de ejecución	Durante la fase de operación del proyecto

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.3.3 Manejo de la contingencia

El componente de manejo de la contingencia se enmarca en el proceso de gestión del riesgo, tal como lo define la Ley 1523 de 2012. Este proceso comprende la preparación para la respuesta ante emergencias, la preparación para la recuperación posdesastre, así como la ejecución de la respuesta y la implementación de acciones de rehabilitación y recuperación posteriores al evento (Ley 1523, 2012). En el contexto del presente Plan de Gestión del Riesgo, el componente de manejo del desastre se materializa en el Plan de Manejo de la Contingencia, cuyo propósito es establecer las medidas de prevención, control y atención frente a posibles situaciones de emergencia derivadas de la materialización de los escenarios de riesgo identificados en este plan. Este componente se estructura en tres planes complementarios, plan estratégico, plan operativo y plan informático. La formulación de estos planes responde a los lineamientos establecidos en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de proyectos de explotación minera, garantizando una respuesta integral, eficaz y articulada ante posibles contingencias.

El componente de manejo de contingencias está articulado con el Plan de Emergencias SITE, elaborado desde el Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para las instalaciones del proyecto ubicadas en la vereda Providencia y las demás áreas anexas al

proyecto. Desde este plan opera el Centro de Control, responsable de atender y coordinar cualquier tipo de emergencia, y donde se centralizan todos los sistemas de seguridad, como el control de accesos, la detección de incendios, diversos servicios y el manejo de llaves.

El Plan de Emergencias SITE se encuentra anexado al Plan de Gestión del Riesgo en el documento Anexo_PGR_Plan_Emergencia_SITE.

10.1.3.3.1 Plan Estratégico

El Plan Estratégico se formula con base en los resultados del análisis de riesgo, y tiene como objetivo establecer la estructura organizativa y operativa para la atención de emergencias. Este plan contempla la conformación del equipo de atención de emergencias, con la definición clara de sus roles y responsabilidades, garantizando una respuesta coordinada y eficaz ante la ocurrencia de eventos adversos.

Asimismo, incluye el diseño e implementación del programa de capacitación, que abarca actividades de formación, simulaciones y simulacros, orientados a fortalecer las capacidades del personal involucrado en la gestión de contingencias.

El plan también incorpora medidas generales de reducción y mitigación del riesgo, articuladas con las acciones definidas en el componente de reducción del riesgo del presente Plan de Gestión. Estas medidas buscan minimizar la probabilidad de ocurrencia de emergencias y reducir sus posibles impactos sobre el entorno humano, ambiental y operativo del proyecto.

A. Alcance

El Plan Estratégico establece un alcance el cual aplica a todas las fases del proyecto y cubre el área del proyecto y zonas de probable afectación por la materialización de los diferentes escenarios de riesgo que puedan generar impactos adversos. Dentro de sus componentes principales se destaca:

- Organización para la atención de emergencias: conformación del equipo de respuesta, definición de roles, responsabilidades y cadena de mando.
- Protocolos de actuación: procedimientos de simulaciones y simulacro para la atención de emergencias naturales, socio naturales, antrópicas y operacionales identificadas en el análisis de riesgo.
- Programa de capacitación y entrenamiento: incluye formación continua en temas de gestión del riesgo y emergencias para todo el personal involucrado.

B. Equipo de respuesta de emergencias y manejo de crisis

La estructura organizacional del Plan de Emergencia y Contingencia (PEC) tiene como propósito articular de manera integral a todas las entidades, internas y externas, involucradas en la gestión de incidentes y situaciones críticas. Esta organización permite coordinar la labor del equipo interno de respuesta del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote con las instituciones municipales, regionales y nacionales que intervienen en las emergencias.

En la propuesta estructural diseñada para el PEC de la Modificación de Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, se definen claramente los roles y responsabilidades que cada entidad asumirá dentro del sistema de respuesta. Tanto los

contratistas como las empresas de interventoría y asesoría que hacen parte de las fases de construcción y operación deben ajustarse a este esquema organizativo. Es relevante señalar que esta estructura puede modificarse conforme avancen las actividades del proyecto y se integren aprendizajes que permitan optimizar los procedimientos de atención, garantizando así intervenciones más seguras y eficaces.

La atención de una emergencia dependerá de su severidad: algunas podrán ser manejadas completamente por el equipo del proyecto, mientras que otras requerirán el apoyo de instituciones externas como CORNARE, las alcaldías de San Roque, Maceo y Caracolí, los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres, el Sistema y la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, así como organismos de socorro como la Defensa Civil, los cuerpos de bomberos y la Cruz Roja.

Considerando los riesgos identificados para las distintas etapas del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote y la disponibilidad del personal y de las autoridades locales, se conforma un Equipo de Respuesta a Emergencias encargado de ejecutar el plan y asegurar su adecuado funcionamiento.

La estructura general para el manejo de crisis y emergencias en el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se organiza en tres niveles: el Equipo de Manejo de Crisis (CMT), el Equipo de Manejo de Emergencias (EMT) y el Equipo de Respuesta de Emergencia (ERT), que incluye a los primeros respondientes, brigadistas líderes y coordinadores de evacuación, como se ilustra en la Figura 10.1.3.63. Esta estructura y sus divisiones se detallan en el Manual Integral Para la Gestión de Emergencias, Crisis y Continuidad del Negocio - Anexo_PGR_Manual_Gestion_Crisis.

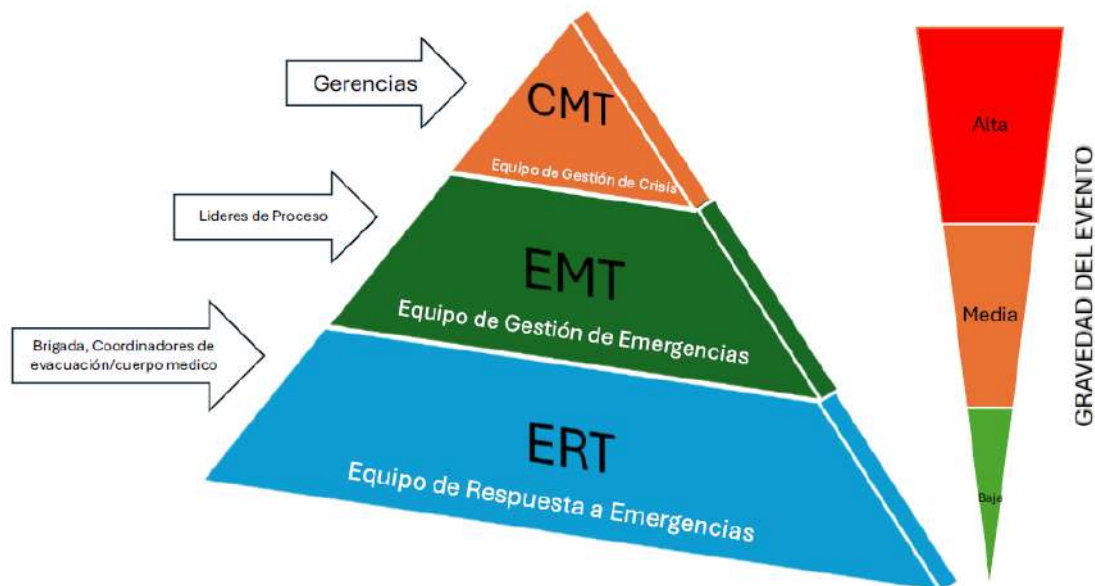


Figura 10.1.3.63 Equipo de respuesta ante emergencias

Fuente: Manual Integral para la Gestión de Crisis y Continuidad. Gramalote, 2017

C. Roles y responsabilidades

A continuación, se presenta la descripción de los roles y responsabilidades que conforman la estructura organizativa del Plan de Emergencia y Contingencia del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Esta definición detallada de funciones busca asegurar una coordinación eficiente entre los diferentes equipos y actores involucrados, permitiendo una respuesta oportuna, articulada y efectiva frente a cualquier situación de emergencia o crisis que pueda presentarse durante las etapas de construcción y operación del proyecto.

a. Equipo de Manejo de Crisis - CMT

Es el equipo responsable de manejar la respuesta estratégica y corporativa de las crisis que podrían afectar la imagen, reputación y continuidad del negocio. Es responsable por:

- Recibir y confirmar los hechos con el EMT.
- Administrar la emergencia o crisis a nivel estratégico en la Sala de Crisis.
- Gestionar y monitorear los recursos adicionales para la respuesta al incidente.
- Activar los grupos de apoyo externo y ayuda mutua (interno y externo).
- Recuperar la operación y lograr la continuidad del negocio.
- Preparar y despachar informes al nivel corporativo.

Tabla 10.1.3.106 Roles y responsabilidades Equipo de Manejo de Crisis - CMT

Rol	Responsabilidad
Representante de Control de Riesgos	<p>Establecer reforzamiento de la seguridad perimetral o procedimientos especiales (actos de interferencia ilícita)</p> <p>Establecer contacto directo y coordinar recursos con Ejército, Policía y grupos especializados.</p> <p>Garantizar que se asigne la máxima prioridad de seguridad pública a los responsables de las operaciones de respuesta.</p> <p>Alertar o evacuar al personal de respuesta por motivos de seguridad pública.</p> <p>Garantizar la custodia de las evidencias o elementos material de prueba.</p> <p>Apoyar en la gestión de riesgos al representante de Operaciones.</p>
Representante de Exploración	<p>Establecer contacto con contratistas de perforación, para garantizar la activación de los planes de manejo de crisis de los contratistas y que estos se articulen con el de Gramalote.</p> <p>Evaluar y recomendar al líder de CMT, el posible plan de continuidad del negocio para garantizar las operaciones en proyecto.</p> <p>Evaluar las afectaciones en la operación.</p>
Representante del área Legal	<p>Asesorar e informar sobre las responsabilidades e implicaciones legales por impacto a trabajadores, comunidad y medio ambiente.</p> <p>Asesorar sobre comunicados de prensa antes de su publicación.</p> <p>Apoyar la elaboración del reporte de afectación y daños.</p>

Rol	Responsabilidad
Representante financiero	<p>Determinar necesidades financieras inmediatas para la atención de la emergencia.</p> <p>Gestionar contrataciones y pagos de acuerdo con las necesidades del evento.</p> <p>Efectuar el registro de todas las acciones que impacten el presupuesto de contingencias y emergencias.</p> <p>Determinar el balance total por afectación, atención, recuperación o indemnizaciones causadas por del evento.</p> <p>Preparar informe para las aseguradoras o reaseguradoras según corresponda.</p>
Representante de Relacionamento Regional	<p>Garantizar a través de la implementación del sistema de debida diligencia de DDHH y el relacionamiento con ONG's, OCS's, multilaterales y agencias de Gobierno responsables de garantizar los DDHH, el respeto de los DDHH por parte de la compañía.</p> <p>Establecer líneas de comunicación con la prensa, radio y televisión.</p> <p>Preparar los comunicados de prensa a los interesados y medios de información.</p> <p>Hacer seguimiento de la respuesta a los medios de comunicación.</p> <p>Garantizar que los medios de comunicación, las agencias gubernamentales y los voceros de los incidentes tengan la información correcta de lo ocurrido.</p> <p>Actuar como vocero del IMT en caso de que el líder lo autorice.</p> <p>Establecer contacto y coordinar actividades de apoyo con entes gubernamentales y entidades de apoyo externo.</p> <p>Garantizar una comunicación constante con los entes Gubernamentales durante la ocurrencia del incidente.</p> <p>Apoyar al representante de comunicaciones a documentar comunicados dirigidos a los entes Gubernamentales.</p>

Fuente: Manual Integral Para la Gestión de Emergencias, Crisis y de Continuidad del Negocio, 2025

b. Equipo de manejo de Emergencias – EMT

Es el equipo responsable de manejar la respuesta a emergencias que podrían poner en riesgo a población trabajadora, instalaciones y/o afectar la continuidad, imagen o reputación de del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Dentro de los roles y responsabilidades del EMT se destacan:

- Recepcionar y confirmar los hechos con el “ERT” y notificar al “CMT” y al Centro de Monitoreo.
- Administrar la emergencia o crisis a nivel estratégico en la Sala de Crisis.
- Gestionar y monitorear los recursos adicionales para la respuesta al incidente.

