



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
“ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141”

# CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA CAPÍTULO 3

3.2. Medio abiótico

3.2.8. Geotecnia



## CONTENIDO

	Pág.
3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	1
3.2 MEDIO ABIÓTICO .....	1
3.2.8 Geotecnia .....	1
3.2.8.1 Metodología para la determinación de la zonificación geotécnica .....	1
3.2.8.1.1 Análisis de la información secundaria.....	2
3.2.8.1.2 Fotointerpretación de los procesos morfodinámicos .....	3
3.2.8.1.3 Etapa de campo (Recopilación de la información primaria) .....	5
3.2.8.1.4 Etapa poscampo (Elaboración del informe técnico) .....	8
3.2.8.2 Zonificación geotécnica.....	23
3.2.8.2.1 Determinación de la susceptibilidad general del terreno ante los procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa (ST) .....	24
3.2.8.2.2 Determinación de la zonificación geotécnica.....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.2.8-1	Relación de la información secundaria recopilada en el área de influencia del "Área de Desarrollo Llanos 141" ..... 2
Tabla 3.2.8-2	Especificaciones de la imagen utilizada en la fotointerpretación de los procesos morfodinámicos en el área de influencia..... 3
Tabla 3.2.8-3	Inventario de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia en la fase de fotointerpretación ..... 3
Tabla 3.2.8-4	Inventario de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia en la fase de fotointerpretación ..... 5
Tabla 3.2.8-5	Consolidación del Inventario de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia ..... 9
Tabla 3.2.8-6	Categorías y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables empleadas ..... 24
Tabla 3.2.8-7	Intervalos para categorizar la Susceptibilidad del terreno (ST) ante fenómenos de remoción en masa ..... 25
Tabla 3.2.8-8	Valores de susceptibilidad por Litología (SL) en el área de influencia ..... 26
Tabla 3.2.8-9	Valores de susceptibilidad por geomorfología (SG) en el área de influencia ..... 28
Tabla 3.2.8-10	Valores de susceptibilidad por Hidrogeología (SHG) en el área de influencia ..... 30
Tabla 3.2.8-11	Valores de susceptibilidad por Cobertura de la Tierra (SC)..... 32
Tabla 3.2.8-12	Valores de susceptibilidad por Densidad de Drenajes (SD) en el área de influencia ..... 34
Tabla 3.2.8-13	Ponderación de fallas según tipo (SF) ..... 36
Tabla 3.2.8-14	Valores de susceptibilidad por Pendientes (SP) en el área de influencia ..... 38
Tabla 3.2.8-15	Valores de susceptibilidad por Intensidad de Erosión (SE) en el área de influencia ..... 39
Tabla 3.2.8-16	Susceptibilidad a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia donde se enmarca el proyecto ..... 41
Tabla 3.2.8-17	Valor factor detonante sismicidad (FS) en el área de influencia..... 44
Tabla 3.2.8-18	Valores de susceptibilidad por factor detonante precipitación (FP) en el área de influencia ..... 45
Tabla 3.2.8-19	Categorías para la Zonificación Geotécnica (ZG)..... 46
Tabla 3.2.8-20	Zonificación Geotécnica (ZG) en el área de influencia del AD llanos 141..... 47

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.2.8-1	Fotointerpretación de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia donde se enmarca el proyecto ..... 4
Figura 3.2.8-2	Verificación de algunos de los procesos morfodinámicos identificados en la etapa precampo e identificación de nuevos procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia donde se enmarca el proyecto ..... 7
Figura 3.2.8-3	Inventario de los procesos morfodinámicos en el área de influencia donde se enmarca el proyecto ..... 23
Figura 3.2.8-4	Susceptibilidad por litologías (SL) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 26
Figura 3.2.8-5	Mapa de susceptibilidad por litología (SL) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 27
Figura 3.2.8-6	Mapa de susceptibilidad por geomorfología (SG) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 29
Figura 3.2.8-7	Mapa de susceptibilidad por geomorfología (SG) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 29
Figura 3.2.8-8	Susceptibilidad por hidrogeología (SHG) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 31
Figura 3.2.8-9	Mapa de susceptibilidad por hidrogeología (SHG) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 31
Figura 3.2.8-10	Mapa de susceptibilidad por cobertura de la tierra (SC) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 33
Figura 3.2.8-11	Mapa de susceptibilidad por cobertura de la tierra (SC) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 34
Figura 3.2.8-12	Susceptibilidad por densidad del drenaje (SD) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 35
Figura 3.2.8-13	Mapa de susceptibilidad por densidad del drenaje (SD) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 35
Figura 3.2.8-14	Susceptibilidad por densidad de fallas (SF) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 37
Figura 3.2.8-15	Mapa de susceptibilidad por densidad de fallas (SF) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 37
Figura 3.2.8-16	Susceptibilidad por pendientes (SP) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 38
Figura 3.2.8-17	Mapa de susceptibilidad por pendientes (SP) a la generación de fenómenos de remoción en masa (por Pendientes -SP) en el área de influencia ..... 39
Figura 3.2.8-18	Susceptibilidad por intensidad de erosión (SE) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 40
Figura 3.2.8-19	Mapa de susceptibilidad por Intensidad de Erosión (SE) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 40
Figura 3.2.8-20	Mapa de susceptibilidad del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia ..... 43
Figura 3.2.8-21	Mapa del Factor Detonante Sismicidad (FS) en el área de influencia ..... 44
Figura 3.2.8-22	Mapa del Factor detonante precipitación (FP) en el área de influencia ..... 45
Figura 3.2.8-23	Mapa de zonificación geotécnica en el área de influencia del AD Llanos 141 ..... 49

### 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

#### 3.2 MEDIO ABIÓTICO

##### 3.2.8 Geotecnia

La sectorización geotécnica cualitativa del área de influencia donde se enmarcará el proyecto, tiene como objetivo agrupar los sectores de comportamiento homogéneo y/o similar ante la generación de movimientos en masa o no, basado en la caracterización de las condiciones existentes bajo las siguientes condiciones intrínsecas y extrínsecas, a saber: litológicas, geomorfológicas (morfogénesis y morfografía), pendiente, edafológica, hidrogeológica, de coberturas de la tierra y usos del suelo, procesos morfodinámicos (especialmente con la inventario de depósitos no consolidados), atmosférica y de amenazas naturales (inundación movimientos en masa, sísmica, entre otras); abanico de variables que se definen como factores intrínsecos que inciden en la respuesta del terreno natural ante la acción de factores detonantes (lluvia y sismos) o frente a su utilización para la construcción de cualquier obra de ingeniería.

Con lo anterior, se dará cumplimiento a los requerimientos de los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – Proyectos de Explotación de Hidrocarburos HI-TER-1-03 (Min Ambiente, 2010), en el numeral 3.2.8 referido a *“Se deberá presentar la caracterización geotécnica de las áreas donde se implantarán los elementos del proyecto junto con los estudios realizados para las obras de control, la cual debe incluir la información básica de los análisis geotécnicos realizados”*. Adicionalmente, menciona que *“La información se debe presentar en mapas a escala 1:25.000 y mayores según el caso, para fenómenos relevantes.” ...*

Asimismo, se dará cumplimiento a los requerimientos del numeral 4.1.1.5\_Geotecnia de la METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES, Bogotá D.C. 2018 elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, en lo referente a: *“Realizar una descripción y zonificación geotécnica cualitativa, incluyendo las condiciones existentes en el área de influencia del proyecto, con base en la información geológica, geomorfológica, de pendientes, edafológica, hidrogeológica, hidrológica, de coberturas y usos del suelo, atmosférica, y de amenazas naturales (inundación, movimiento en masa, sísmica, entre otras).”*

A continuación, se presenta la descripción generalizada y resultado de la metodología empleada (cuyo análisis en detalle de esta última se presenta en el numeral 1.5.3.8\_Geotecnia del Capítulo 1.0) para la obtención de la susceptibilidad del terreno a presentar fenómenos de remoción en masa y la zonificación geotécnica.

##### 3.2.8.1 Metodología para la determinación de la zonificación geotécnica

La obtención del marco asociado con el componente de geotecnia partió del recopilación y análisis de la información secundaria disponible y la elaboración de la fotointerpretación enfocada a la identificación de procesos morfodinámicos. Así las cosas, una vez recopilada y caracteriza la bibliografía de tipo temática y conceptual existente en diferentes fuentes secundarias tales como: el Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA) e informes existentes elaborados por las diferentes firmas consultoras. Posteriormente, se procedió a la verificación de la información obtenida y obtención de información adicional a través de una etapa de campo realizada entre los meses de enero y febrero de 2023. Finalmente, con la información primaria y secundaria obtenida se procedió a la consolidación y evaluación de las temáticas del componente geológico (litología y tectónica), geomorfología (morfogénesis, morfografía, morfodinámica y morfometría), cobertura de la tierra, amenaza sísmica

y precipitación, entre otras. Las temáticas referidas anteriormente se consideran son las que tienen mayor incidencia y relevancia dentro de la definición de la determinación de la estabilidad del terreno en función de la susceptibilidad de este a presentar procesos morfodinámicos (i.e: erosión y socavación lateral / fondo) en el área de influencia.

La zonificación por estabilidad geotécnica se realizó aplicando una metodología heurística<sup>1</sup> semicuantitativa, cuyos lineamientos son el resultado de la evaluación interdisciplinaria y la experiencia del grupo de profesionales que se fundamenta en el conocimiento del terreno de las temáticas de mayor relevancia en la generación de procesos de inestabilidad y erosión.

A continuación, se presenta la metodología utilizada y la descripción generalizada de los resultados obtenidos. Sin embargo, la descripción detallada de la misma se presenta en el numeral 1.5.3.8\_Geotecnia del Capítulo 1.0\_Generalidades y en el numeral 3.2.2.3\_Morfodinámica del Capítulo 3.0\_Caracterización del área de influencia.

### 3.2.8.1.1 Análisis de la información secundaria

Como se mencionó anteriormente, una vez identificada y evaluada la información secundaria presentada en el numeral 1.5.3.8\_Geotecnia del Capítulo 1.0\_Generalidades (**Tabla 3.2.8-1**) y en el numeral 3.2.2.3\_Morfodinámica del Capítulo 3.0, se identificó que el área de influencia donde se enmarca el proyecto está localizada geológicamente en una zona donde afloran principalmente depósitos de moderada a baja densidad y/o consolidación. Asimismo, geomorfológicamente, el área en mención está inmersa principalmente dentro de un ambiente mixto (que representa el 88,45%), asociado con un paisaje de abanico, terraza y vallecitos, caracterizados por presentar una morfología baja o deprimida, con un intervalo de pendiente plano a ligeramente inclinado, sin evidencias generalizadas de inestabilidad en sus laderas, y con la presencia de procesos erosivos localizados principalmente de tipo laminar y en surcos de grado moderado a ligero, donde es poco probable que ocurran movimientos en masa. Asimismo, en el costado noroccidental de la zona en mención corresponde a una zona con laderas inestables donde son frecuentes los movimientos en masa ocasionados por factores detonantes como lluvias o sismos, asociados a zonas de susceptibilidad media y/o moderada.

**Tabla 3.2.8-1 Relación de la información secundaria recopilada en el área de influencia del "Área de Desarrollo Llanos 141"**

CLASE	NOMBRE
Informes Imagen	<i>Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guatiquía. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA). Escala 1:25.000. Resolución No. 003 del 7 de diciembre de 2010<sup>2</sup></i>
	<i>Estudio de Impacto Ambiental Área de Perforación Explotaría Llanos 59. PETROMINERALES. Año 2013.</i>
	<i>Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Actualización, Plancha 5-14, Escala 1:500.000; INGEOMINAS – IDEAM, (2010)<sup>3</sup></i>
	<i>Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:25000. Servicio Geológico Colombiano. Año 2017<sup>4</sup></i>
	<i>Zonificación de la Degradación de Suelos por erosión, Área Continental de Colombia, a escala 1:100.000 (2015) 5. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).</i>

1 SUAREZ Jaime; Deslizamientos, Análisis Geotécnico, Tomo 1; Primera edición, Bogotá D.C.; 2009; Pág. 548.

2 UT POMCA RIO GUATIQUEIA. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Guatiquía. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA). Escala 1:25.000. 2014

3 INGEOMINAS – IDEAM; Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Actualización, Plancha 5-04, Escala 1:500.000; INGEOMINAS – IDEAM Acuerdo Específico 005 de 2010; Bogotá D.C.; 2010.

4 SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO; Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:25000. Servicio Geológico Colombiano. Año 2017.

5 Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Zonificación de la degradación de Suelos por erosión, Área Continental de Colombia, a escala 1:100.000 (2015).

CLASE	NOMBRE
Informes Imagen	MONSALVE, G. <i>Hidrología en la Ingeniería</i> . Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995 <sup>6</sup>
	Imagen multiespectral del satélite SPOT 6, tomada en julio 29 del año 2022, con una resolución espacial de 1.5 metros y una resolución espectral de 4 bandas.

Fuente: (Compilado por ANTEA Colombia S.A.S., 2023)

### 3.2.8.1.2 Fotointerpretación de los procesos morfodinámicos

Una vez evaluada la información cartográfica y las memorias de los diferentes estudios consultados (numeral 1.5.3.8\_geotecnia del Capítulo 1.0\_Generalidades), se realizó la fotointerpretación de los procesos morfodinámicos (**Anexo 3.2.2\_Geomorfología**) existentes en el área de influencia, a partir de una imagen multiespectral, cuyas especificaciones se presentan en la **Tabla 3.2.8-2**.

**Tabla 3.2.8-2 Especificaciones de la imagen utilizada en la fotointerpretación de los procesos morfodinámicos en el área de influencia**

TIPO DE IMAGEN	FECHA DE CAPTURA	RESOLUCIÓN ESPECTRAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL
Imagen multiespectral del satélite SPOT 6	Julio 29 del año 2022	4 bandas.	1.5 metros

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023)

A partir de la información antes mencionada se procedió a realizar la fotointerpretación de los procesos morfodinámicos, encontrando un total de 39 de tipo denudativo, entre los cuales 32 son de tipo pluvial, dos (2) están asociados con la erosión fluvial (socavación lateral y de fondo), cuatro (4) están asociados con la erosión antrópica y uno (1) relacionado con un fenómeno de remoción en masa, tal y como se presenta en la **Tabla 3.2.8-3** y **Figura 3.2.8-1**.

**Tabla 3.2.8-3 Inventario de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia en la fase de fotointerpretación**

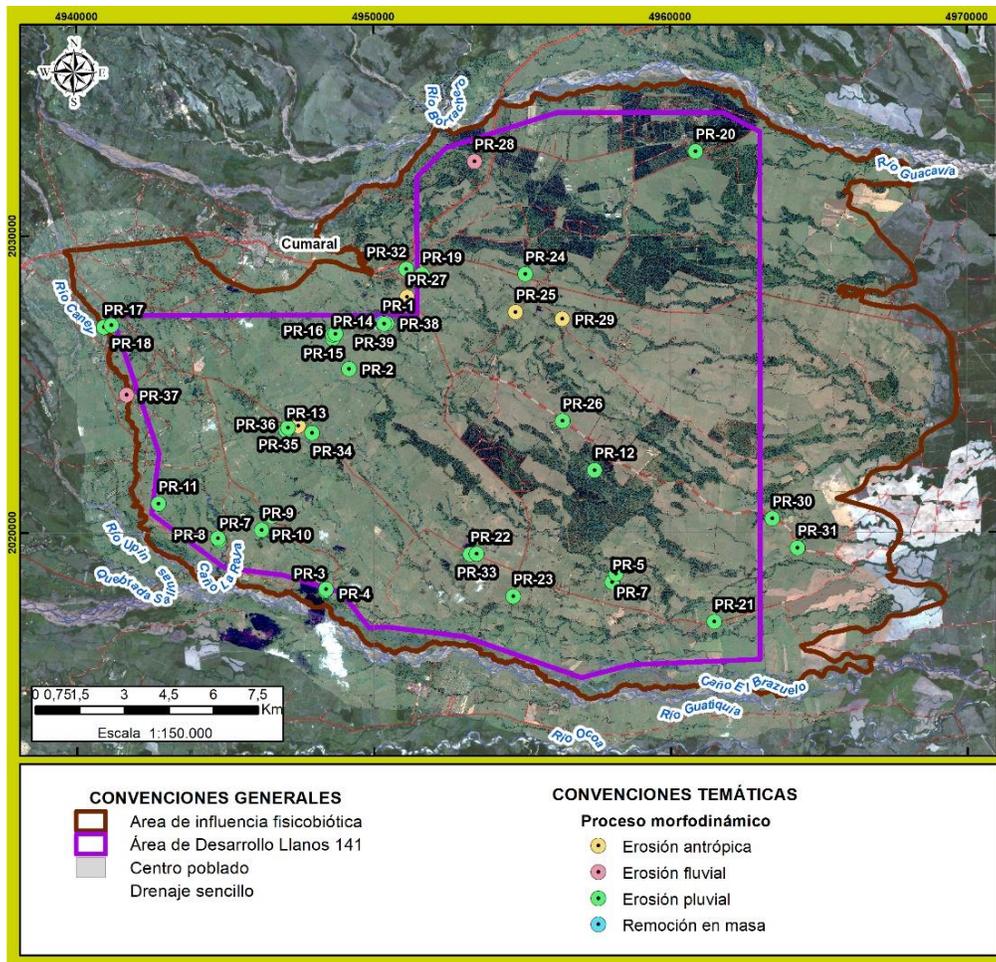
ID	TIPO DE	NOMBRE DEL PROCESO	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		GEOMETRÍA
	PROCESO		ESTE	NORTE	
PR-1	Denudativo	Remoción en masa	4950307,06	2027051,37	POLÍGONO
PR-2	Denudativo	Erosión pluvial	4949178,74	2025499,09	POLÍGONO
PR-3	Denudativo	Erosión pluvial	4948373,64	2018034,11	POLÍGONO
PR-4	Denudativo	Erosión pluvial	4948400,18	2018081,74	POLÍGONO
PR-5	Denudativo	Erosión pluvial	4958043,67	2018305,94	POLÍGONO
PR-7	Denudativo	Erosión pluvial	4958177,45	2018583,63	POLÍGONO
PR-7	Denudativo	Erosión pluvial	4944801,64	2019732,83	POLÍGONO
PR-8	Denudativo	Erosión pluvial	4944765,08	2019804,42	POLÍGONO
PR-9	Denudativo	Erosión pluvial	4946230,87	2020076,66	POLÍGONO
PR-10	Denudativo	Erosión pluvial	4946559,14	2020548,87	POLÍGONO
PR-11	Denudativo	Erosión pluvial	4942760,82	2020964,56	POLÍGONO
PR-12	Denudativo	Erosión pluvial	4957451,84	2022074,88	POLÍGONO
PR-13	Denudativo	Erosión pluvial	4947063,91	2023433,59	POLÍGONO
PR-14	Denudativo	Erosión pluvial	4948643,97	2026527,62	POLÍGONO
PR-15	Denudativo	Erosión pluvial	4948642,63	2026662,26	POLÍGONO
PR-16	Denudativo	Erosión pluvial	4948723,58	2026686,29	POLÍGONO
PR-17	Denudativo	Erosión pluvial	4940926,34	2026926,22	POLÍGONO
PR-18	Denudativo	Erosión pluvial	4941172,09	2026993,45	POLÍGONO
PR-19	Denudativo	Erosión pluvial	4951651,03	2028691,68	POLÍGONO
PR-20	Denudativo	Erosión pluvial	4960867,96	2032824,44	POLÍGONO
PR-21	Denudativo	Erosión pluvial	4961489,02	2016974,63	PUNTO
PR-22	Denudativo	Erosión pluvial	4953268,86	2019257,67	PUNTO
PR-23	Denudativo	Erosión pluvial	4954706,29	2017831,66	PUNTO

6 MONSALVE, Germán. *Hidrología en la Ingeniería*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		GEOMETRÍA
			ESTE	NORTE	
PR-24	Denudativo	Erosión pluvial	4955130,78	2028691,21	PUNTO
PR-25	Denudativo	Erosión antrópica	4954803,31	2027412,1	PUNTO
PR-26	Denudativo	Erosión pluvial	4956379,2	2023737,29	PUNTO
PR-27	Denudativo	Erosión antrópica	4951140,37	2027927,02	PUNTO
PR-28	Denudativo	Erosión fluvial	4953420,89	2032489,74	LÍNEA
PR-29	Denudativo	Erosión antrópica	4956364,92	2027179,48	PUNTO
PR-30	Denudativo	Erosión pluvial	4963446,11	2020441,68	PUNTO
PR-31	Denudativo	Erosión pluvial	4964297,33	2019450,97	PUNTO
PR-32	Denudativo	Erosión pluvial	4951116,48	2028863,29	PUNTO
PR-33	Denudativo	Erosión pluvial	4953476,6	2019269,21	PUNTO
PR-34	Denudativo	Erosión pluvial	4947935,96	2023354,62	PUNTO
PR-35	Denudativo	Erosión Antrópica	4947462,87	2023591,55	PUNTO
PR-36	Denudativo	Erosión pluvial	4947122,68	2023522,46	PUNTO
PR-37	Denudativo	Erosión fluvial	4941685,07	2024635,85	LÍNEA
PR-38	Denudativo	Erosión pluvial	4950457,7	2027043,34	PUNTO
PR-39	Denudativo	Erosión pluvial	4950364,21	2027021,06	PUNTO

Fuente: (Compilado por ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 3.2.8-1 Fotointerpretación de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia donde se enmarca el proyecto



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 3.2.8.1.3 Etapa de campo (Recopilación de la información primaria)

Una vez identificadas las características del componente geotécnico del área de influencia donde se enmarca el proyecto y de sus zonas aferentes a partir de lo consignado en la información secundaria (numeral 1.5.3.8\_Geotecnia del capítulo 1.0), se procedió a realizar un reconocimiento en campo durante el mes de enero y febrero de 2023, lo cual permitió, entre otras cosas, la verificación de 15 de los 39 procesos morfodinámicos identificados en la etapa precampo y la identificación, caracterización de 20 procesos morfodinámicos adicionales (nuevos), para un total de 54 procesos morfodinámicos (Tabla 3.2.8-4 y Figura 3.2.8-2).