- Activar los grupos de apoyo externo y ayuda mutua (interno y externo).
- Recuperar la operación y lograr la continuidad del negocio.
- Preparar y despachar informes al nivel corporativo.

Dentro de los miembros del EMT se definen los siguientes roles y responsabilidades descritos en la Tabla 10.1.3.107.

Tabla 10.1.3.107 Roles y responsabilidades del equipo de manejo de Emergencias - EMT

Rol	Responsabilidades
Líder del EMT	<ul style="list-style-type: none"> - Recepcionar la información y verificar la activación del “EMT”. - Asegurar los recursos requeridos por el “ERT”. - Asegurar la comunicación entre el “EMT” y “ERT”. - Autorizar la difusión de boletines de prensa y a medios de comunicación. - Comunicar a los miembros del EMT/CMT cuándo finalice la emergencia. - Asegurar que los informes y reportes han sido completados y revisados
Representante Legal	<ul style="list-style-type: none"> - Asesorar e informar sobre las responsabilidades e implicaciones legales por impacto a trabajadores, comunidad y medio ambiente. - Asesorar sobre comunicados de prensa antes de su publicación. - Apoyar la elaboración del reporte de afectación y daños.
Representante de recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener un registro de ubicación y status de personas involucradas en el incidente. - Brindar asistencia en el manejo de crisis post-evento a empleados, contratistas, parientes y comunidad afectados por la emergencia. - Gestionar apoyo por pérdidas humanas para empleados y familiares por el incidente. - Coordinar traslados, visitas o acompañamientos a familiares afectados.
Representante de Derechos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> - Garantizar a través de la implementación del sistema de debida diligencia de DDHH y el relacionamiento con ONGs, OCSs, multilaterales y agencias de Gobierno responsables de garantizar los DDHH, el respeto de los DDHH por parte de la compañía.
Representante de Sostenibilidad (De Asuntos Corporativos)	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer contacto y coordinar actividades de apoyo con entes gubernamentales y entidades de apoyo externo. - Garantizar una comunicación constante con los entes Gubernamentales durante la ocurrencia del incidente. - Apoyar al representante de comunicaciones a documentar comunicados dirigidos a los entes Gubernamentales
Representante Sostenibilidad (Ambiental)	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer contacto y coordinar actividades con las autoridades ambientales - Evaluar el daño medioambiental real o potencial durante el incidente. - Garantizar que se controle la emergencia desde el punto de vista ambiental. - Redactar y documentar informes para las autoridades ambientales. - Activar ayuda externa para el control de emergencias ambientales en caso de requerirse.

Rol	Responsabilidades
Representante Sostenibilidad (Relacionamiento comunitario)	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer y hacer seguimiento a los grupos cuyas actividades puedan influenciar el comportamiento de la comunidad en el transcurso de un incidente. - Recibir y solucionar las quejas y reclamos de los afectados y comunidad. - Coordinar la evaluación de daños y pérdidas a la comunidad afectada - Establecer contacto con líderes de la comunidad - Redactar y documentar informes sobre el evento que tenga relación con la comandad.
Representante de Control de Riesgo	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer reforzamiento de la seguridad perimetral o procedimientos especiales (actos de interferencia ilícita) - Establecer contacto directo y coordinar recursos con Ejército, Policía y grupos especializados. - Garantizar que se asigne la máxima prioridad de seguridad pública a los responsables de las operaciones de respuesta. - Alertar o evacuar al personal de respuesta por motivos de seguridad pública. - Garantizar la custodia de las evidencias o elementos material de prueba. - Apoyar en la gestión de riesgos al representante de HSE.
Representante de comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Recopila, valida y consolida la información relevante generada por los diferentes equipos operativos para asegurar que los mensajes externos e internos sean precisos y coherentes. - Garantizar que todos los miembros del equipo, incluidos mando, brigadas y personal de apoyo, reciban información clara y oportuna sobre la evolución del evento y las acciones en curso. - Producir boletines, actualizaciones, reportes públicos, instrucciones al personal, avisos de alerta y otros contenidos necesarios durante la emergencia. - Mantiene un archivo de los mensajes emitidos, comunicaciones oficiales, tiempos de publicación y respuestas recibidas para fines de auditoría, aprendizaje y mejora del plan.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2025

c. Equipo de Respuesta Emergencia – ERT

Es el equipo que maneja la respuesta física, inmediata y operativa en el lugar de los hechos: está confirmado por Coordinador de emergencia, Brigada, coordinadores de evacuación, equipo médico y primer respondiente. Es responsable por:

- La ejecución de las acciones tácticas y operativas en la emergencia.
 - Asegurar y asignar los recursos y equipos tácticos y operativos de respuesta.
 - Hay que asegurar que la respuesta se lleve a cabo de manera segura, organizada y eficaz.
 - Coordinar los grupos de apoyo externo para atención de la emergencia.
 - Coordinar la evaluación de daños y pérdidas ocasionados por la emergencia.
- Coordinador de Emergencias: Es el Coordinador SISO, le reporta al lidere del
- ERT.
 - Asumir el comando de incidentes en el lugar de los hechos.

- Coordinar las operaciones tácticas y estratégicas de respuesta.
- Garantizar la seguridad integral para las operaciones de respuesta
- Aplicar la estructura de Sistema de Comando de Incidentes (SCI)
- Implementar y supervisar el plan de acción de incidentes (PAI)
- Determinar tipos y números de recursos que serán requeridos para las operaciones de emergencias.
- Determinar cualquier necesidad de ayuda o soporte para equipos, alimentación, higiene y seguridad.
- Vigilar las condiciones de seguridad e implementar las medidas para garantizar la seguridad de todo el personal asignado en la respuesta a la emergencia.
- Monitorear permanentemente la escena y reportar al Líder del ERT el estado de las condiciones, peligros y riesgos.
- Autorizar el ingreso del personal brigadista y externo al sitio de la emergencia.

Dentro de los miembros del ERT se definen los siguientes roles y responsabilidades descritos en la Tabla 10.1.3.108.

Tabla 10.1.3.108 Roles y responsabilidades del equipo de respuesta a emergencias - ERT

Rol	Responsabilidades
Coordinador de Emergencias	<ul style="list-style-type: none"> - Asumir el comando de incidentes en el lugar de los hechos. - Coordinar las operaciones tácticas y estratégicas de respuesta. - Garantizar la seguridad integral para las operaciones de respuesta - Aplicar la estructura de Sistema de Comando de Incidentes (SCI) - Implementar y supervisar el plan de acción de incidentes (PAI) - Determinar tipos y números de recursos que serán requeridos para las operaciones de emergencias. - Determinar cualquier necesidad de ayuda o soporte para equipos, alimentación, higiene y seguridad. - Vigilar las condiciones de seguridad e implementar las medidas para garantizar la seguridad de todo el personal asignado en la respuesta a la emergencia. - Monitorear permanentemente la escena y reportar al Líder del EMT el estado de las condiciones, peligros y riesgos. - Autorizar el ingreso del personal brigadista y externo al sitio de la emergencia.
Brigada de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar en todo momento la seguridad del personal de la organización. - Realizar entrenamientos continuos y realizar simulacros de manera periódica de lucha contra incendios, salvamento de bienes y personal, evacuación, rescate y actividades de primeros auxilios. - Se debe diseñar e implementar métodos de control efectivo y actuación para saber cómo proceder en caso de emergencia

Rol	Responsabilidades
	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar equipos de alarma como sirenas o establecer códigos de alarma y hacerlos conocer a todo el personal de la organización. - Se debe llevar un control periódico sobre el estado de los sistemas y equipos de protección contra incendios. - Se debe estar preparado para reaccionar inmediatamente ante cualquier imprevisto, contingencia o presencia de un peligro inminente. - Tomar las riendas de las actividades en caso de emergencia, dirigiendo evacuación de personas y salvamento de bienes de valor de la organización. - Asegurarse de que se cumplan las normas establecidas orientadas a la seguridad industrial. - Se debe tener un directorio actualizado de las entidades especializadas de apoyo externo, como hospitales, bomberos, cruz roja, defensa civil y otros organismos, que finalmente darán la atención final a los afectados de una emergencia. - Verificar periódicamente el funcionamiento óptimo de la señal de alarma para que todos los trabajadores evacuen de inmediato, asegurándose en caso se trate de una sirena de que esta sea escuchada por absolutamente todo el personal. - Brindar soporte en la atención de los siniestros viales, bien sea como primer respondiente o como soporte en la atención.
Atención Primeros Auxilios	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer y coordinar todas las acciones en el área de concentración de víctimas (atención, clasificación, transporte y escalonamiento). - Aplicar la guía táctica atención medica de emergencias. - Activar el MEDEVAC

<p>Coordinadores de Evacuación</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Su responsabilidad principal es favorecer la marcha segura, por una ruta segura, a un lugar seguro de los trabajadores de un área. - Portar el distintivo de coordinador cuando se presente una situación de emergencia. - Informar al Puesto de Mando Unificado del número de personas evacuadas, si se presentaron inconvenientes en la evacuación. - Atender y comunicar las órdenes del Puesto de Mando Unificado o del coordinador de brigada al personal de su área o piso. - Son responsables de informar al personal sobre todos los procedimientos de evacuación para que, en caso de una emergencia, cada persona conozca la ubicación de las salidas de emergencias. - Informar a todos los empleados y al personal sobre la designación del punto del encuentro. - En caso de una evacuación, tienen la responsabilidad de asegurarse que el plan se ha seguido y que todos los empleados y el personal han sido evacuados con seguridad del área. - Asegurar que los empleados se dirijan hacia las áreas designadas. - Mantenerse en comunicación constante con el coordinador de emergencia para mantenerlo informado sobre la seguridad de la organización. - Entregar las instrucciones de una evacuación para asegurar que todos en el área estén cómodos y familiarizados con la rutina de evacuación. - Colaborar con el área HS o brigadistas en las inspecciones periódicas de los equipos de detección, alarma y control de incendios, señalización, vías de evacuación, iluminación de emergencia. - Corroborar el buen funcionamiento de los elementos de detección, alarma y control de incendios, incidiendo y señalización de emergencia. - Al sonar la señal acústica de alerta acudir y colaborar con el Coordinador de Emergencia en aquello que estos consideren necesario. - Una vez transmitida la orden de evacuación, proceder de inmediato a la evacuación. Se situarán en las zonas asignadas y dirigirán a los evacuados hacia el punto de encuentro. - Auxiliar a las personas con movilidad reducida o con condiciones especiales. - Coordinar la agrupación de los evacuados y la elaboración de las listas con el nombre de los evacuados. - Identificar la edificación, sus amenazas, su vulnerabilidad y sus niveles de riesgo. - Observar situaciones de riesgo y notificarlas al Comité de Emergencia. - Conocer el Plan de Evacuación y contribuir con su actualización. - Identificar las personas que trabajan en el área y mantener un listado actualizado de las mismas. - Participar en el entrenamiento de los empleados nuevos y antiguos sobre los procedimientos del Plan de Evacuación.
------------------------------------	---

Rol	Responsabilidades
	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el estado de las rutas de evacuación y del sistema de notificación. - Evaluar los procedimientos desarrollados durante los entrenamientos y las evacuaciones por situaciones reales, archivando esta información en los formatos preestablecidos. - Identificar los sitios seguros y la ubicación de los elementos de seguridad (extintores, camilla, botiquín, señalización rutas de evacuación, salidas de emergencia) en el piso. - Participar en los talleres, conferencias, seminarios, reuniones que se programen para mejorar su desempeño.

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2025

d. Grupos externos de atención de emergencias

La magnitud de un incidente puede fluctuar ampliamente: algunos eventos serán menores y podrán resolverse únicamente con los recursos disponibles en las instalaciones del proyecto, mientras que otros pueden alcanzar proporciones que excedan la capacidad de respuesta interna. En estos casos será necesario solicitar el apoyo de entidades externas, entre ellas fuerzas militares y de policía, organismos de socorro como bomberos, Cruz Roja y Defensa Civil, instituciones de salud pública, autoridades ambientales y los grupos de ayuda mutua con los cuales existan convenios de cooperación. También podrán intervenir las instancias oficiales de gestión del riesgo: los Consejos Municipales (CMGRD), el Consejo Departamental (CDGRD), el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres de Antioquia - DAGRAN, el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).

En emergencias que requieran la presencia de actores adicionales a los mencionados, el Líder de Emergencia designado por la Compañía deberá identificar las funciones que corresponderán a cada institución y establecer los mecanismos de coordinación necesarios. Estos equipos externos operarán normalmente bajo la estructura del CDGRD o del CMGRD, dependiendo del nivel territorial en el que se desarrolle la emergencia.

Cuando varias entidades participen simultáneamente en la respuesta y se active un Puesto de Mando Unificado (PMU), el Líder del Equipo de Manejo de Emergencias (EMT) deberá nombrar un funcionario de enlace entre la Compañía y las instituciones externas. La elección de este enlace dependerá tanto del tipo de emergencia como del personal disponible: para derrames se privilegiará a un profesional del área ambiental; para incendios, accidentes o eventos asociados a condiciones naturales, el candidato ideal será el Coordinador SISO; y para incidentes de carácter social o de orden público, la función recaerá preferentemente en la Coordinación de Control de Riesgos.

El PMU tiene como finalidad integrar y coordinar de manera eficiente el trabajo de todas las instituciones involucradas en la emergencia. Su ubicación se establecerá fuera del área de peligro, pero lo suficientemente cerca para garantizar una gestión operativa efectiva. Sus objetivos principales consisten en mejorar los flujos de comunicación entre las entidades participantes, consolidar un enfoque unificado de respuesta, definir responsabilidades y optimizar los recursos disponibles. Este puesto estará conformado por representantes operativos de más alto nivel de los CMGRD, CDGRD y SNGRD, quienes, junto con los

comandantes de Incidentes de cada institución y el del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, serán responsables de la toma de decisiones.

Entre sus funciones se encuentran recibir y distribuir información proveniente de la zona afectada y del punto de encuentro, mantener informados a los medios de comunicación, reportar novedades sobre el personal y transmitir a los cuerpos de socorro cualquier información crítica para el control de la situación. Cabe reiterar que el PMU puede funcionar como un espacio físico o virtual, y su localización se definirá una vez se active la cadena de llamadas, decisión que tomará el comité responsable de la emergencia.

D. Apoyo a terceros

El Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se integra plenamente con los instrumentos de planificación territorial y los sistemas de respuesta a emergencias existentes en su zona de influencia. En este sentido, el proyecto se articula con la Estrategia para la Respuesta a Emergencias del Departamento de Antioquia y con el Plan Municipal de Gestión del Riesgo del Municipio de San Roque, documentos que establecen las estructuras institucionales y comunitarias encargadas de la atención de eventos críticos.

Cabe resaltar que de acuerdo con el Manual Integral para la Gestión de Emergencias, Crisis y Continuidad del Negocio (Anexo_PGR_Manual_Gestion_Crisis), el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote cuenta un Plan de Ayuda Mutua (Anexo_PGR_Plan_de_Ayuda_Mutua) el cual Es un convenio voluntario y de mutuo beneficio para que solo en caso de emergencia, las partes se comprometan a prestar, eventualmente, la ayuda que se requiera en cuanto a: asistencia técnica, equipos, herramientas, materiales y apoyo logístico entre otros.

Esta articulación garantiza que el proyecto no opere de manera aislada, sino en coordinación con las autoridades competentes y los organismos responsables de la gestión del riesgo. Entre estos se destacan el DAGRAN, el Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres de Antioquia (CDGRD), el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de San Roque (CMGRD) y las instancias de los municipios aledaños, tales como Maceo y Caracolí. La vinculación con estas entidades permite complementar capacidades, facilitar la interoperabilidad entre equipos de respuesta y fortalecer los mecanismos de apoyo mutuo ante situaciones que superen la capacidad operativa del proyecto o que afecten a comunidades cercanas.

E. Capacitación

El programa de capacitación y entrenamiento tiene como propósito asegurar que todo el personal vinculado al Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote cuente con las competencias necesarias para actuar eficazmente ante cualquier situación de emergencia. Para ello, es indispensable que quienes integran los equipos de respuesta y de manejo de crisis comprendan a fondo los contenidos, procedimientos y lineamientos establecidos en el Plan de Emergencia y Contingencia (PEC).

El personal encargado de tareas operativas y del manejo de maquinaria especializada recibe capacitaciones enfocadas en la reducción de riesgos inherentes a sus actividades. De igual manera, se desarrollan sesiones informativas sobre las acciones que deben ejecutarse durante una emergencia y sobre las conductas seguras en las diferentes áreas de trabajo.

Asimismo, los miembros de las brigadas de emergencia, los equipos de primeros auxilios y los coordinadores de evacuación deben mantenerse en constante capacitación para anticipar, controlar y responder adecuadamente a los incidentes. Por esta razón, se brindará instrucción específica relacionada con los riesgos identificados, así como en temas esenciales para la gestión de emergencias: protección del brigadista, salvaguarda de bienes, primeros auxilios, manejo y traslado de víctimas, control de incendios, y técnicas de búsqueda y rescate. Cada frente de operación deberá contar con representantes de estos equipos para asegurar una respuesta inmediata y coordinada ante cualquier eventualidad. Para garantizar una formación continua en gestión del riesgo y atención de emergencias se define el siguiente programa de entrenamiento y capacitación del personal descrito en la Tabla 10.1.3.109.

Tabla 10.1.3.109 Programas de entrenamiento y capacitación del personal

Gripo objetivo	Intensidad	Modalidad	Tema
Equipo de Manejo de Crisis (CMT)	1 hora	(T)	Plan de gestión del riesgo Manejo de Crisis y Continuidad
Equipo de Respuesta de Emergencias EMT y EMT	2 horas	(T) (P)	Plan de gestión del riesgo Comando de Incidentes Manejo de comunicaciones en emergencias Procedimiento para notificación de emergencias Sistema de alerta y alarma
Líder de la Emergencia ERT	24 horas	(T) (A) (P)	Plan de gestión del riesgo Manejo de Crisis y Continuidad Comando de Incidentes Manejo de comunicaciones en emergencias Procedimiento para notificación de emergencias Sistema de alerta y alarma Uso adecuado de equipos y sistemas de comunicación
Coordinador de Emergencias	8 horas	(T)	Procedimiento general de emergencia y Pons/Planes de contingencia/ Guías tácticas Sistema comando de incidente
Brigadistas	40 horas	(T) (A) (P)	Atención médica de emergencia Guía de asistencia médica Manejo de Extintores Curso Bomberos Manejo Señalización Manejo de emergencias ambientales Manejo y Transporte de lesionados Manejo de productos peligrosos y derrame de estos Nivel de Primer Respondiente (PRIMAP) Plan de evacuación

Gripo objetivo	Intensidad	Modalidad	Tema
Empleados y Contratistas	8 horas	(T) (P)	Entrenamiento a todos los empleados sobre cómo actuar en caso de una emergencia de las identificadas en el presente plan.
Vigilantes	4 horas	(T) (P)	Procedimientos para emergencias
Consejo Municipal de la Gestión del Riesgo de Desastre (CMGRD)	2 horas	(T)	Sensibilización frente a la gestión del riesgo Organización comités de emergencia Socialización plan de gestión del riesgo Sistema Comando de Incidentes Sistema de alerta y alarma Plan de evacuación y señalización
Comunidad del área de influencia			
Consejo Municipal de la Gestión del Riesgo de Desastre (CMGRD)	4 horas	(T) (A)	Mapa del territorio
Comunidad del área de influencia			Identificación de riesgos
			Organización comités de emergencia
			Socialización plan de gestión del riesgo
Curso básico de Sistema Comando de Incidentes	Sistema de alerta y alarma	Plan de evacuación y señalización	
Sistema de alerta y alarma			
Consejo Municipal de la Gestión del Riesgo de Desastre (CMGRD)	4 horas	(P)	Simulacros de emergencia
Comunidad del área de influencia			
Personal del proyecto			

T = Teórica; A = Ejercicios de Aula; P = Práctica de Campo

Fuente: Integral S.A., 2025

Además del programa interno de formación dirigido al personal y a los distintos grupos y brigadas que conforman el Plan de Emergencia y Contingencia, se contempla un trabajo coordinado con las instituciones externas presentes en el área de influencia del proyecto. En este marco, y en articulación con los hospitales de los municipios cercanos, el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre (CMGRD) de San Roque y el cuerpo de bomberos de este mismo municipio, se llevarán a cabo simulacros y jornadas de capacitación conjuntas. Estas actividades permitirán fortalecer las capacidades de respuesta ante eventos críticos y asegurar que el Plan de Contingencia se mantenga actualizado y plenamente operativo.

F. Simulaciones y simulacro

a. Simulaciones

Un ejercicio de simulación consiste en un juego de roles llevado a cabo en un entorno controlado, usualmente en una sala o aula, motivo por el cual se les denomina "ejercicios de escritorio". En este tipo de simulaciones participan los responsables de la toma de decisiones y los actores clave del proyecto, y se desarrollan en base a situaciones hipotéticas derivadas del análisis de riesgos del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto

Gramalote, así como de las estrategias de respuesta y los protocolos establecidos (UNGRD, 2016). De este modo, se sugiere realizar simulaciones enfocadas en los riesgos de deslizamientos de tierra y colapso de taludes, derrames de sustancias químicas, y accidentes tanto vehiculares como con maquinaria.

b. Simulacro

Los simulacros cumplen diversas funciones: permiten sensibilizar al personal frente a los riesgos, poner en marcha y evaluar el Plan de Manejo de Emergencias y Contingencias, practicar los procedimientos definidos, y socializar su contenido para que los trabajadores estén preparados ante una situación real. Asimismo, ayudan a identificar fallas, actualizar la planificación, medir la capacidad del equipo para responder, disminuir los tiempos de reacción, conocer la verdadera eficiencia operativa, revisar los mecanismos de activación de recursos y coordinar las acciones con las entidades externas de apoyo.

Se recomienda implementar dos modalidades de simulacros: los programados, que se anuncian previamente con el fin de orientar al personal sobre rutas de evacuación y puntos de encuentro, y los no avisados, que se ejecutan sin previo aviso para evaluar el comportamiento espontáneo ante una emergencia.