**Tabla 3.2.8-4 Inventario de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia en la fase de fotointerpretación**

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE	
PR-1 (*)	Denudativo	Remoción en masa	Desligamiento rotacional y caída de material (suelo)	4950307,06	2027051,37	Polígono
PR-21 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4961489,02	2016974,63	Punto
PR-22 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4953268,86	2019257,67	Punto
PR-23 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4954706,29	2017831,66	Punto
PR-24 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a ligero, de extensión puntual	4955130,78	2028691,21	Punto
PR-25 (*)	Denudativo	Erosión antrópica	Escarpe de aproximadamente 1,0 m de altura, producto de la excavación artesanal para la construcción de un jaguey	4954803,31	2027412,1	Punto
PR-26 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a severo, producto de la escorrentía concentrada que ha entallado el material aluvial parental	4956379,2	2023737,29	Punto
PR-27 (*)	Denudativo	Erosión antrópica	Escarpe de aproximadamente 1,5 m de altura y de 20 m de longitud, producto de la explotación artesanal de material de cantera (areno limos)	4951140,37	2027927,02	Punto
PR-28 (**)	Denudativo	Erosión fluvial	Socavación lateral de extensión puntual, con una longitud de aproximadamente de 3 0 m.	4953420,89	2032489,74	Línea
PR-29 (*)	Denudativo	Erosión antrópica	Escarpe de aproximadamente 2,5 m de altura, producto de la excavación antrópica para la construcción de un jaguey	4956364,92	2027179,48	Punto
PR-30 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4963446,11	2020441,68	Punto
PR-31 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial	4964297,33	2019450,97	Punto
PR-32 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial concentrada	4951116,48	2028863,29	Punto
PR-33 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado a ligero, de extensión puntual	4953476,6	2019269,21	Punto
PR-34 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4947935,96	2023354,62	Punto

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE	
PR-35 (*)	Denudativo	Erosión Antrópica	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4947462,87	2023591,55	Punto
PR-36 (*)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4947122,68	2023522,46	Punto
PR-37 (*)	Denudativo	Erosión fluvial	Socavación lateral identificada en la margen derecha del río Caney, de aproximadamente 50 m de longitud	4941685,07	2024635,85	Línea
PR-38 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4950457,7	2027043,34	Punto
PR-39 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a severo, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial concentrada	4950364,21	2027021,06	Punto
PR-40 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual	4954621,81	2017569,61	Punto
PR-41 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4951328,9	2027836,85	Punto
PR-42 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual	4965158,8	2027580,5	Punto
PR-43 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a severo, producto de la escorrentía concentrada que ha entallado el material aluvial parental	4956372,27	2023775,99	Punto
PR-44 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, producto de la escorrentía concentrada que ha entallado el material rocoso de la Formación Guayabo Miembro Inferior (N2c)	4952597,67	2032523,41	Punto
PR-45 (**)	Denudativo	Remoción en masa	Deslizamiento rotacional en suelo	4952503,53	2032381,75	Punto
PR-46 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual, que ha entallado el material rocoso de la Formación Guayabo Miembro Inferior (N2c)	4952937,57	2031980,19	Punto
PR-47 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual, que ha entallado el material rocoso de la Formación Guayabo Miembro Inferior (N2c)	4952770,03	2032071,4	Línea
PR-48 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual, que ha entallado el material rocoso de la Formación Guayabo Miembro Inferior (N2c)	4949932,07	2029194,55	Punto
PR-49 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4953258,19	2029999,63	Punto
PR-50 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a severo, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial concentrada	4958322,56	2022152,23	Punto
PR-51 (**)	Denudativo	Erosión antrópica	Escarpe de aproximadamente 2,0 m de altura y de 15 m de longitud, producto de la explotación artesanal de material de cantera (areno limos)	4950646,31	2028693,49	Punto
PR-52 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual	4961880,89	2029766,53	Punto

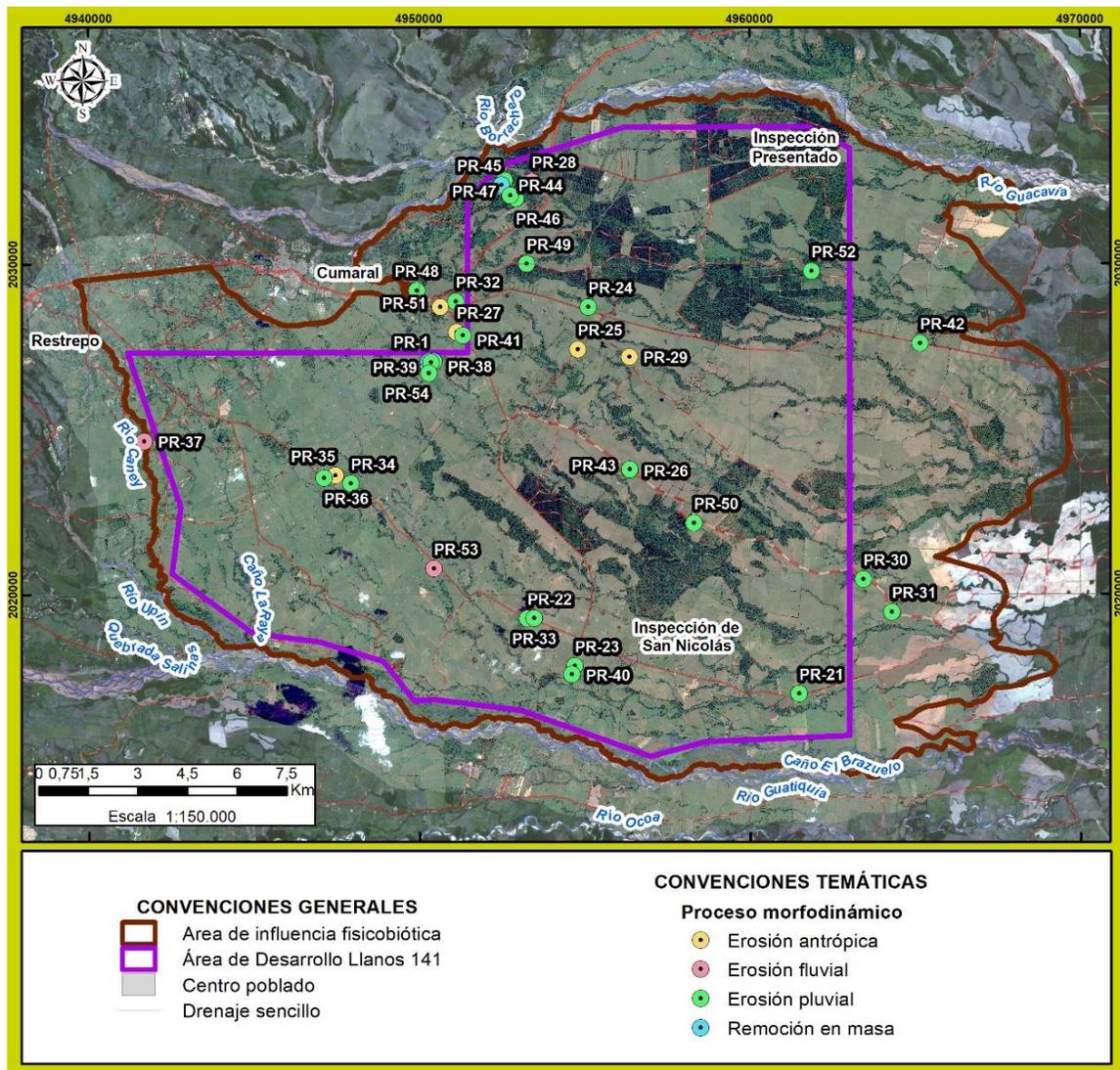
ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE	
PR-53 (**)	Denudativo	Erosión fluvial	Socavación lateral de aproximadamente 20 m de longitud	4950440,16	2020773,5	Punto
PR-54 (**)	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en cárcavas de grado moderado a severo, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial concentrada	4950304,78	2026695,54	Punto

Nota: (\*) Procesos morfodinámicos identificados en la fase de fotointerpretación y verificados en la etapa de campo en el mes de enero y febrero de 2023.

(\*\*) Procesos morfodinámicos adicionales identificados en la etapa de campo en el mes de enero y febrero de 2023.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.8-2 Verificación de algunos de los procesos morfodinámicos identificados en la etapa precampo e identificación de nuevos procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia donde se enmarca el proyecto**

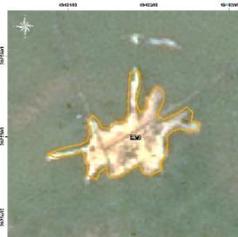
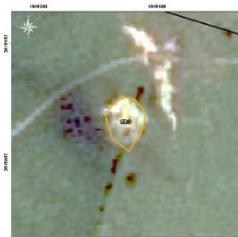
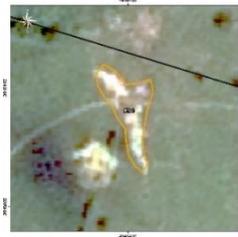


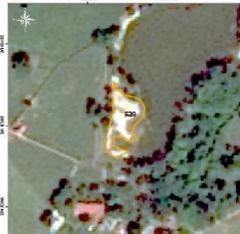
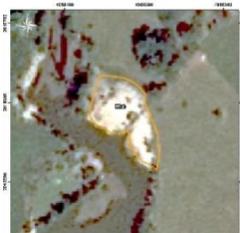
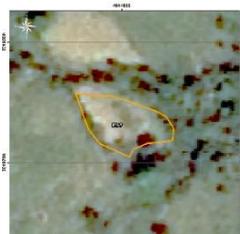
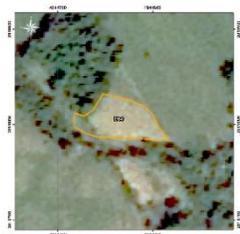
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 3.2.8.1.4 Etapa poscampo (Elaboración del informe técnico)

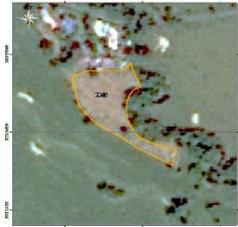
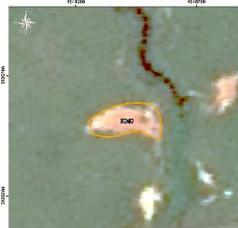
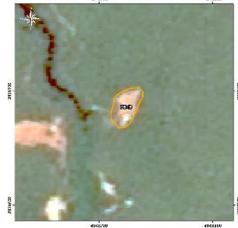
Una vez realizada la búsqueda de información secundaria asociada con los procesos morfodinámicos y la fotointerpretación de estos en la etapa precampo, se ejecutó la etapa de campo durante el mes de enero y febrero de 2023 en donde se procedió a realizar la verificación de algunos de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia en la etapa precampo, finalmente, se procedió en una etapa postcampo a realizar la evaluación, análisis y compilación de la información asociada con los procesos morfodinámicos en el área de influencia. Información base, para la determinación de la susceptibilidad ante la generación de fenómenos de remoción en masa y la zonificación geotécnica, cuyos resultados serán mostrados a continuación (**Tabla 3.2.8-5** y **Figura 3.2.8-3**). En el numeral 3.2.2.3\_Morfodinámica y en el **Anexo 3.2.2 Geomorfología** se presenta la descripción en detalle de cada uno de los procesos morfodinámicos a continuación enunciados.

Tabla 3.2.8-5 Consolidación del Inventario de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-1	Denudativo	Remoción en masa	Desligamiento rotacional y caída de material (suelo - detritos). Localizado en la Vereda Chepero. Área de afectación 0,08 ha	4950307,06	2027051,37		Polígono
PR-2	Denudativo	Erosión pluvial	Proceso erosivo de tipo laminar y de grado moderado, de extensión puntual, localizado en la Vereda El Palmar. Área de afectación 0,89 ha	4949178,74	2025499,09		Polígono
PR-3	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual, localizado en la Vereda Vega Grande. Área de afectación 0,10 ha.	4948373,64	2018034,11		Polígono
PR-4	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual, Localizado en la Vereda Vega Grande. Área de afectación 0,19 ha.	4948400,18	2018081,74		Polígono

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-5	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección de San Nicolas. Área de afectación 0,22 ha.	4958043,67	2018305,94		Polígono
PR-6	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección de San Nicolas. Área de afectación 0,58 ha.	4958177,45	2018583,63		Polígono
PR-7	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Vega Grande. Área de afectación 0,26 ha.	4944801,64	2019732,83		Polígono
PR-8	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Vega Grande. Área de afectación 0,30 ha.	4944765,08	2019804,42		Polígono

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-9	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Vega Grande. Área de afectación 0,25 ha.	4946230,87	2020076,66		Polígono
PR-10	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Vega Grande. Área de afectación 1,36 ha.	4946559,14	2020548,87		Polígono
PR-11	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda San Jorge. Área de afectación 0,45 has.	4942760,82	2020964,56		Polígono
PR-12	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección de San Nicolas. Área de afectación 0,37 ha.	4957451,84	2022074,88		Polígono

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-13	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Sardinata. Área de afectación 0,60 ha.	4947063,91	2023433,59		Polígono
PR-14	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Yari. Área de afectación 0,13 ha.	4948643,97	2026527,62		Polígono
PR-15	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Yari. Área de afectación 0,13 ha.	4948642,63	2026662,26		Polígono
PR-16	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Yari. Área de afectación 0,07 ha.	4948723,58	2026686,29		Polígono