La preparación del ejercicio incluye reuniones con el grupo responsable de la organización y, si se requiere, con quienes participarán, con el fin de definir metas, alcance, herramientas de evaluación, funciones, diseño de escenarios, logística, estrategias de comunicación y revisión de los materiales necesarios.

Cada simulacro debe contar con objetivos específicos y generar un informe final con recomendaciones respecto a los procedimientos puestos a prueba, información que apoyará el fortalecimiento del sistema de gestión. Estas actividades se desarrollan en tres fases: planeación y alistamiento, ejecución del ejercicio y evaluación con retroalimentación para todo el personal involucrado.

En el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se elabora un plan anual de simulacros que incluye temáticas como incendios forestales, accidentes viales, derrames de sustancias químicas y la participación en el simulacro nacional de evacuación, tal como se presenta en el Anexo_PGR_Simulacros. El objetivo principal es mejorar la capacidad de respuesta de quienes trabajan en el proyecto.

Además, los integrantes del equipo de atención de emergencias y de manejo de crisis cuentan con una programación específica de entrenamientos y simulacros, descrita en la Tabla 10.1.3.110. Entre estas actividades se contempla un simulacro anual con participación comunitaria, especialmente dirigido a la población ubicada aguas abajo de la presa de colas. También se desarrolla cada año un ejercicio que integra a las entidades de apoyo externo, como Bomberos, Defensa Civil, Policía y otras organizaciones pertenecientes al Consejo Municipal de Gestión del Riesgo.

Tabla 10.1.3.110 Frecuencia de entrenamientos y simulacros de los equipos de manejo de crisis y emergencias

Equipo	Inducción (Rol específicos)	Notificación Equipo Prueba de llamadas	Ejercicio de Escritorio	Ejercicio de Campo
CMT	Al ingresar	Semestral	Bienal	N/A
EMT	Al ingresar	Semestral	Anualmente	Anualmente (cronograma)
ERT	Al ingresar	Semestral	N/A	Anualmente (cronograma)

Fuente: Manual Integral Para la Gestión de Emergencias, Crisis y de Continuidad del Negocio, 2025

10.1.3.3.2 Plan Operativo

El plan operativo define los lineamientos esenciales para responder ante una contingencia y describe cómo debe activarse y funcionar el sistema de atención de emergencias. En él se especifican los procesos de notificación, la estructura organizacional y la forma en que deben coordinarse las distintas áreas cuando sea necesario poner en marcha el plan de contingencia. También determina las acciones inmediatas que deberán ejecutar las diferentes coordinaciones y dependencias de la Compañía tras la ocurrencia de un evento adverso, con el propósito de restablecer las operaciones del proyecto en el menor tiempo posible.

Dentro del Plan de Emergencias y Contingencias, el plan operativo contempla entre otros elementos, los niveles de emergencia y de alarma, los criterios de activación, las prioridades de respuesta y un conjunto de Guías Tácticas orientadas a la gestión técnica de las contingencias. Estas guías cumplen una función netamente operativa, indicando las acciones específicas a seguir, especialmente en situaciones donde el impacto del evento puede generar desorientación o cuando no se cuenta con todo el personal necesario. En estos escenarios, disponer de un plan claro resulta fundamental.

Los planes operativos incluidos en este documento se enfocan en amenazas puntuales, especialmente aquellas que pueden manifestarse durante las fases de construcción y operación y extenderse más allá de las zonas de trabajo del proyecto, como fallas en las presas, explosiones o derrames. En otras palabras, abordan emergencias con el potencial de generar daños significativos tanto en las instalaciones del proyecto como en las comunidades cercanas y en los ecosistemas externos al área de intervención directa del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

A. Alcance

El alcance del plan operativo abarca la definición de los procedimientos, responsabilidades y mecanismos necesarios para activar y ejecutar la respuesta institucional ante cualquier contingencia que afecte el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Este plan se aplica a todas las áreas y dependencias involucradas en la atención de emergencias, y cubre tanto los eventos que puedan ocurrir dentro de las zonas de construcción y operación como aquellos que, por su magnitud, puedan trascender los límites del proyecto y generar impactos en comunidades cercanas o en el entorno natural. Su finalidad es garantizar una respuesta rápida, ordenada y eficaz que permita minimizar daños y restablecer la funcionalidad del proyecto en el menor tiempo posible.

B. Niveles de emergencia

La clasificación de los niveles de emergencia permite al Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote establecer criterios precisos para activar acciones y asignar de manera eficiente los recursos humanos, tecnológicos y de infraestructura destinados a la atención de incidentes. Esta categorización se fundamenta en la identificación de elementos vulnerables y en las prioridades de protección dentro del área de influencia del proyecto, tanto en el ámbito local como regional. La cantidad y tipo de recursos requeridos dependen, principalmente, de la naturaleza del evento, su magnitud y el alcance de sus consecuencias; no obstante, también influyen factores como las condiciones específicas de la emergencia, su origen y las particularidades del escenario en el que se desarrolla. A continuación, se presentan los niveles de emergencia aplicables al proyecto:

a. Nivel leve – Incidente menor C1 - C2

Corresponde a situaciones que pueden ser controladas de manera inmediata mediante acciones básicas internas, sin que se propaguen ni afecten otras zonas fuera del área de operaciones. Podría requerir la evacuación puntual de trabajadores hacia sectores seguros, pero no genera impactos significativos ni altera la continuidad de las actividades del proyecto. No compromete más de un equipo o área específica y no requiere apoyo externo, ya que puede ser gestionado completamente con los recursos propios de la Compañía. Las posibles afectaciones a personas pueden ser atendidas por los servicios médicos internos y no existe repercusión alguna sobre comunidades externas.

b. Nivel moderado – Incidente medio C3 - C4

Este nivel implica emergencias que demandan la articulación con recursos del plan de ayuda mutua, servicios públicos de emergencia y autoridades municipales, como el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) de San Roque. El evento puede impactar a comunidades cercanas, llegar a causar al menos una fatalidad y requerir la evacuación parcial del personal hacia zonas seguras o fuera del proyecto. Incluso puede ser necesaria la evacuación de sectores de la población ubicada en el área de influencia. La magnitud del incidente puede justificar la declaratoria de emergencia local por parte de las autoridades competentes.

c. Nivel grave – Incidente mayor

Estos eventos superan la capacidad de respuesta local y exigen la intervención de organismos regionales y nacionales, como el Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres (CDGRD) de Antioquia, el DAGRAN o el Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD). Las consecuencias pueden incluir daños significativos a terceros dentro del área de influencia y la ocurrencia de fatalidades, lo que puede llevar a la declaratoria de emergencia departamental o nacional debido a la gravedad del incidente.

C. Alerta, alarma y niveles de activación

a. Alerta

La alerta corresponde a una condición declarada por las autoridades competentes o por el Equipo de Manejo de Crisis (CMT), cuyo propósito es activar medidas preventivas ante la

posibilidad inminente de que ocurra un evento adverso. Este estado funciona como una señal anticipada que permite reforzar la vigilancia, preparar recursos y adoptar acciones preliminares que reduzcan el impacto potencial de la emergencia.

En el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, los distintos niveles de alerta que establecen el grado de preparación y respuesta necesario se encuentran especificados en la Tabla 10.1.3.111. Estos niveles permiten diferenciar entre situaciones de monitoreo preventivo, condiciones de amenaza moderada y escenarios de inminente ocurrencia del evento, garantizando así una reacción oportuna y coordinada entre las áreas operativas, administrativas y de gestión del riesgo.

Tabla 10.1.3.111 Niveles de alerta en el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote

Nivel	Código	Estado declarado
Nivel 1	Alerta verde	Estado de normalidad
Nivel 2	Alerta amarilla	Estado de observación de señales críticas o susceptibles a el detonante de la amenaza
Nivel 3	Alerta naranja	Estado de alistamiento y disponibilidad de reacción ante posible materialización de la emergencia
Nivel 4	Alerta roja	Reacción inmediata

Fuente: Integral S.A., 2025

Es importante resaltar que estos niveles se encuentran alineados a lo definido tanto en el Plan Municipal de Gestión del Riesgo del municipio de San Roque ((CMGRD C. M., 2017) y a la Estrategia Departamental para la Respuesta a Emergencias (EDRE) del departamento de Antioquia (CDGRD, 2018). Quienes definen estos códigos de alerta en los componentes de preparación para la respuesta.

b. Alarma

Se trata de una notificación generada por las autoridades competentes o por el Equipo de Manejo de Crisis (CMT) del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, cuyo objetivo es indicar la necesidad de seguir instrucciones concretas ante la existencia o inminencia de una situación de emergencia. Esta advertencia se comunica mediante una señal sonora de alarma destinada a alertar de forma inmediata al personal.

Los distintos niveles de activación de la alarma establecidos para el proyecto se encuentran detallados en la Tabla 10.1.3.112.

Tabla 10.1.3.112 Niveles de activación de alarma

Nivel de activación	Definición	Acciones	Responsable de Activación
1	El Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote	El Equipo de Respuesta a Emergencias (ERT) realiza monitoreos e inspecciones periódicas de los elementos y rutas de emergencia, y se mantiene en	ERT

Nivel de activación	Definición	Acciones	Responsable de Activación
	<p>dispone de la capacidad para atender emergencias mediante sus grupos de intervención, liderados por el Equipo de Respuesta a Emergencias (ERT) y la brigada de emergencia.</p>	<p>permanente estado de alistamiento para atender cualquier eventualidad. Brinda atención primaria conforme a la activación del sistema de emergencias y a las solicitudes de las áreas involucradas. Asimismo, evalúa los incidentes atendidos, documenta los resultados y elabora informes que permiten identificar lecciones aprendidas y oportunidades de mejora para la brigada de emergencia. Durante estas actividades, las operaciones del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote continúan desarrollándose con normalidad.</p>	
2	<p>Requiere suspender actividades en el área afectada, atendiendo la situación con los recursos propios de la instalación.</p>	<p>El líder del ERT evalúa la situación reportada y activa el sistema de coordinación de emergencias a través del coordinador designado, con el fin de conformar los equipos de intervención requeridos. Cuando la magnitud del evento lo amerita, se notifica y convoca a la alta dirección. Las demás áreas del proyecto que no se vean comprometidas por la emergencia continúan desarrollando sus funciones y responsabilidades de manera habitual.</p>	Líder ERT
3	<p>Es necesario declarar una situación de crisis en el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote</p>	<p>Bajo la dirección del líder del Equipo de Manejo de Emergencias (EMT) se establecerá la coordinación integral de la emergencia, lo que implica la suspensión temporal de las actividades, funciones y competencias del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. Asimismo, se activará la articulación con el CMGRD del municipio de San Roque y se gestionará el apoyo de los mecanismos de ayuda mutua y de los organismos de socorro correspondientes.</p>	Líder EMT

Fuente: Integral S.A., 2025

D. Plan de evacuación

Cuando se active la alarma de evacuación, el personal deberá desplazarse ordenadamente por las rutas establecidas hasta los puntos de encuentro designados. El coordinador de evacuación dirigirá todo el proceso, por lo que se deberán acatar sus instrucciones y las de los brigadistas en cada etapa del recorrido.