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-17	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la vereda Caney Bajo. Área de afectación 0,26 ha.	4940926,34	2026926,22		Polígono
PR-18	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Caney Bajo. Área de afectación 0,63 ha.	4941172,09	2026993,45		Polígono
PR-19	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Chepero. Área de afectación 0,37 ha.	4951651,03	2028691,68		Polígono
PR-20	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección Presentado. Área de afectación 0,24 ha.	4960867,96	2032824,44		Polígono

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-21	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección San Nicolas.	4961489,02	2016974,63		Punto
PR-22	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda El Palmar.	4953268,86	2019257,67		Punto
PR-23	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección San Nicolas	4954706,29	2017831,66		Punto
PR-24	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a ligero, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Chepero.	4955130,78	2028691,21		Punto

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-25	Denudativo	Erosión antrópica	Escarpe de aproximadamente 1,0 m de altura, producto de la excavación artesanal para la construcción de un jagüey. Localizado en la Vereda Chepero.	4954803,31	2027412,1		Punto
PR-26	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a severo, producto de la escorrentía concentrada que ha entallado el material aluvial parental. Localizado en la Inspección de San Nicolas.	4956379,2	2023737,29		Punto
PR-27	Denudativo	Erosión antrópica	Escarpe de aproximadamente 1,5 m de altura y de 20 m de longitud, producto de la explotación artesanal de material de cantera (areno limos). Localizado en la vereda Chepero.	4951140,37	2027927,02		Punto
PR-28	Denudativo	Erosión fluvial	Socavación lateral de extensión puntual, con una longitud de aproximadamente 30 m. Localizado en la Vereda Chepero.	4953420,89	2032489,74		Línea

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-29	Denudativo	Erosión antrópica	Escarpe de aproximadamente 2,5 m de altura, producto de la excavación antrópica para la construcción de un jagüey. Localizado en la vereda Laguna Brava.	4956364,92	2027179,48		Punto
PR-30	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección de San Nicolas.	4963446,11	2020441,68		Punto
PR-31	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial. Localizado en la Inspección de San Nicolas	4964297,33	2019450,97		Punto
PR-32	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado a severo, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial concentrada. Localizado en la Vereda Chepero.	4951116,48	2028863,29		Punto

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-33	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado a ligero, de extensión puntual . Localizado en la Vereda El Palmar.	4953476,6	2019269,21		Punto
PR-34	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda El Palmar.	4947935,96	2023354,62		Punto
PR-35	Denudativo	Erosión Antrópica	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda El Palmar.	4947462,87	2023591,55		Punto
PR-36	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual . Localizado en la Vereda El Palmar.	4947122,68	2023522,46		Punto

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-37	Denudativo	Erosión fluvial	Socavación lateral identificada en la margen derecha del río Caney, de aproximadamente 225 m de longitud. Localizado en la Vereda El Palmar.	4941685,07	2024635,85		Lineal
PR-38	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la vereda Chepero.	4950457,7	2027043,34		Punto
PR-39	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a severo, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial concentrada. Localizado en la vereda Chepero	4950364,21	2027021,06		Punto
PR-40	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección de San Nicolas	4954621,81	2017569,61		Punto

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-41	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Chepero.	4951328,9	2027836,85		Punto
PR-42	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Venturosa.	4965158,8	2027580,5		Punto
PR-43	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a severo, producto de la escorrentía concentrada que ha entallado el material aluvial parental. Localizado en la Inspección de San Nicolas.	4956372,27	2023775,99		Punto
PR-44	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, producto de la escorrentía concentrada que ha entallado el material rocoso de la Formación Guayabo (N2c). Localizado en la Vereda Chepero	4952597,67	2032523,41		Punto

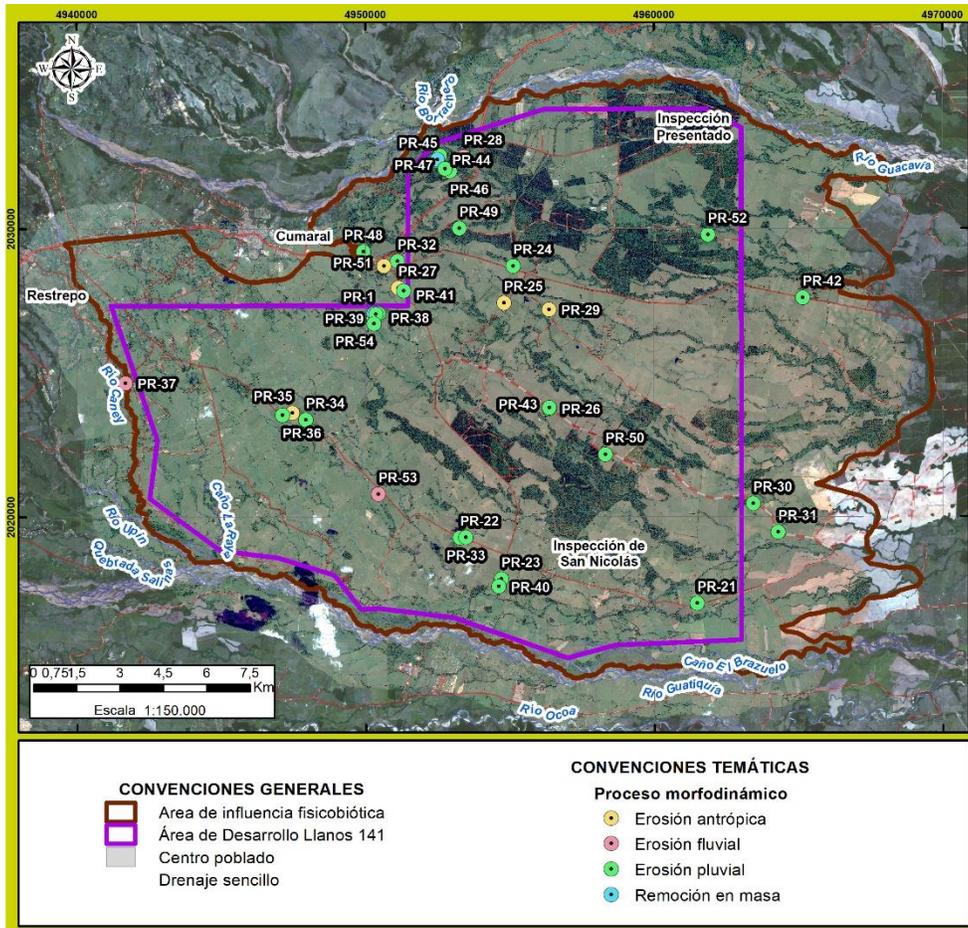
ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-45	Denudativo	Remoción en masa	Deslizamiento rotacional en suelo. Localizado en la Vereda Chepero.	4952503,53	2032381,75		Punto
PR-46	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual, que ha entallado el material rocoso de la Formación Guayabo (N2c). Localizado en la Vereda Chepero	4952937,57	2031980,19		Punto
PR-47	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual, que ha entallado el material rocoso de la Formación Guayabo (N2c). Localizado en la Vereda Chepero.	4952770,03	2032071,4		Punto
							Punto

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-48	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado, de extensión puntual, que ha entallado el material rocoso de la Formación Guayabo (N2c). Localizado en la Vereda Chepero.	4949932,07	2029194,55		Punto
PR-49	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Vereda Chepero	4953258,19	2029999,63		Punto
PR-50	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en surcos de grado moderado a severo, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial concentrada. Localizado en la Inspección San Nicolas.	4958322,56	2022152,23		Punto
PR-51	Denudativo	Erosión antrópica	Escarpe de aproximadamente 2,0 m de altura y de 15 m de longitud, producto de la explotación artesanal de material de cantera (areno limos). Localizado en la Vereda Chepero	4950646,31	2028693,49		Punto

ID	TIPO DE PROCESO	NOMBRE DEL PROCESO	OBSERVACIONES	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		REGISTRO FOTOGRÁFICO	GEOMETRÍA
				ESTE	NORTE		
PR-52	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión laminar de grado moderado, de extensión puntual. Localizado en la Inspección San Nicolas	4961880,89	2029766,53		Punto
PR-53	Denudativo	Erosión fluvial	Socavación lateral de aproximadamente 33 m de longitud. Localizado en la Inspección San Nicolas	4950440,16	2020773,5		Línea
PR-54	Denudativo	Erosión pluvial	Erosión en cárcavas de grado moderado a severo, de extensión puntual, producto de la escorrentía superficial concentrada. Localizado en la Inspección de yari.	4950304,78	2026695,54		Punto

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 3.2.8-3 Inventario de los procesos morfodinámicos en el área de influencia donde se enmarca el proyecto



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Una vez consolidada la información asociada con los procesos morfodinámicos identificados en el área y la correlación de los mismo con el componente geológico, geomorfológico, cobertura de la tierra, entre otros, a continuación, se muestra en detalle la determinación del marco geotécnico en el área de influencia.

### 3.2.8.2 Zonificación geotécnica

Tiene por objeto el analizar y definir las características geotécnicas del área, en términos de la disposición del terreno a la generación de procesos morfodinámicos (i.e: erosión, socavación lateral/fondo y fenómenos de remoción en masa).

Para la obtención de la estabilidad geotécnica en el área de influencia donde se enmarca el proyecto, se tomó como punto de partida, la determinación de la susceptibilidad del terreno ante la generación de fenómenos de remoción en masa, para ello se evaluaron las características intrínsecas del área antes mencionada, dentro de las cuales se encuentran: geología (unidades litológicas y densidad de fallas), geomorfología (geoformas, intervalo de pendientes, procesos morfodinámicos), cobertura de la tierra, hidrología (densidad del drenaje), suelos (unidades cartográficas de suelos) e hidrogeología (unidades hidrogeológicas). Posteriormente, se determinó la zonificación geotécnica empleando para ello, los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los

procesos de erosivos y/o de remoción en masa, tales como precipitación (clima) y sismo (sismicidad). Finalmente, el modelo obtenido se calibra a partir de la superposición del inventario de procesos morfodinámicos obtenidos en la fotointerpretación y durante la etapa de campo realizada en el mes de enero y febrero de 2023.

### 3.2.8.2.1 Determinación de la susceptibilidad general del terreno ante los procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa (ST)

La caracterización geotécnica del área de influencia considera la información de las temáticas de geología, geomorfología, suelos, hidrología, hidrogeología y clima. Dicha información se analizó y fueron calificadas de acuerdo con sus condiciones de estabilidad del terreno, para lo cual se empleó la herramienta SIG (Sistema de Información Geográfica), la cual realizó la sumatoria de las diferentes áreas de cada temática, con sus respectivos valores de estabilidad del terreno.

Durante el proceso de evaluación y determinación de la zonificación geotécnica, se elabora en primera instancia un mapa de susceptibilidad general del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa, el cual se realiza mediante un análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), en el cual son sumados digitalmente los mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de estos procesos. Este procedimiento se realizó utilizando el SIG ArcGis10, y está representado por la siguiente ecuación:

$$ST = SL + SG + SH + SC + SD + SF + SP + SE$$

ST = Susceptibilidad ante la generación de fenómenos de remoción en masa.

SL = Susceptibilidad del parámetro litología.

SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.

SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.

SC = Susceptibilidad del parámetro cobertura de la tierra.

SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.

SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de fallas

SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente.

Se = Susceptibilidad del parámetro intensidad de erosión.

La susceptibilidad del terreno se determina en cinco (5) categorías, para cuyo análisis se estableció un criterio semicuantitativo donde se asigna un valor de susceptibilidad de 1 – 5, a cada Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP), en función de la categoría de susceptibilidad (**Tabla 3.2.8-6**).

**Tabla 3.2.8-6 Categorías y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables empleadas**

CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD	PESO
Muy baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Posterior a la sumatoria de mapas se realizó una clasificación de intervalos y su respectiva categorización para ser empleada en la determinación de la susceptibilidad del terreno ante la generación de fenómenos de remoción en masa (**Tabla 3.2.8-7**).

**Tabla 3.2.8-7 Intervalos para categorizar la Susceptibilidad del terreno (ST) ante fenómenos de remoción en masa**

INTERVALOS	CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD	PESO
< 14	MUY BAJA	1
15 – 20	BAJA	2
21 – 26	MODERADA	3
27 – 34	ALTA	4
> 35	MUY ALTA	5

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

### 3.2.8.2.1.1 Variables empleadas para determinar la susceptibilidad general del terreno ante los fenómenos de remoción en masa

A continuación, se presenta las diferentes variables empleadas para la determinación de la susceptibilidad general del terreno.

#### ➤ Litología (SL)

Con base en la información secundaria consultada y evaluada, la fotointerpretación realizada y descrita en el numeral 1.5.3.1\_Geología del capítulo 1.0\_Generalidades y el reconocimiento de campo realizado en el mes de enero y febrero de 2023, en el área de influencia donde se enmarca el proyecto se identificaron siete (7) unidades geológicas, a saber: **Depósitos Antrópicos (Qar)**, Depósito Aluvial Reciente Asociado a Cauces Mayores (**Q2-al1**), Depósito Aluvial Reciente Asociado a Cauces Menores (**Q2-al2**), Depósitos de Llanura de inundación (**Q2-III**), Depósito de Abanico Aluvial (**Q1-Ab**), Depósito de Abanico – Terraza (**N-Qt1** y **NQ-t2**) y Formación Guayabo (**N2c**), cuyo comportamiento geotécnico cualitativo se describe a continuación (**Tabla 3.2.8-8**, así como en la **Figura 3.2.8-4** y **Figura 3.2.8-5**).

La unidad denominada **Depósitos Antrópicos (Qar)** está constituida por materiales dispuestos por acción del hombre, provenientes de construcción de obras civiles (excavaciones y relleno de origen fluvial) para la adecuación de infraestructura petrolera, asentamientos urbanos y rurales. Es un depósito clasto soportado, no cohesivo, con tamaños que van desde arenas hasta bloques, con formas angulares a subredondeadas. Constituyéndose en una zona de muy baja susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad (calificación de 1 sobre 5).

La segunda identificada como **Depósito Aluvial Reciente Asociado a Cauces Mayores (Q2-al1)** corresponde a un depósito clasto soportados, mal seleccionado, embebido en una matriz principalmente arenosa, de compacidad débil, clastos de tamaño promedio entre gravas finas a bloques de hasta un metro de diámetro, redondeados a subredondeados, elongados a subesférica, compuestos por areniscas, filitas y cuarcitas. Constituyéndose en una zona de muy alta susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad (calificación de 5 sobre 5). La tercera unidad geológica se designa como **Depósito Aluvial Recientes Asociado a Cauces Menores (Q2-al2)**, corresponde a materiales erosionados de las partes medias y bajas que son arrastrados por las corrientes menores, por lo cual dependiendo de la distancia de transporte pueden presentar menor o mayor redondez, presentan espesores menores (< 5m), pues están sujetos a las dinámicas de las corrientes que los transportan. Estos depósitos normalmente se encuentran constituidos por cantos, gravas y arenas de grano grueso a medio, subangulares a subredondeadas, de composición polimictica. Constituyéndose en una zona de muy alta susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad (calificación de 5 sobre 5).

Asimismo, la tercera, cuarta y quinta unidad geológica denominadas: **Depósitos de Llanuras de Inundación (Q2-III)**, **Depósito de Abanico Aluvial (Q1-Ab)** y **Depósito de Abanico – Terraza (NQ-t)**, corresponde a una acumulación de moderada a baja densidad y consolidación, de materiales arcillo limosos (bioperturbados), de color rojizo a gris en superficie, en algunas ocasiones presentan niveles de cantos a gravas, redondeados a subredondeados, de composición polimictica, mal

seleccionados en profundidad y de espesor variable. Constituyéndose en una zona de baja susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad (calificación de 2 sobre 5).

Finalmente, la séptima unidad denominada geológica denominada Formación Guayabo Miembro Inferior (**N2c**), está conformada por una intercalación de rocas duras y blanda. Constituyéndose en una zona de moderada susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad (calificación de 3 sobre 5).

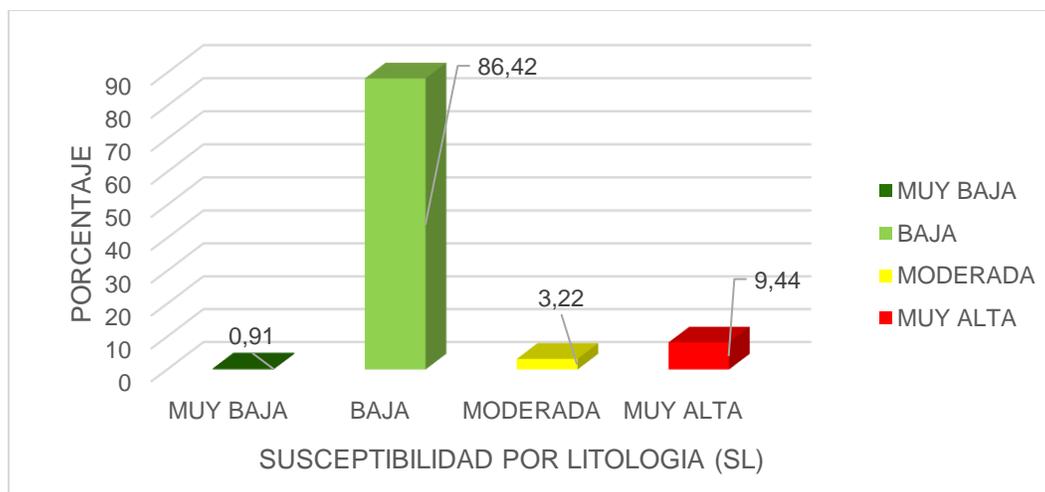
**Tabla 3.2.8-8 Valores de susceptibilidad por Litología (SL) en el área de influencia**

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SL)		PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA			(ha)	(%)
Relleno Antrópico	Qar	1	MUY BAJA	391,54	0,91
Depósito Aluvial Reciente Asociado a Cauces Mayores	Q2-al1	5	MUY ALTA	539,18	1,26
Depósito Aluvial Reciente Asociado a Cauces Menores	Q2-al2	5	MUY ALTA	3504,97	8,18
Depósitos de Llanura de Inundación	Q2-lli	2	BAJA	921,46	2,15
Depósitos de Terraza Aluvial	Q2-t1	2	BAJA	1801,20	4,20
Depósito de Abanico Aluvial	Q1-Ab	2	BAJA	15587,44	36,38
Abanico - Terraza	N-Qt1	2	BAJA	14574,03	34,01
	N-Qt2	2	BAJA	4145,68	9,68
Formación Guayabo	N2c	3	MODERADA	1381,63	3,22
ÁREA TOTAL				42847,11	100,00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

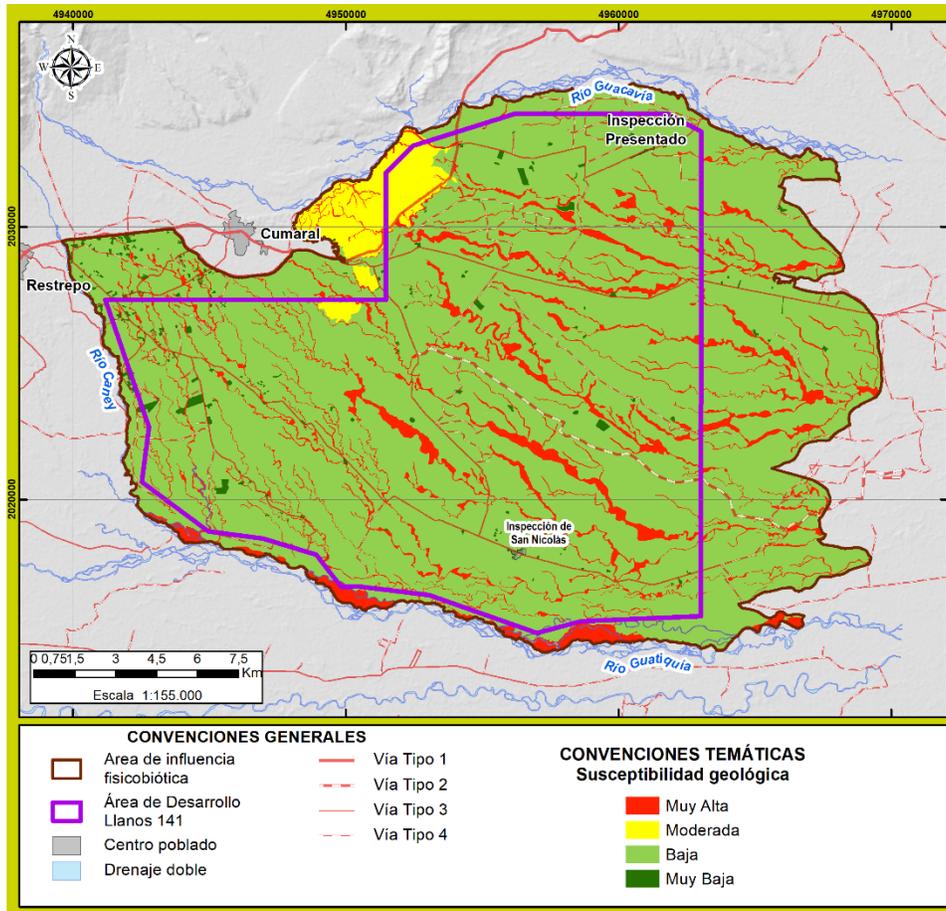
De acuerdo con las **Tabla 3.2.8-8**, el área de influencia donde se enmarca el proyecto presenta una susceptibilidad muy baja a presentar fenómenos de inestabilidad en el **0,91%** de esta. Igualmente, el área en mención presenta una susceptibilidad baja del **86,42%** (siendo la de mayor preponderancia en el área). Asimismo, el área de influencia presenta en el **3,22%** de esta una susceptibilidad media (relacionado principalmente con las rocas de la Formación Guayabo Miembro Inferior – N2c). Finalmente, el **9,44%** del área donde se enmarca el proyecto presenta una susceptibilidad muy alta a presentar eventos de inestabilidad (asociada con el Depósito Aluvial Reciente Asociado a Cauces Mayores – Q2-al1 y Depósito Aluvial Reciente Asociado a Cauces Menores – Q2-al2) (**Figura 3.2.8-4** y **Figura 3.2.8-5**).

**Figura 3.2.8-4 Susceptibilidad por litologías (SL) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Figura 3.2.8-5 Mapa de susceptibilidad por litología (SL) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

### ➤ Geomorfología (SG)

Con base en la información secundaria consultada y evaluada, la fotointerpretación realizada y descrita en el numeral 1.5.3.2\_Geomorfología del capítulo 1.0\_Generalidades y el reconocimiento de campo realizado en el mes de enero y febrero de 2023, en el área de influencia donde se enmarca el proyecto se identificaron 15 geoformas del terreno y cuya calificación a partir del comportamiento de inestabilidad es el siguiente:

La geoforma denominada Ladera y Cimas (DLI) y Cimas (DLc) se caracteriza por presentar una morfología ondulada con respecto a la morfología circundante (relativamente plana), de cimas redondeadas en la parte alta y laderas cóncavo -convexas en la parte media y baja de las misma, con un intervalo de pendiente que varía principalmente entre fuertemente inclinada (12-25%) a ligeramente escarpada (25-50%), generada por la intercalación de rocas principalmente duras y blandas asociadas con la Formación Guayabo Miembro Inferior (N2c). Constituyéndose en una zona de moderada susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad (calificación de 3 sobre 5).