Al llegar al punto de encuentro, se realizará el conteo y verificación del personal para confirmar que todas las personas hayan evacuado de manera segura. Posteriormente, se seguirán las orientaciones emitidas por el coordinador de la emergencia y, de ser necesario, por las autoridades competentes, quienes determinarán las acciones a continuar.

a. Rutas de evacuación

Las rutas de evacuación son trayectos previamente planificados para permitir que el personal del proyecto y, cuando aplique, la comunidad cercana, se desplacen hacia zonas seguras en el menor tiempo posible y bajo condiciones que garanticen su protección. Estos recorridos se establecen desde el lugar donde se genera la emergencia hasta los refugios o puntos seguros definidos por el equipo responsable del plan de evacuación de la Compañía.

La selección de cada ruta depende de las características específicas del evento, considerando factores como la dirección del viento, el nivel de accesibilidad, las condiciones del terreno y la viabilidad de la movilización. Su definición y habilitación estarán a cargo de personal especializado que apoya la atención de la emergencia, asegurando que las alternativas escogidas representen la opción más segura para las personas involucradas.

En los puntos de encuentro asignados para cada instalación, el coordinador de evacuación será quien imparta las instrucciones necesarias durante el proceso de evacuación y coordine la verificación del personal.

Para la comunidad, las rutas de evacuación corresponderán a los caminos y vías existentes, dado que los eventos identificados que podrían requerir evacuación incluso bajo el escenario más crítico, como la posible rotura de la presa, no se desarrollan de manera súbita, lo que permite contar con tiempo suficiente para desplazarse hacia los puntos de encuentro establecidos.

Tanto las rutas de evacuación como los puntos de encuentro podrán ajustarse o redefinirse según avance el proyecto y cambien las condiciones operativas, garantizando que continúen siendo adecuados, funcionales y seguros en cada fase del desarrollo del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

b. Puntos de encuentro

Los puntos de encuentro son lugares previamente seleccionados por su seguridad y debidamente señalizados para tal fin, donde se concentrará el personal evacuado durante una emergencia. En estos sitios se realizará el conteo del personal con el objetivo de verificar que todas las personas hayan sido evacuadas de manera correcta y evaluar la eficiencia del proceso de evacuación.

Para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, los puntos de encuentro se definen de manera estratégica, dividiéndolos por áreas de trabajo según la densidad de personal en cada sector. Esto permite organizar la evacuación de forma ordenada y minimizar riesgos durante el traslado hacia zonas seguras.

Al igual que las rutas de evacuación, los puntos de encuentro se revisarán y ajustarán periódicamente, considerando los avances del proyecto, los cambios en las instalaciones y las condiciones operativas, con el fin de garantizar que continúen siendo accesibles, seguros y eficaces en todas las fases del desarrollo del proyecto.

E. Prioridades para la respuesta

En caso de materializarse alguna de las amenazas identificadas, la atención de la emergencia se enfocará en los siguientes elementos, priorizados para garantizar una respuesta rápida y eficaz:

- **Protección de las personas (vida y salud):** La prioridad máxima es salvaguardar la vida y la integridad física de todos los involucrados, incluyendo trabajadores del proyecto, contratistas y miembros de las comunidades vecinas que puedan verse afectadas. Esto implica la activación inmediata de protocolos de evacuación, atención médica y apoyo humanitario.
- **Protección del medio ambiente:** Se dará especial atención a minimizar impactos sobre los recursos naturales cercanos al área del proyecto, incluyendo cuerpos de agua, suelos y cobertura vegetal. La preservación del entorno busca reducir daños ambientales que puedan tener efectos secundarios sobre la salud humana y la biodiversidad.
- **Protección de activos de la compañía y de terceros:** Se priorizará la seguridad de la infraestructura crítica, equipos, instalaciones y bienes de la Compañía, así como de activos de terceros que puedan verse involucrados en la emergencia, con el objetivo de limitar pérdidas materiales y facilitar la recuperación posterior.
- **Continuidad de la operación:** Una vez aseguradas la vida de las personas, la protección ambiental y la seguridad de los activos, se considerará la reanudación ordenada de las actividades del proyecto para minimizar interrupciones y garantizar la sostenibilidad de las operaciones.

Estas prioridades deben ser aplicadas de manera secuencial y coordinada, asegurando que los recursos disponibles se utilicen de manera eficiente y que la respuesta sea coherente con la magnitud y características de la emergencia.

F. Protocolos y procedimientos de respuesta ante emergencias

a. Protocolo general ante una emergencia

La activación de los equipos de emergencia se realizará conforme a los niveles de emergencia establecidos para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, tal como se presenta en la Figura 10.1.3.64. Estos niveles se determinan según el alcance y la severidad de las consecuencias asociadas al evento, incluyendo la extensión territorial afectada, el impacto sobre personas, bienes y servicios, así como los efectos sobre el medio ambiente, entre otros criterios relevantes.

Las categorías de emergencia, clasificadas desde C1 hasta C6, se derivan de la matriz de evaluación de riesgos contemplada en este PGR. La caracterización y definición de cada nivel se encuentra detallada en la Tabla 10.1.3.95 donde se establecen los parámetros que orientan la respuesta y movilización de los recursos operativos y especializados.

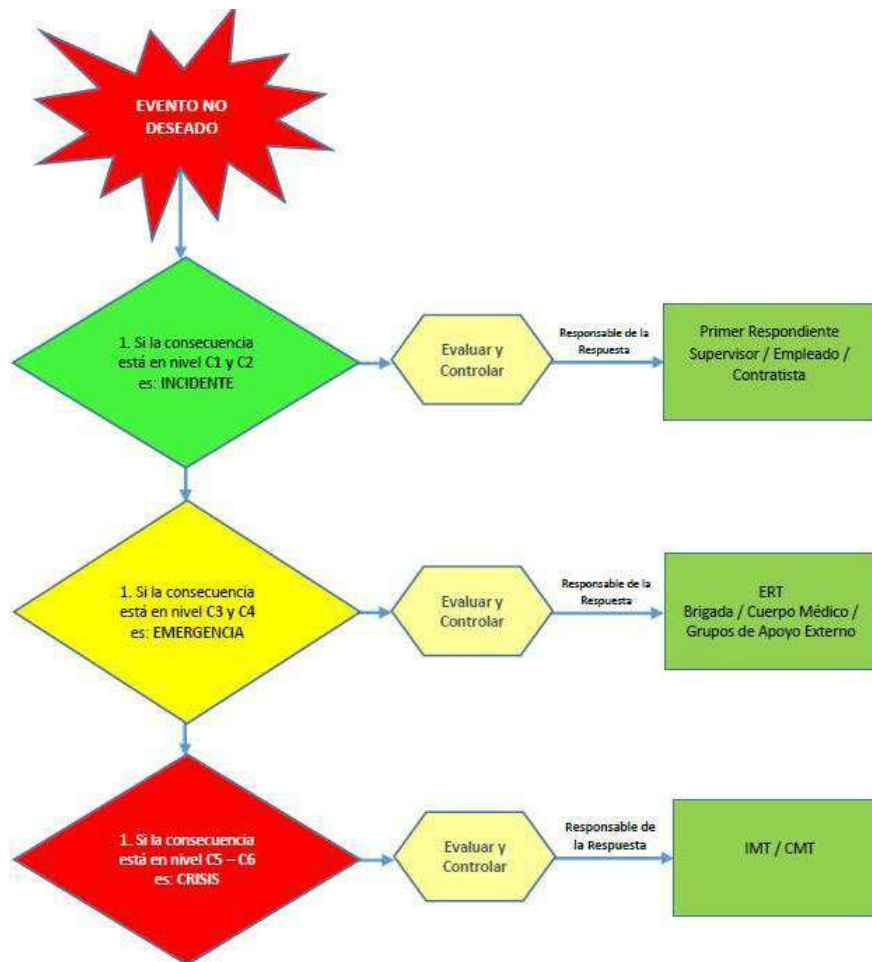


Figura 10.1.3.64 Niveles de consecuencias y activación de los equipos de emergencia

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2025

Previo a la ejecución de cualquier acción operativa, es fundamental contar con un proceso claro y ordenado que permita activar de manera oportuna los mecanismos de respuesta establecidos en el Plan de Emergencias y Contingencias del de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote. A continuación, se describe, paso a paso, las actuaciones iniciales que deben llevar a cabo el personal interno, el Centro de Monitoreo y los equipos de respuesta ante la detección de una situación de emergencia, garantizando una coordinación efectiva, la movilización adecuada de recursos y la protección de las personas, las instalaciones y el entorno. Es importante destacar que estos protocolos y procedimientos de respuesta se encuentran articulados a las Guías Tácticas de Respuesta descritos en el Anexo_PGR_Guias_Tacticas y a los Procedimientos Operativos Normalizados del proyecto dentro de los cuales se destaca, entre otros, el protocolo para la activación y movilización de equipos de respuesta a emergencias y el protocolo por activación para evacuación descritos en el Anexo_PGR_PONs.

b. Activación del Plan y Respuesta de Control

I. Notificación de la emergencia

- Cualquier miembro de la comunidad o primer respondiente deberá reportar la emergencia al Centro de Monitoreo, identificándose e indicando el tipo y la ubicación del evento.
- El Centro de Monitoreo confirma la información recibida y registra los datos en el formato oficial de reporte de emergencia.

II. Evaluación inicial y determinación de movilización del ERT

- El Centro de Monitoreo evalúa la naturaleza del evento y determina si es necesaria la activación y movilización del Equipo de Respuesta en Terreno (ERT).

III. Movilización del ERT

- Si corresponde, el Centro de Monitoreo moviliza al ERT.
- Cuando la emergencia lo amerite, también informará al personal interno clave para la gestión de recursos, equipos y apoyo operativo.

IV. Información al líder del ERT

- El Centro de Monitoreo debe informar al líder del ERT de la operación afectada.
- El líder del ERT coordina la movilización de su equipo hacia la zona del incidente.

V. Notificación a grupos externos de emergencia

- El Centro de Monitoreo contactará a las entidades externas de apoyo que se requieran según el tipo de emergencia.
- En casos de pérdida de contención de hidrocarburos o sustancias peligrosas, deberá notificarse de manera inmediata al cuerpo de bomberos y a la autoridad ambiental.
- Si se presentan afectados entre trabajadores, se realizará el reporte correspondiente al Ministerio de Trabajo, en cumplimiento del Plan Nacional de Contingencia.

VI. Activación del Sistema de Comando de Incidentes (SCI)

- Una vez los equipos arriben con capacidad operativa, deben ejecutar los pasos iniciales del SCI conforme a los protocolos establecidos.

VII. Reporte de arribo a la escena

- Al llegar al lugar del incidente, el ERT deberá informar al Centro de Monitoreo su presencia en la escena.

VIII. Asunción y establecimiento del Puesto de Comando (PC)

- Se debe designar quién asume el mando y comunicar al Centro de Monitoreo su nombre y la ubicación del Puesto de Comando.

- El PC debe ubicarse en un sitio seguro, con buena visibilidad, adecuado acceso, facilidades de comunicación, alejado del ruido y de la zona de peligro, y con espacio para ampliación si es necesario.

IX. Evaluación de la situación

La evaluación inicial debe considerar:

- Naturaleza del incidente y descripción general de lo ocurrido.
- Identificación de amenazas presentes.
- Dimensión del área afectada.
- Posibles medidas de aislamiento.
- Ubicación apropiada para el PC, el Área de Espera (E) y el Área de Concentración de Víctimas (ACV).