Las geoformas asociadas al Plano de abanico (PAa), Cuerpo – Bajo (PAcb), Plano de terraza de Acumulación (PTa), Plano de Terraza de Acumulación Subreciente (PTas), Plano de Terraza (FTa) y Plano de Llanura Inundable (FPi), se caracterizan por presentar una morfología baja, con un

intervalo de pendiente principalmente que varía desde a nivel (0-1%) hasta moderadamente Inclínada (7-12%), con grado moderado a ligero de procesos erosivos y con la ausencia de fenómenos de inestabilidad. Asimismo, las geoformas en mención presentan una baja susceptibilidad a presentar procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa (Calificación de 2 sobre 5).

La geoforma denominada Napa de desbordamiento (VPn)), corresponde una serie de depósitos aluviales emergidos y en forma periódica temporalmente inundados, de perfil topográfico plano a plano - ondulado, de intervalo de pendiente ligeramente inclinada (3-7%) y configuración alargada; asociado a la dinámica hídrica del río Guatiquía. La geoforma en mención presenta una moderada susceptibilidad a presentar procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa (Calificación de 3 sobre 5).

Las geoformas denominadas Orillar (VPo) y Cauce Aluvial (VCa) corresponden a la dinámica activa de los principales ríos que disectan y limitan el área de influencia y asociadas específicamente a los ríos Guatiquía, Guacavía y Caney, cuyo comportamiento de divagación es muy amplio en la zona donde se enmarca el proyecto. La geoforma en mención presenta una muy alta susceptibilidad a presentar procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa (Calificación de 5 sobre 5).

La geoforma denominada modelado antrópico (MA) está asociada con la infraestructura puntual y lineal. La geoforma en mención presenta una muy baja susceptibilidad a presentar procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa (Calificación de 1 sobre 5).

En la **Tabla 3.2.8-9**, se presenta la calificación de la geomorfología en función de la susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad, así como la representación porcentual y la representación espacial.

**Tabla 3.2.8-9 Valores de susceptibilidad por geomorfología (SG) en el área de influencia**

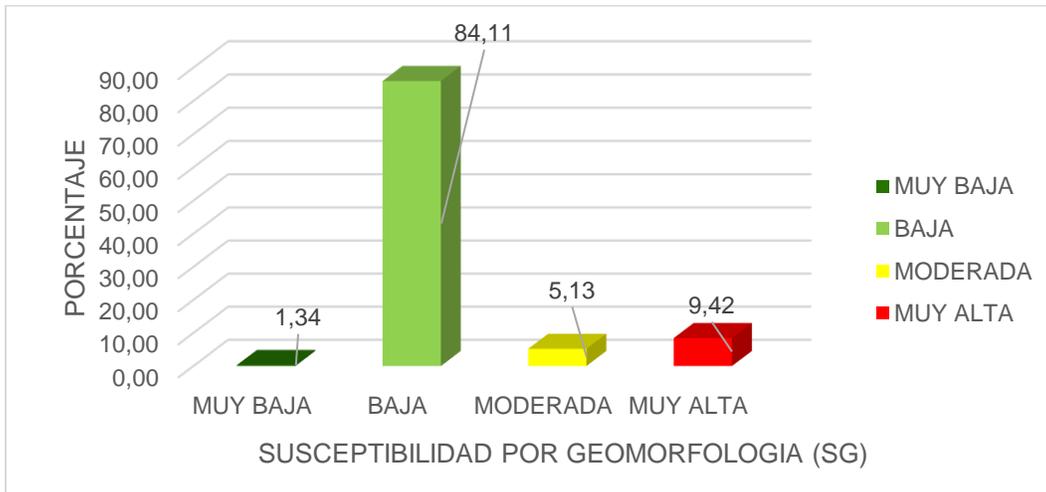
UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SG)		PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
GEOMORFOLOGÍA	NOMENCLATURA			(ha)	(%)
Ladera y cima	DLI	3	MODERADA	1230,85	2,87
Cimas	DLc	3	MODERADA	137,02	0,32
Valle	DVv	5	MUY ALTA	60,96	0,14
Plano de Abanico	PAa	2	BAJA	13076,08	30,52
Cuerpo - Bajo	PACb	2	BAJA	2447,13	5,71
Plano de Terraza de Acumulación	PTa	2	BAJA	14501,67	33,85
Plano de Terraza de Acumulación Subreciente	PTas	2	BAJA	4125,09	9,63
Valle	PVv	5	MUY ALTA	3345,03	7,81
Plano de Terraza	FTa	2	BAJA	1797,18	4,19
Plano de Llanura Inundable	FPI	2	BAJA	89,49	0,21
Valle	FVv	5	MUY ALTA	76,33	0,18
Napa de desbordamiento	VPn	3	MODERADA	831,39	1,94
Orillar	VPo	5	MUY ALTA	472,53	1,10
Valle	VVv	5	MUY ALTA	17,50	0,04
Cauce	VCa	5	MUY ALTA	66,23	0,15
Modelado Antrópico	MA	1	MUY BAJA	572,63	1,34
ÁREA TOTAL				42847,11	100,00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

De acuerdo con la **Tabla 3.2.8-9**, el área de influencia donde se enmarca el proyecto presenta una muy baja susceptibilidad a presentar movimientos en masa en el **1,34%** (se relaciona geomorfológicamente con la geoforma denominada Modelado Antrópico - MA). Igualmente, el área en mención presenta una baja susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad en el **84,11%** y se correlaciona geomorfológicamente con las geoformas denominadas Plano de Abanico (PAa), Cuerpo-bajo (PACb), Plano de Terraza de Acumulación (PTa), Plano de Terraza de Acumulación Subreciente (PTas), entre otras. Asimismo, se presenta una moderada susceptibilidad en el **5,13%**

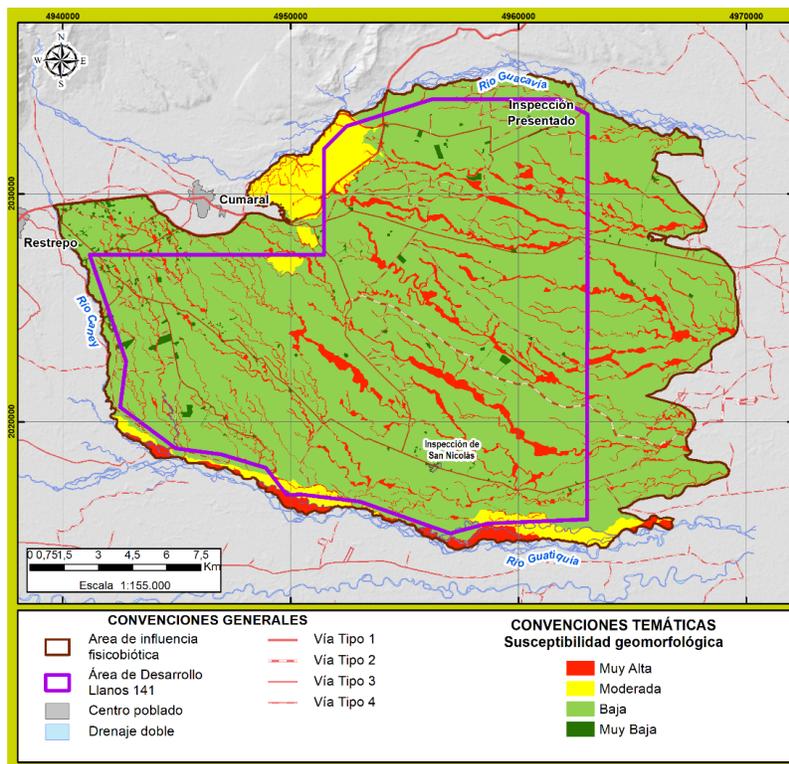
y se relaciona geomorfológicamente con la ladera y cima (DLI) y las cimas (DLc). Finalmente, el área de influencia presenta una muy alta susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad en el 9,42%, se relaciona geomorfológicamente con los valles (DVv, PVv, FVv y VVv), Orillares e Islotes (VPo) y el cauce actual (Vca) (Figura 3.2.8-6 y Figura 3.2.8-7).

Figura 3.2.8-6 Mapa de susceptibilidad por geomorfología (SG) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Figura 3.2.8-7 Mapa de susceptibilidad por geomorfología (SG) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

➤ **Hidrogeología (SH)**

El comportamiento de las unidades hidrogeológicas tiene una relación directa con las unidades geológicas aflorantes en el área de influencia, las cuales se agrupan de acuerdo con su productividad, capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas. En la **Tabla 3.2.8-10** se presentan los valores de susceptibilidad asignados a cada una de las unidades hidrogeológicas cartográficas y su representación espacial.

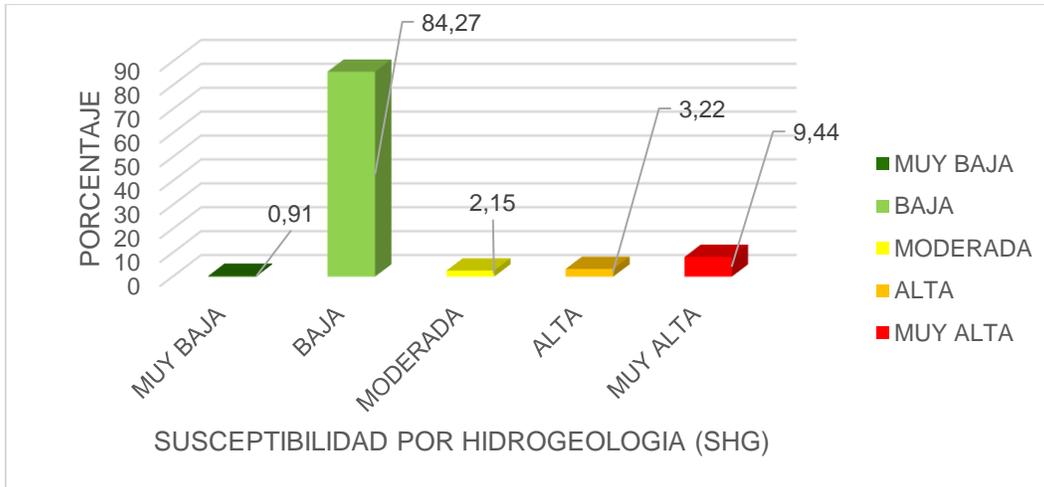
**Tabla 3.2.8-10 Valores de susceptibilidad por Hidrogeología (SHG) en el área de influencia**

LEYENDA UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS		UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
SISTEMA ACUÍFERO	CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS				(%)	
<b>SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO INTERGRANULAR</b>						
	Acuíferos de baja a mediana productividad, capacidad específica entre 0,05 y 2,0 L/s/m	Q1-Ab	Depósitos de Abanico Aluvial	2	BAJA	36,38
		N-Qt1	Depósito de Abanico – Terraza	2	BAJA	34,01
		N-Qt2	Depósito de Abanico – Terraza	2	BAJA	9,68
		N2c	Formación Guayabo	4	ALTA	3,22
	Acuíferos de baja a mediana productividad, capacidad específica entre 0,05 a 2,0 L/s/m	Q2-t1	Depósitos de Terraza Aluvial	2	BAJA	4,20
		Q2-lli	Depósitos de Llanuras de Inundación	3	MODERADA	2,15
		Q2-al1	Depósitos Aluviales recientes asociados a Cauces Mayores	5	MUY ALTA	1,26
		Q2-al2	Depósitos Aluviales recientes asociados a Cauces Menores	5	MUY ALTA	8,18
<b>SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>						
	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0,05 L/s/m.	Qar	Depósitos Antrópicos	1	MUY BAJA	0,91

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

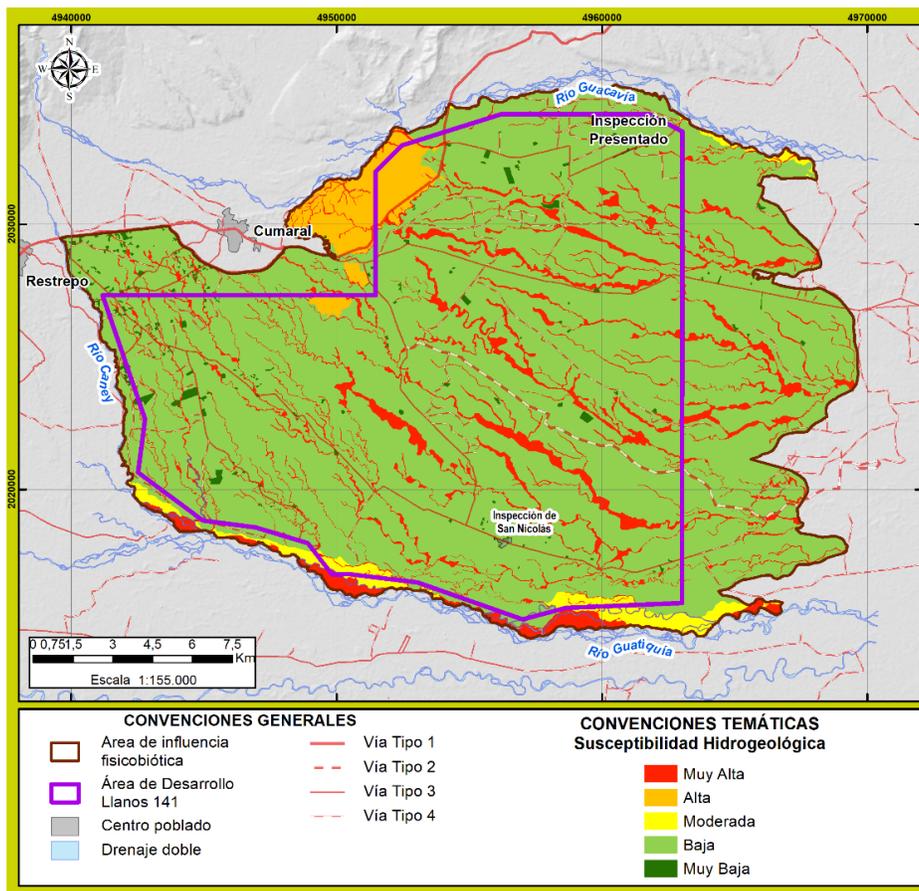
De acuerdo con la **Tabla 3.2.8-10**, el área de influencia presenta principalmente una baja susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa en el **84,27%** (se relaciona con los acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0,05 a 1,0 l/s/m) (**Figura 3.2.8-8 y Figura 3.2.8-9**).

Figura 3.2.8-8 Susceptibilidad por hidrogeología (SHG) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Figura 3.2.8-9 Mapa de susceptibilidad por hidrogeología (SHG) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

➤ **Coberturas de la Tierra (SC)**

Este componente es incluido como uno de los determinantes de la estimación de la estabilidad geotécnica, ya que los diferentes tipos de cobertura que se desarrollan sobre las unidades geológicas, geomorfológicas y de suelos, pueden servir de barrera o protección de las mismas ante agentes de meteorización (i.e: agua, viento, sol, acción antrópica), los cuales tienen una mayor incidencia dentro de un entorno tropical húmedo como es el que se presenta a lo largo y ancho de la geografía colombiana; en este orden de ideas la presencia o no de algún tipo de cobertura redundan en la mayor o menor exposición del suelo o nivel aflorante de roca, ya que este último puede ser degradado a diferente tipo de suelo residual proclive a ser movilizado a lo largo de las laderas a manera de diferentes tipos de movimientos de remoción en masa.

En la **Tabla 3.2.8-11** y **Figura 3.2.8-10** se presenta la calificación de la cobertura en función de la susceptibilidad a presentar eventos de inestabilidad, así como la representación porcentual y la representación espacial.

**Tabla 3.2.8-11 Valores de susceptibilidad por Cobertura de la Tierra (SC)**

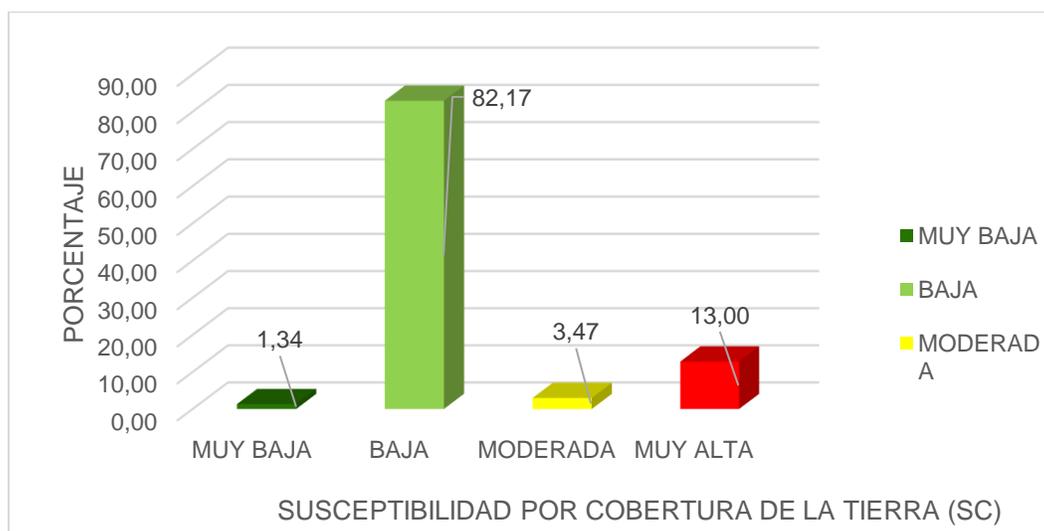
UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SC)			PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
CÓDIGO	COBERTURA DE LA TIERRA	NOMENCLATURA			(ha)	(%)
1.1.2	Tejido urbano discontinuo	Tud	1	MUY BAJA	14,89	0,03
1.2.1	Zonas industriales o comerciales	Zic	1	MUY BAJA	137,99	0,32
1.2.2.1	Red vial y territorios asociados	Rv	1	MUY BAJA	180,81	0,42
1.2.4.2	Aeropuertos sin infraestructura social	Asi	1	MUY BAJA	2,59	0,01
1.4.2	Instalaciones recreativas	Irc	1	MUY BAJA	239,54	0,56
2.1.1	Otros cultivos transitorios	Oct	2	BAJA	240,48	0,56
2.1.2.1	Arroz	Arz	2	BAJA	1551,95	3,62
2.2.2	Cultivos permanentes arbóreos	Cpa	2	BAJA	9,4	0,02
2.2.3.2	Palma de aceite	Pac	2	BAJA	3781,06	8,82
2.2.3.3	Cítricos	Ctr	2	BAJA	82,25	0,19
2.3.1	Pastos limpios	Pl	2	BAJA	20692,26	48,29
2.3.2	Pastos arbolados	Pa	2	BAJA	1407,51	3,28
2.3.3	Pastos enmalezados	Pe	3	MODERADA	1141,03	2,66
2.4.1	Mosaico de cultivos	Msc	2	BAJA	1849,74	4,32
2.4.2	Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	2	BAJA	2806,88	6,55
3.1.1.1.1	Bosque Denso Alto de Tierra Firme	Bdatf	2	BAJA	357,52	0,83
3.1.1.1.2.3	Palmares	Palm	3	MODERADA	203,07	0,47
3.1.4	Bosque de galería y ripario	Bgr	5	MUY ALTA	4992,69	11,65
3.1.5	Plantación forestal	Pf	2	BAJA	37,61	0,09

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SC)			PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
CÓDIGO	COBERTURA DE LA TIERRA	NOMENCLATURA			(ha)	(%)
3.2.1.1.2.1	Herbazal Denso inundable no arbolado	Hdina	2	BAJA	1283,38	3,00
3.2.3.1	Vegetación secundaria alta	Vsa	2	BAJA	595,94	1,39
3.2.3.2	Vegetación secundaria baja	Vsb	2	BAJA	509,23	1,19
3.3.1	Zonas arenosas naturales	Zan	5	MUY ALTA	15,46	0,04
3.3.3	Tierras desnudas y degradadas	Tdd	2	BAJA	7,33	0,02
4.1.1	Zonas pantanosas	Zpn	5	MUY ALTA	454,23	1,06
5.1.1	Ríos	R	5	MUY ALTA	72,36	0,17
5.1.2	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	LI	5	MUY ALTA	34,95	0,08
5.1.4	Cuerpos de agua artificiales	Caa	3	MODERADA	25,73	0,06
5.1.4.3	Estanques para acuicultura continental	Eac	3	MODERADA	119,24	0,28
ÁREA TOTAL					42847,11	100,00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

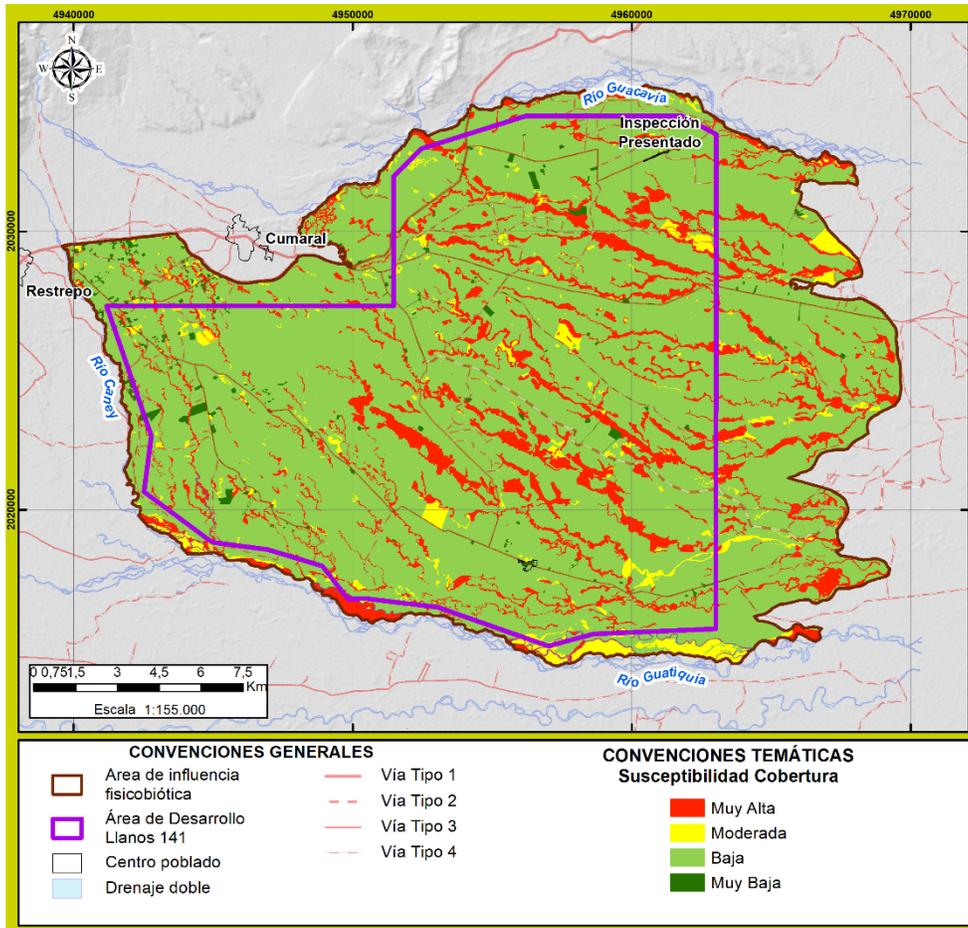
De acuerdo con la **Tabla 3.2.8-11**, en el área de influencia se presenta preferencialmente una susceptibilidad baja (con el **82,17%** del área) ante la generación de eventos por remoción en masa (asociada con la cobertura de la tierra denominada: otros cultivos transitorios (Oct), arroz (Arz), cultivos permanentes arbóreos (Cpa), palma de aceite (Pac), cítricos (Ctr), pastos limpios (Pl), pastos arbolados (Pa), mosaico de cultivos (Msc), mosaico de cultivos y pastos (Mpc), bosque fragmentado con vegetación secundaria (Bfvs), plantación forestal (Pf), vegetación secundaria alta (Vsa), vegetación secundaria baja (Vsb) (**Figura 3.2.8-10 y Figura 3.2.8-11**).