X. Establecimiento del perímetro de seguridad

Al definir el perímetro se debe tener en cuenta:

- Tipo de incidente y extensión del área afectada.
- Condiciones topográficas y ambientales.
- Relación del incidente con vías de acceso y zonas disponibles cercanas.
- Riesgos adicionales (deslizamientos, explosiones, caída de escombros, cables energizados, entre otros).
- Identificación de rutas de ingreso y salida de vehículos.
- Coordinación con el organismo de seguridad correspondiente para el aislamiento perimetral.
- Solicitar el retiro de todas las personas no autorizadas dentro de la zona de impacto.

XI. Establecimiento de objetivos y estrategias de respuesta

- Los objetivos deben ser específicos, observables, alcanzables y evaluables.
- Las estrategias constituyen los métodos para lograr dichos objetivos, orientando las acciones del equipo de respuesta.

XII. Organización de grupos de trabajo

Se conformarán los grupos necesarios según la naturaleza del evento, incluyendo:

- Contraincendios
- Primeros auxilios
- Evacuación y rescate
- Hazmat
- Equipos de relevo u otros que se requieran

XIII. Identificación de recursos, equipos e instalaciones de apoyo

- Determinar la ubicación del Área de Espera (E) y del Área de Concentración de Víctimas (ACV).
- Identificar los recursos, equipos y apoyo logístico necesarios.

- Solicitar dichos recursos a través del líder del ERT y del Coordinador de Emergencias.

XIV. Control y mitigación del evento

Las acciones de control pueden incluir:

- Extinción y control de incendios.
- Atención de víctimas o personas lesionadas.
- Rescate de personas atrapadas.
- Contención y control de fugas o derrames de materiales peligrosos.

XV. Evaluación posterior al incidente e inventario de recursos

- Una vez controlada la emergencia, se asignará un equipo preventivo para mantener la vigilancia hasta que el líder del ERT declare completamente superada la situación.
- Finalizadas las acciones operativas, se realizará una reunión de evaluación para analizar el desarrollo de las operaciones, las dificultades presentadas y lecciones aprendidas.
- Se realizará un inventario de equipos y recursos utilizados.

XVI. Elaboración y envío del reporte de emergencia

- Concluida la emergencia, el Operador del Centro de Monitoreo deberá diligenciar y remitir el Reporte de Información de Emergencia según el formato establecido.

c. Plan de Atención Médica de Emergencia (PAME)

El PAME establece los lineamientos para la atención médica inmediata de las víctimas de un siniestro o emergencia, e incluye los siguientes componentes:

I. Atención en sitio

- La instalación deberá garantizar la capacidad mínima para ofrecer:
- Soporte Básico de Vida (BLS) en un tiempo máximo de 3 minutos.
- Soporte Avanzado de Vida (ALS) en un tiempo máximo de 7 minutos.
- Deben existir opciones confiables para la movilización y transporte de víctimas o pacientes.

II. Atención en centros especializados externos

- Se debe prever la remisión de víctimas a centros especializados y/o profesionales especialistas, estén o no adscritos a los servicios médicos del proyecto, según la gravedad del evento y la condición de los afectados.

G. Medidas de atención a contingencias

Para la adecuada atención de los eventos de riesgo identificados en el Proyecto Gramalote, se desarrollaron Guías Tácticas de Respuesta, las cuales constituyen herramientas operativas complementarias al Plan de Emergencias y Contingencias. Su propósito es estandarizar la actuación del personal frente a escenarios específicos, mediante la descripción clara de las características del evento, un resumen situacional, los riesgos

asociados, las medidas de seguridad aplicables y los procedimientos de emergencia que orientan la respuesta inmediata y coordinada.

Las Guías Tácticas actualmente definidas para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote contemplan los siguientes escenarios de riesgo:

- Incendio en líquidos inflamables
- Emergencias por gases inflamables
- Incendio forestal en montes bajos o pastos
- Fuga de líquidos en tierra
- Derrame de líquidos en cuerpos de agua
- Incendios estructurales de baja magnitud
- Atentados o amenazas de atentados
- Sismos

Estas guías se incluyen como anexo técnico del presente Plan de Emergencias y Contingencias, específicamente en el Anexo_PGR_Guías_Tacticas a Emergencias, para su consulta, actualización y aplicación durante la preparación y atención de incidentes.

De manera complementaria a las Guías Tácticas de Respuesta y con el propósito de fortalecer la gestión integral de emergencias, el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote ha establecido un conjunto de Procedimientos Operativos Normalizados (PON). Estos procedimientos describen de forma detallada las acciones que deben ejecutarse ante la materialización de diversos escenarios de riesgo, garantizando su articulación con el Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y contribuyendo a la estandarización de la respuesta institucional. Los PON definidos para el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote son los siguientes:

- Protocolo para la activación y movilización de equipos de respuesta a emergencias
- Protocolo para inundaciones y deslizamientos
- Protocolo para emergencias atmósferas irrespirables
- Protocolo para emergencias de rescate técnico
- Protocolo para respuesta a emergencias sociales (asuntos corporativos)
- Protocolo para respuesta a emergencias sociales (relacionamiento comunitario)
- Protocolo para activación por siniestro o accidente vial
- Protocolo para activación para el control de derrames
- Protocolo por activación por falla mecánica
- Protocolo por activación para evacuación

Los anteriores protocolos listados, obedecen a fortalecer de manera integral los mecanismos de reacción y atención de emergencias que se puedan presentar en el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote y cada uno de estos se encuentra descrito ampliamente en el Anexo_PGR_PONs.

H. Evaluación de la contingencia

La evaluación de la contingencia es un proceso estructurado que permite analizar, de manera técnica y objetiva, los efectos reales que dejó un incidente una vez ha sido controlado. Su relevancia radica en que no solo identifica los impactos generados sobre el medio ambiente y las condiciones sociales y operativas, sino que también ofrece

información clave para determinar las causas, la magnitud del daño y la eficacia de la respuesta implementada. Este análisis posterior se convierte en un insumo fundamental para la mejora continua, ya que permite ajustar el Plan de Emergencias y Contingencias, optimizar los procedimientos de prevención y fortalecer la capacidad del proyecto para enfrentar futuros eventos con mayor eficiencia y menor afectación.

- Una vez controlada y superada la contingencia, es indispensable realizar una evaluación ambiental integral, con el fin de identificar y cuantificar los efectos reales generados sobre los componentes abiótico, biótico y socioeconómico del entorno.
- Esta evaluación permite consolidar información estadística y analítica que contribuya a mejorar el entendimiento de las contingencias, su comportamiento y sus impactos, facilitando el diseño y la implementación de mecanismos de prevención y de mejora continua. Para tal fin, se recomienda:
- Elaborar un reporte completo de la contingencia, que permita documentar adecuadamente el evento y sirva como registro histórico para auditorías internas y revisiones de las entidades externas competentes. Este reporte debe incluir los formularios establecidos para la descripción del evento, la evaluación de los daños y la verificación de la efectividad del Plan de Contingencia.
- Generar un informe evaluativo detallado, que compile todas las observaciones relacionadas con los aspectos operativos, los problemas encontrados, la pertinencia de las acciones implementadas y la efectividad de los tiempos de respuesta.
- Registrar información clave del evento, incluyendo fecha y hora, persona que realizó el reporte inicial, condiciones climáticas, distancia al centro poblado más cercano, causa probable y cualquier otro dato relevante que permita reconstruir el evento y analizar su evolución.

I. Instrucciones para operadores y visitantes

a. Lineamientos generales para todo el personal

Antes

- Conocer y comprender el Plan de Manejo de Emergencias y Contingencias (PEC), incluyendo las rutas de evacuación correspondientes a su zona de trabajo y los protocolos establecidos para distintos tipos de emergencia.
- Identificar la estructura, roles y responsables de la Brigada de Emergencias en el área donde desarrolla sus actividades.
- Participar de manera comprometida en los entrenamientos, simulacros y demás acciones del Plan de Atención de Emergencias.
- Cumplir rigurosamente con las disposiciones del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) implementado en el proyecto.
- Mantener su espacio de trabajo limpio, ordenado y libre de obstáculos que puedan dificultar una evacuación o generar incidentes.
- Informar oportunamente cualquier situación, condición insegura o daño potencial que pueda dar origen a una emergencia o afectar la integridad de instalaciones, equipos o maquinaria.
- Revisar y actualizar periódicamente los procedimientos de atención de emergencias asociados a su área de trabajo, asegurando su comprensión y correcta aplicación.

Durante

- Acatar de manera inmediata y sin excepción las instrucciones emitidas por la Brigada de Emergencias; evitar ejecutar maniobras no autorizadas o para las cuales no se encuentra capacitado, y solicitar apoyo cuando sea necesario.
- No interferir con las labores de control, rescate o actividades de evacuaciones realizadas por la Brigada.
- Dirigirse sin demora al punto de encuentro asignado para su sector, siguiendo las rutas de evacuación señalizadas.
- En caso de evacuar acompañado de un grupo distinto al habitual, informar al Coordinador de Evacuación correspondiente para su adecuado registro.
- Brindar acompañamiento a contratistas o visitantes que desconozcan la distribución del sitio o los procedimientos de emergencia.
- Reportar cualquier novedad, incluida la ausencia de personas, durante el proceso de verificación y conteo en el punto de encuentro.
- Abstenerse de emitir declaraciones a medios de comunicación o de difundir información no confirmada que pueda generar confusión o alarma.

b. Instrucciones específicas para visitantes

- Identificar las rutas de evacuación y los puntos de encuentro establecidos antes de iniciar cualquier actividad dentro del área del proyecto.
- Evitar ingresar a zonas restringidas o para las cuales no cuente con autorización expresa.
- Atender estrictamente las indicaciones del personal de apoyo en emergencias; no ejecutar acciones para las que no haya sido instruido y solicitar asistencia calificada cuando lo requiera.

J. Divulgación del PEC

El Plan de Manejo de Emergencias y Contingencias debe ser comunicado de manera amplia, clara y continua a todo el personal interno, contratistas, comunidades vecinas, autoridades locales y otros actores involucrados en la gestión del riesgo en la zona. Es fundamental garantizar que la información proporcionada sea oportuna, veraz y completa, de modo que todas las partes comprendan sus responsabilidades y las acciones previstas en el plan. Entre las principales estrategias de divulgación se incluyen:

- Fomentar la participación activa: Se realizarán talleres, reuniones y otros espacios de interacción para presentar el plan a las partes interesadas y potencialmente afectadas, asegurando su comprensión y efectividad en la gestión de emergencias.
- Capacitación de personal especializado: Se identificará y entrenará a personal calificado, tanto interno como externo, en gestión del riesgo, asegurando que conozcan las medidas, objetivos y procedimientos del plan y promoviendo la coordinación y cooperación para la atención oportuna de emergencias.
- Comunicación constante y clara de riesgos: Se difundirá de manera sencilla, repetitiva y comprensible la información sobre situaciones de riesgo y sus medidas de prevención y mitigación al personal del proyecto, empleando material audiovisual y colocándolo en áreas estratégicas de la planta e instalaciones.

- Evaluación de comprensión y aceptación: Se aplicarán formatos y encuestas de evaluación para medir la efectividad del programa y la comprensión del plan por parte de todos los involucrados.
- Gestión de expectativas comunitarias: Se informará de manera transparente sobre los alcances del proyecto y los acuerdos establecidos con las autoridades, evitando la generación de expectativas que no correspondan a la realidad del plan o del proyecto.
- Garantía de personal calificado: Todas las actividades de divulgación y capacitación estarán a cargo de profesionales con experiencia en trabajo comunitario y gestión de emergencias, asegurando una comunicación efectiva y responsable.

Esta estrategia de divulgación busca fortalecer la preparación, coordinación y respuesta frente a emergencias, promoviendo un entorno seguro tanto para el personal del proyecto como para las comunidades vecinas y otros actores relacionados.

K. Actualización del PEC

El Plan de Manejo de Emergencias y Contingencias (PEC) será sujeto a revisiones y actualizaciones periódicas con el fin de identificar oportunidades de mejora, fortalecer los acuerdos de cooperación, planificar acciones de respuesta más efectivas, implementar procedimientos de actuación más oportunos, aplicar técnicas de control innovadoras y garantizar funciones operativas más eficientes y seguras frente a las amenazas identificadas.

En caso de presentarse una emergencia, se deberá realizar una evaluación integral de la respuesta y de la efectividad del plan. Esta evaluación permitirá identificar aspectos clave que sirvan para la reformulación y el rediseño del PEC, asegurando que se mantenga actualizado y alineado con las necesidades reales del proyecto y de las comunidades vecinas. Para llevar a cabo esta evaluación se deben analizar los siguientes elementos:

- Niveles de respuesta desplegados por el Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.
- Análisis de riesgos operacionales y naturales presentes en el área de influencia del proyecto.
- Definición de funciones y responsabilidades dentro de la organización del Plan de Contingencia.
- Coordinación y articulación con el CMGRD (Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de San Roque).
- Canales de comunicación utilizados para informar al personal interno y a la comunidad sobre la emergencia.
- Disponibilidad y estado de los equipos destinados al control de emergencias.
- Programa de entrenamiento y simulacros realizados, así como su efectividad.
- Estructuración del Plan Informático, incluyendo información crítica de áreas estratégicas y listados de autoridades, entre otros.

Las lecciones aprendidas y experiencias obtenidas durante la ejecución del PEC deberán compartirse con todas las personas involucradas en el manejo y control de emergencias en las diferentes áreas del proyecto. Además, se realizará, como mínimo, una revisión y actualización anual del plan, evaluando su funcionalidad, pertinencia y efectividad en la

respuesta ante emergencias, asegurando que continúe cumpliendo con los estándares de seguridad y gestión de riesgos establecidos.

10.1.3.3 Plan Informático

El Plan Informático define los lineamientos y protocolos para la gestión de la información y la logística necesaria durante la atención de una emergencia. Este plan incluye los datos de contacto del personal clave para la respuesta tanto interno como externo, entre ellos los integrantes del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de San Roque y el Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Antioquia. Asimismo, incorpora los acuerdos de ayuda mutua, el inventario de recursos y equipos disponibles, y demás elementos informativos esenciales para asegurar que los planes estratégico y operativo se ejecuten de manera oportuna, coordinada y eficiente.

El Plan Informático, por tanto, actúa como un soporte fundamental para la organización y flujo de la información crítica, garantizando que todas las partes involucradas cuenten con datos actualizados, confiables y accesibles para una respuesta efectiva ante cualquier escenario de emergencia.

A. Plan de información y comunicación interna

La puesta en marcha del sistema de comunicaciones a lo largo de todas las fases del proyecto es fundamental para asegurar una respuesta eficaz ante cualquier evento contingente y para facilitar la recuperación de los componentes afectados.

- Se implementarán tanto medios de comunicación fijos como móviles. Los dispositivos móviles deberán ubicarse en los frentes de obra y estarán bajo la responsabilidad del ingeniero a cargo y de los contratistas que operan en cada zona.
- Los equipos fijos se instalarán en los espacios con presencia operativa permanente, como las áreas de infraestructura, talleres, oficinas administrativas, centros de atención a la comunidad y el centro de salud.
- El sistema de comunicaciones del plan de contingencias contará con una central de control situada en la oficina principal del proyecto, desde donde se coordinarán todas las acciones de respuesta ante un evento inesperado.
- Esta central mantendrá comunicación directa con los distintos frentes de obra, los municipios involucrados, el centro de salud del proyecto y las demás dependencias relacionadas.
- El proyecto dispondrá de líneas telefónicas y radios portátiles en cada frente de obra, así como en las áreas de infraestructura y en todas las oficinas. Se recomienda priorizar el uso de radios y telefonía celular como dispositivos móviles principales.

Asimismo, los miembros del equipo de respuesta a emergencias deberán contar con un directorio actualizado que incluya los números de contacto del personal participante y de las entidades de apoyo. Además, el sistema deberá integrar unidades móviles equipadas con dispositivos de radiofrecuencia enlazados con la Base de Comunicaciones ubicada en la oficina principal, la cual, a su vez, deberá mantener comunicación bidireccional con el Centro de Atención de la Emergencia.

a. Plan para el manejo de las comunicaciones de emergencias

El objetivo es asegurar que el personal responsable de atender una emergencia en el proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote disponga de los lineamientos esenciales para el manejo de las comunicaciones durante un evento, de manera que se garantice una interacción clara y oportuna antes, durante y después de la situación de emergencia.

b. Flujo de las Comunicaciones en el Modelo del Comando de Incidentes para el Proyecto Gramalote

En el proyecto, las comunicaciones bajo el modelo de Comando de Incidentes (IC) operan de forma vertical, siguiendo la estructura jerárquica y el flujo establecido de autoridad. Paralelamente, se mantiene un flujo de comunicación horizontal entre los grupos que se encuentran en un mismo nivel organizacional.

El Equipo de Respuesta a Emergencias (ERT) debe emplear un lenguaje unificado, claro y preciso, evitando el uso de códigos o abreviaturas, con el fin de garantizar que la información transmitida sea coherente y comprensible para todos los involucrados. En este marco, se distinguen dos modalidades de comunicación: formal e informal. La comunicación informal se utiliza exclusivamente para el intercambio de información relacionada con el incidente. Por su parte, la comunicación formal constituye el estándar dentro de los Equipos de Emergencia y se emplea para los siguientes fines:

- Recibir y asignar tareas operativas.
- Solicitar apoyo o recursos adicionales.
- Reportar el avance de las actividades en ejecución.

c. Notificación interna y externa

El Centro de Monitoreo ejecuta el Protocolo de Notificación de Emergencias, mediante el cual activa y moviliza al Equipo de Respuesta a Emergencias (ERT) del proyecto incluyendo la brigada de emergencia, el personal médico y los grupos de apoyo interno especializado. Asimismo, se contacta a las entidades externas y a los organismos de ayuda mutua cuando la situación lo requiera.

Según la magnitud de la emergencia, puede ser necesario solicitar la intervención de organizaciones locales, regionales o nacionales. La notificación a estas instancias será realizada por el puesto local de emergencia, siguiendo el orden establecido en la Figura 10.1.3.65.

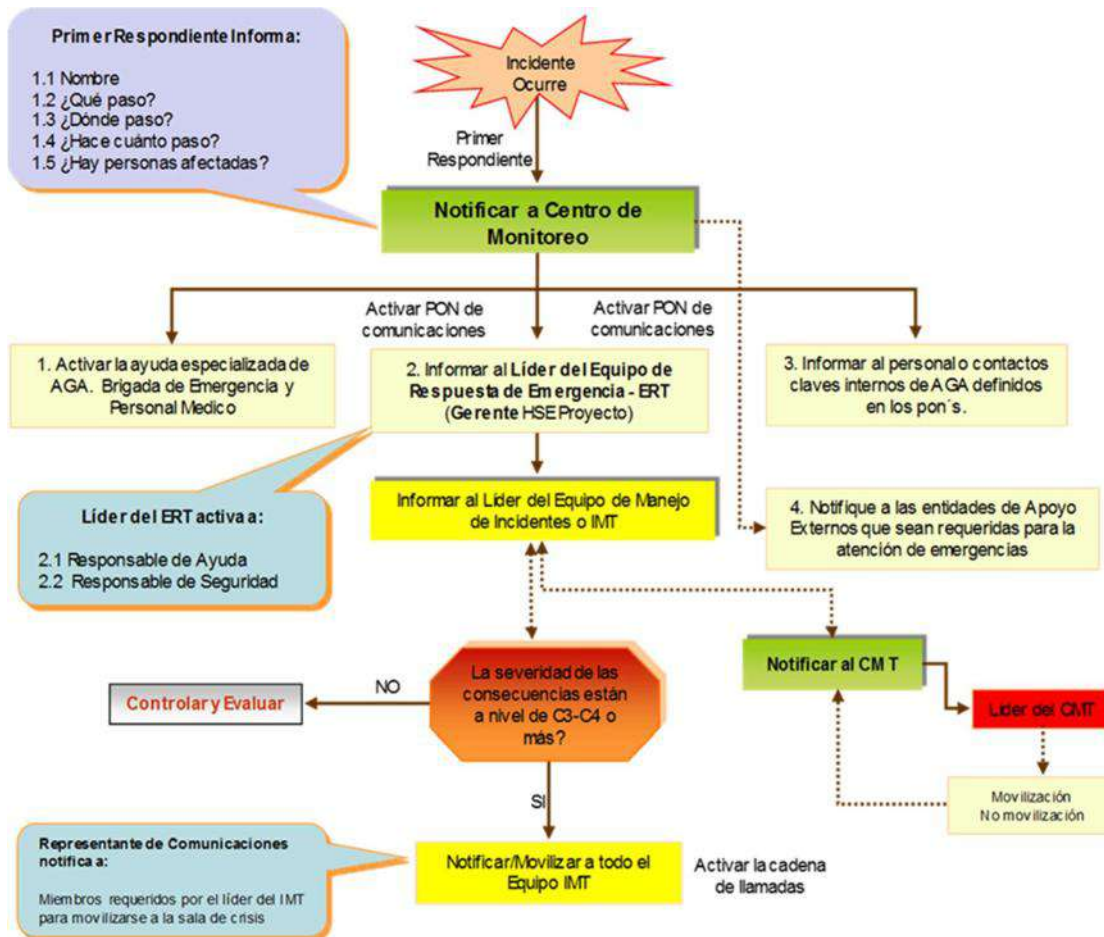


Figura 10.1.3.65 Activación y Notificación General de Emergencias

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2025

Procedimiento en la comunicación

Tabla 10.1.3.113 Procedimientos de Comunicación

Medio	Procedimiento	Momento de realización
Oral	Activación de la emergencia (llamado al personal clave, activación de alarma sonora, radio u otra señal sonora disponible en el lugar de trabajo).	Una vez inicia la emergencia.
	Comunicaciones en la atención a la emergencia	Durante la atención de la emergencia
Escrito	Notificación	Una vez ocurrida la emergencia
	Formatos para el reporte de emergencias	Durante y después de la emergencia

Fuente: Integral S.A., 2025

Los canales a través de los cuales se notifican las emergencias en el proyecto se presentan en la Figura 10.1.3.66. Es importante destacar que, al momento de realizar la notificación por los canales internos, la información debe comunicarse de manera clara y precisa, atendiendo los siguientes cinco lineamientos:

- Nombre
- ¿Qué pasó?
- ¿Dónde pasó?
- ¿Hace cuánto pasó?
- ¿Hay personas afectadas?



Figura 10.1.3.66 Canales de notificación de emergencias

Fuente: Plan de Emergencias SITE 2025

B. Plan de información de contacto de actores externos

La gestión del riesgo de desastres articula diferentes actores en torno a la gestión a nivel local, municipal, regional y nacional, dentro de las que intervienen cuerpos de bomberos, policía militar, cruz roja, hospitales, defensa civil, entre otras. En la tabla QQ se listan los

contactos de actores externos vinculados a los procesos de gestión del riesgo, con los cuales el proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

Tabla 10.1.3.114 Contacto de actores externos de la gestión del riesgo.

Institución	Encargado	Datos de contacto
CMGRD San Roque	Marco Rincón	3136273135
DAGRAN	--	604 3838850 - 123
Cuerpo de bomberos San Roque	Comandante Milena Castillo	3117359500 3244313425
Cuerpo de bomberos Cisneros	Comandante Mónica Agudelo	3136423016 3107028310
Cuerpo de bomberos Puerto Berrío	Comandante William Isaza	3106504958 3108905338
Hospital San Roque	--	6048656735 EXT 1007- 3117198595
Hospital Maceo	--	6048640231 EXT 114 310 414 0045 Urgencias
Hospital Cisneros	--	6048631525
Centro de Salud Providencia	--	6048657915
Centro de Salud Cristales	--	0948631847
Estación de Policía San Roque	--	3117468076
Cornare	Sede Principal	(604) 5461616 -5201170 ext. 214
Cornare	Regional Porce-Nus	(604) 5461616 -5201170 ext. 706
Cruz Roja	Sede Medellín	(604) 350 53 00 - 3007098112 WhatsApp
Defensa Civil	Gloria Ramírez	2852018
Vinus sst	Esteban Cifuentes	8603102-3206969704
Emergencias Vinus	--	18000413724

Fuente: Integral S.A., 2025

C. Equipamiento para la atención de emergencias

Para garantizar una respuesta eficaz ante situaciones de emergencia, el proyecto 'Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote' contará con los equipamientos detallados en la Tabla 10.1.3.115. Estos recursos han sido seleccionados para atender de manera oportuna y segura cualquier eventualidad que pueda presentarse durante las fases de construcción, operación y cierre del proyecto, en concordancia con los protocolos establecidos y la normativa vigente.

Tabla 10.1.3.115 Equipamientos para la atención de emergencias

Equipamiento	Cantidad		
	Construcción	Operación	Cierre
Ambulancia	2	1	1
Camillas tipo najo	20	20	10
Botiquín de atención pre-hospitalaria	5	20	5
Equipo autónomo de respiración	-	20	5
Sistema de Alarmas de evacuación	1	1	1

Equipamiento	Cantidad		
	Construcción	Operación	Cierre
Mangueras certificadas y accesorios	10	10	10
Motobombas y sistema de conexión	2	2	1
Trajes contra incendio (completos: botas, casco, monjas y guantes)	15	15	5
Radios portátiles para comunicación (Motorola)	10	10	5
Megáfonos	10	10	10
Vehículos de transporte soporte a emergencias	2	2	1
Kit Elementos de demarcación y señalización (cinta, conos, paletas, luces)	100	50	20
Kit de derrames	750	110	35
Instalación del Sistema de Protección Contra Incendio (Tomado de: Anexo 11_3_Sistema_Contra_Incendios del EIA)	1	-	-
Extintores PYRo CHEM (20 libras)	140	120	120
Extintores – Dióxido de carbono (20 libras)	140	120	120

Fuente: Gramalote Colombia Limited, 2025

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, R. D. (2015). *Calibración de los parámetros detonantes de la Metodología SES (1989) aplicada en la generación de un escenario de amenaza por deslizamientos en la ciudad de Cartagena*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

AngloGold Ashanti, A. (2015). *Guías para la gestión de riesgos del grupo AGA. Versión 2.0*. Colombia.

Arcila, M. G. (2020). *Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia*. Bogotá.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). *NSR-10 - Título A - Requisitos generales de diseño y construcción sísmo resistente*. Bogotá: AIS.

Borga, M., Stoffel, M., Marchi, L., Marra, F., & Jakob, M. (2014). Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: Flash floods and debris flows. *Journal of Hydrology*, 194 - 205.

Botta, N. A. (Febrero de 2025). *Dinámica de las Explosiones Industriales*. Rosario, Argentina: Editorial Red Proteger.

CDA. (2019). *Technical Bulletin: Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams*. Canadian Dam Association.

CDGRD, C. D. (2018). *Estrategia Departamental de Respuesta a Emergencias EDRE del Departamento de Antioquia*. Medellín, Antioquia.

CDPMIF, C. D. (2019). *Informes de Gestión Anual 1999 al 2016*. Bogotá D.C., Colombia.

CEPAL. (Febrero de 2014). *Manual para la Evaluación de Desastres*. *Manual para la Evaluación de Desastres*. Santiago de Chile, Chile.

CMGRD, C. M. (Agosto de 2017). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de San Roque*. *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de San Roque*. San Roque, Antioquia, Colombia.

CMGRD, C. M. (2017). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de San Roque*. San Roque, Antioquia.

CORNARE. (2014). *Acuerdo No. 312 del 4 de septiembre de 2014 por medio del cual se delimita, reserva y declara Reserva Forestal Protectora Regional La Montaña*. *Corporación Autónoma Regional del Nordeste de Antioquia*.

Cornare, C. A. (Agosto de 2025). *Informe de Resultados de la Vulnerabilidad y El Riesgo Climático de Gramalote Colombia Limitada. Fase 2 Proyecto de Actualización de la Vulnerabilidad y el Riesgo Climático en la Jurisdicción de Cornare*. Medellín, Antioquia, Colombia.

DAPARD, D. A. (2018). *Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres*. *Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres del Departamento de Antioquia*. Medellín, Antioquia, Colombia.

Decreto 2157, P. d. (20 de Diciembre de 2017). Decreto 2157 de 2017. *Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012*. Bogotá, Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. (2018). *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE)*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2023, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/nacimientos-y-defunciones>

DPN, D. N. (2020). Metodologías para Desarrollar Análisis y Evaluación del Riesgo de Desastres. *Metodologías para Desarrollar Análisis y Evaluación del Riesgo de Desastres*. Bogotá D.C., Colombia.

EOT, A. M. (Diciembre de 2019). Revisión general y ajuste del esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio de Yolombó. Yolombó, Colombia.

FAO & Gobernación de Antioquia. (2018). Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia. Bogotá, Colombia: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/PNACC/PIGCCT%20Antioquia.pdf>.

FIRMS, F. I. (2025). *Fire Information for Resource Management System*. Obtenido de <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

Gobernación de Antioquia. (2021). Formulación del Plan de Adaptación al Cambio Climático desde Salud Ambiental para Antioquia 2021 - 2031. Medellín, Colombia: <https://dssa.gov.co/images/2022/documentos/PACCSA.pdf>.

Golder . (2022). *SITE-SPECIFIC PROBABILISTIC - DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT AND ACCELERATION TIME HISTORIES (Gramalote TSF Dam Site, Antioquia, Colombia)*. Atlanta: Golder.

Golder Associates USA Inc. (2022). *SITE-SPECIFIC PROBABILISTIC - DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT AND ACCELERATION TIME HISTORIES (Gramalote TSF Dam Site, Antioquia, Colombia)*. Atlanta.

Gramalote Colombia Limited, G. (2023). Huella de Carbono Proyecto Minero Gramalote. *Reporte de Emisiones Gases de Efecto Invernadero (GEI)* . San Roque, Antioquia, Colombia.

Ideam. (2024). Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. Gases de Efecto Invernadero (1990-2021). Contaminantes Criterio y Carbono Negro (2010-2021). *Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. Gases de Efecto Invernadero (1990-2021). Contaminantes Criterio y Carbono Negro (2010-2021)*. Bogotá D.C., Colombia: ISBN (digital): 978-958-5489-33-2.

IDEAM. (Diciembre de 2025). *Monitoreo de puntos de calor en Colombia*. Obtenido de [https://puntosdecalor.ideam.gov.co/?from_date=2025-12-16&to_date=2025-12-17&extent=\(6.555474602201876_-85.01220703125_-5.353521355337321_-63.50097656250001\)®ion=colombia](https://puntosdecalor.ideam.gov.co/?from_date=2025-12-16&to_date=2025-12-17&extent=(6.555474602201876_-85.01220703125_-5.353521355337321_-63.50097656250001)®ion=colombia)

Ideam, I. d. (2025). *Ideam*. Obtenido de IDEAM <http://www.ideam.gov.co/>

Ley 1523, C. d. (24 de Abril de 2012). Ley 1523 de 2012. *Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.* Bogotá, Colombia.

Millán, J. & González, A. (2001). *Evaluación de la acción del hombre en los estudios de amenaza y riesgo por deslizamiento en Bogotá (Colombia).* Bogotá: III Simposio Panamericano de Deslizamientos.

MinEnergía, M. d. (Abril de 2022). Política de Seguridad Minera. Bogotá D.C, Colombia: https://www.minenergia.gov.co/documents/6027/Pol%C3%ADtica_Nal.Seguridad_Minera_ajustada_vrs_MAL_29032022_2__01042022_comentario_9egb6kZ.pdf.

Miniambiente, M. d. (30 de Diciembre de 2021). Definiciones de la Evaluación de Daños y Necesidades Ambientales - EDANA. Bogotá D.C., Colombia.

Naciones Unidas. (Junio de 1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Río de Janeiro, Brasil.

Paris, G. M. (2000). *Map and database of Quaternary faults and folds in Colombia and its offshore regions.* USGS.

Pascual, D. A., Toro, F. H., Alonso, F. G., Rivas, M. M., & Rocha, J. D. (2011). Incendios de la Cobertura Vegetal en Colombia, Tomo 1 . *Incendios de la Cobertura Vegetal en Colombia, Tomo 1* . Cali: ISBN de la obra completa: 978-958-8713-02-1.

Ramirez F; González A.J. (1989). *Sistema Semicuantitativo de Evaluación a Escala Intermedia de Zonas Homogéneas de Estabilidad- I.* Paipa: Simposio Suramericano de Deslizamientos.

RAMIREZ, F., & GONZALEZ, A. (1989). Sistema Semicuantitativo de Evaluación a Escala Intermedia de Zonas Homogéneas de Estabilidad. *Simposio Suramericano de Deslizamientos.*

Ramírez, F., & González, A. J. (1989). *Evaluación de estabilidad para zonas homogéneas. Simposio Suramericano de deslizamiento.* Paipa-Colombia.

SARA. (2016). *South America Risk Assessment (SARA) Hazardous Crustal Fault Database.* Obtenido de <https://sara.openquake.org/start>

Servicio Geológico Colombiano - SGC. (06 de Julio de 2022). *Sismicidad histórica de Colombia.* Obtenido de Sismicidad histórica de Colombia: <http://sish.sgc.gov.co/visor/>

Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Memoria Explicativa del mapa de geomorfología para movimientos en masa de la plancha 132 Yolombó departamento de Antioquia - Versión 2.* Bogotá.

SGC, S. G. (2025). *Sismos SGC.* Obtenido de <https://www.sgc.gov.co/sismos>

UNGRD. (2016). *Guía metodológica para el desarrollo de simulaciones y simulacros.* Bogotá D.C.

UNGRD. (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes.* Bogotá, D.C, Colombia: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/20761/Ter>

minologia-GRD-

2017.pdf;jsessionid=CE6F0B43A0B9DF9AF8FBF52AB97FD2BB?sequence=2.

UNGRD. (Julio de 2018). Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. *Lo que usted debe saber sobre riesgo tecnológico*. Bogotá D.C., Colombia: https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/27100/Riesgo_Tecnologico.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

UNGRD. (01 de febrero de 2022). Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. *Riesgo por Inundaciones - Caracterización General*. Bogotá D.C., Colombia: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/36815/Riesgo%20por%20inundaciones.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.

UNGRD. (2025). Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. *Inundaciones*. Bogotá D.C.: <https://www.gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/pagina.aspx?id=144>.

USGS, U. S. (2025). *Lastes Earthquakes*. Obtenido de <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/>