**Figura 3.2.8-10 Mapa de susceptibilidad por cobertura de la tierra (SC) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Figura 3.2.8-11 Mapa de susceptibilidad por cobertura de la tierra (SC) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

### ➤ Densidad de Drenajes (SD)

Para la valoración de la susceptibilidad del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa en función de la densidad de drenajes, se tomó el índice calculado previamente en el numeral 3.1.4.3.1.3\_Relativos al drenaje del capítulo 3.1.4\_Hidrología, en donde se determina o relaciona la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca sobre la cual drenan las corrientes hídricas. Los factores que controlan y determinan la densidad de drenaje son la litología, la permeabilidad del suelo, la capacidad de infiltración, la cobertura y tipo de esta. La densidad de drenaje constituye un indicador del potencial de erosivo intrínseco del área de influencia (Tabla 3.2.8-12).

Tabla 3.2.8-12 Valores de susceptibilidad por Densidad de Drenajes (SD) en el área de influencia

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SD)		PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
DENSIDAD DEL DRENAJE	NOMENCLATURA			(ha)	(%)
Baja	B	3	MODERADA	42847,11	100,00
Moderada	M	3	MODERADA		
ÁREA TOTAL				42847,11	100,00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)



➤ **Densidad de Fallas y/o Fracturamiento (SF)**

El estado de fracturación de las rocas depende de la presencia y magnitud de las fallas geológicas, fracturas y sistemas de diaclasamiento; las cuales permiten en los macizos rocosos el desarrollo de procesos de meteorización de las rocas, y desarrollo de zonas de debilidad, que las hacen más susceptibles a fallamiento e inestabilidad del terreno. Para la calificación de la susceptibilidad se consideraron los rasgos estructurales que afectan el área de influencia o reportados en la cartografía del Servicio Geológico Colombiano – SGC (antes INGEO MINAS) y en la cartografía de U.S. Geological Survey (USGS).

Regionalmente la cuenca de los Llanos Orientales corresponde a un monoclinial que buza suavemente hacia el oeste, con una variación entre uno y cinco grados de este a oeste, cuya parte occidental está deformada por fallamientos y plegamientos intensos, que gradualmente se atenúan hacia el oriente donde las fallas son de tipo normal, de alto ángulo a verticales con saltos moderados a bajos y presentan una dirección predominante NE – SW e involucran rocas del basamento hasta el Paleógeno.

En el área de influencia donde se enmarca el proyecto es posible distinguir el trazo de lineamientos de falla en sentido preferencial NE-SW - NW-SE, pertenecientes al Sistema de Fallas del Borde Llanero y que es fácilmente reconocible por los rasgos geomorfológicos que se evidencian en el DEM, donde se aprecian desplazamientos sub verticales principalmente en los depósitos del Cuaternario, mostrando de esta manera que existe actividad neotectónica en el área. Es así, que para la falla de Villavicencio - Colepato (FV) se tomó una franja de afectación de 500 m (150 m a lado y lado del eje del lineamiento de falla) con una categoría de susceptibilidad de moderada. El área restante que no presenta evidencias de falla se califica con una categoría de susceptibilidad baja (Tabla 3.2.8-13, Figura 3.2.8-14 y Figura 3.2.8-15).

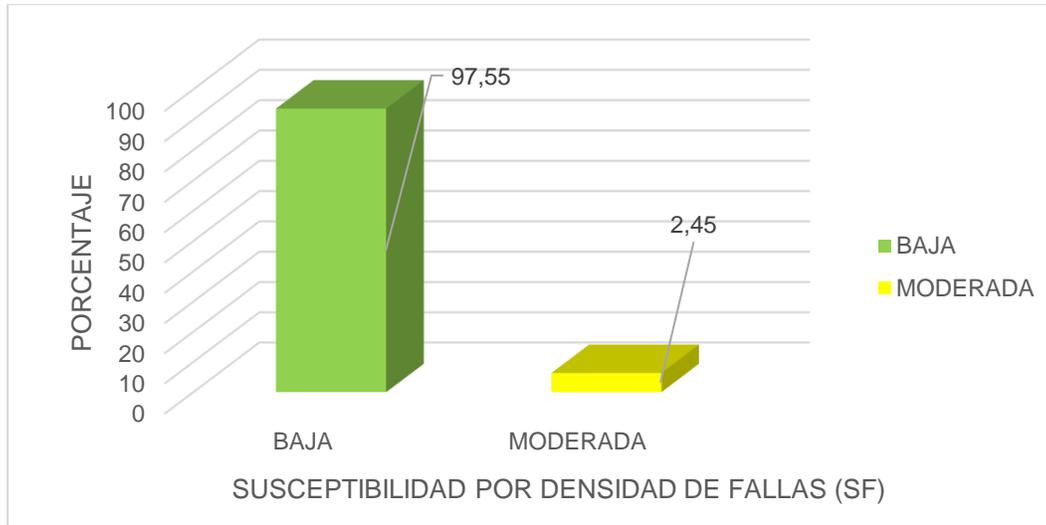
**Tabla 3.2.8-13 Ponderación de fallas según tipo (SF)**

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SF)	PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
			(ha)	(%)
DENSIDAD DE FALLAS				
Sin evidencia de falla y/o pliegue	2	BAJA	41796,20	97,55
Lineamientos de fallas	3	MODERADA	1050,91	2,45
ÁREA TOTAL			42847,11	100,00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

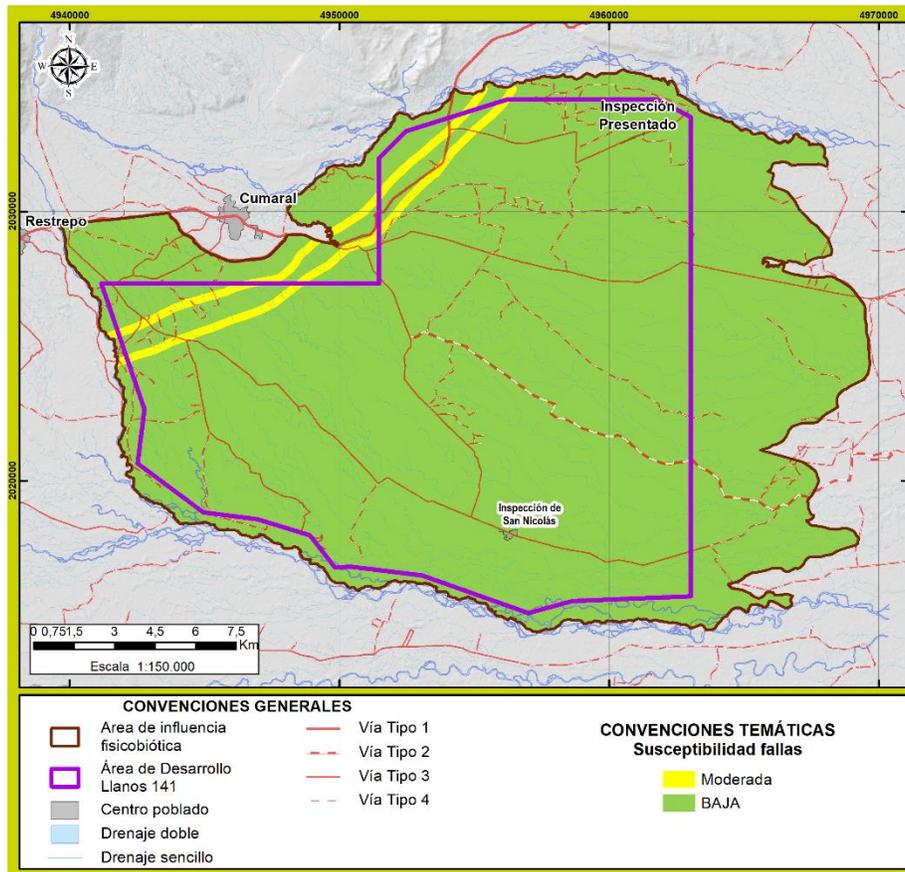
De acuerdo con la **Tabla 3.2.8-13**, el área de influencia presenta una moderada susceptibilidad a presentar movimientos en masa con el **97,55%** (**Figura 3.2.8-14** y **Figura 3.2.8-15**).

Figura 3.2.8-14 Susceptibilidad por densidad de fallas (SF) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Figura 3.2.8-15 Mapa de susceptibilidad por densidad de fallas (SF) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

➤ **Pendientes (SP)**

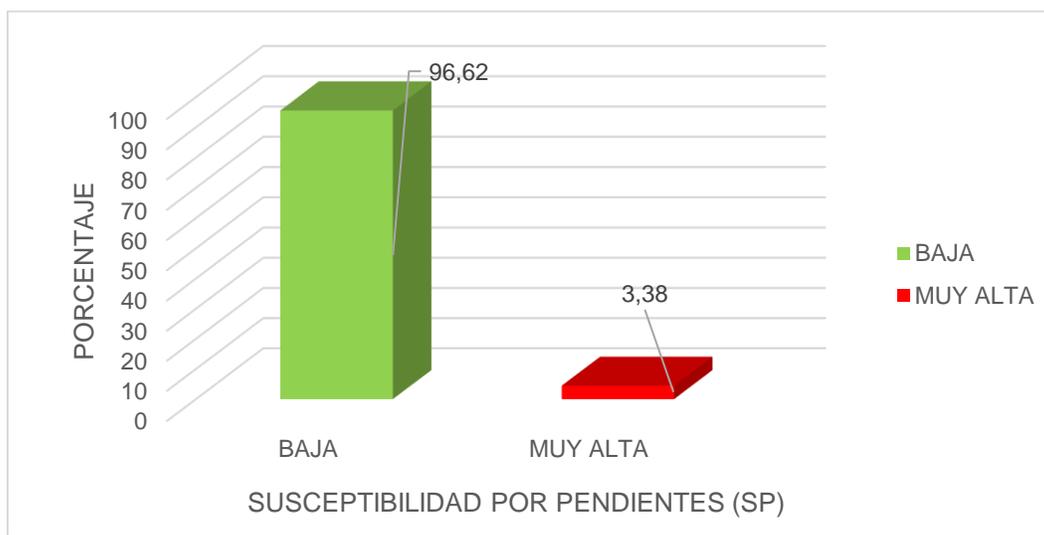
El grado de inclinación de la superficie del terreno, en correspondencia con la relación directa con el estado de esfuerzos de corte de masas de suelo o roca, se configura como uno de los pilares en la evaluación de la estabilidad de laderas y taludes. En este orden de ideas, si bien las franjas con mayores gradientes se asocian a condiciones de menor estabilidad, apreciación fundada en la mayor presencia de procesos de inestabilidad, su génesis no responde directamente a la inclinación topográfica sino a la presencia de materiales poco a nada consolidados, macizos con alto grado de fracturamiento y perfiles de meteorización expuestos, que eventualmente pueden ser movilizados por la interacción de condiciones asociadas a la pendiente y saturación de los materiales referidos, mientras en las zonas de pendientes bajas se tiene baja presencia de este tipo de procesos (Tabla 3.2.8-14, Figura 3.2.8-16 y Figura 3.2.8-17).

**Tabla 3.2.8-14 Valores de susceptibilidad por Pendientes (SP) en el área de influencia**

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SP)		PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
INTERVALO DE PENDIENTES	NOMENCLATURA			(ha)	(%)
A nivel, 0-1%	a	2	BAJA	3491,82	8,15
Ligeramente plana, 1-3%	a	2	BAJA	29059,86	67,82
Ligeramente inclinada, 3-7%	b	2	BAJA	6228,96	14,54
Moderadamente inclinada, 7-12%	c	2	BAJA	2616,3	6,11
Fuertemente inclinada, 12-25%	d	5	MUY ALTA	821,63	1,92
Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50%	e	5	MUY ALTA	395,5	0,92
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada, 50-75%	f	5	MUY ALTA	180,28	0,42
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada, 75-100%	g	5	MUY ALTA	52,76	0,12
ÁREA TOTAL				42847,11	100,00

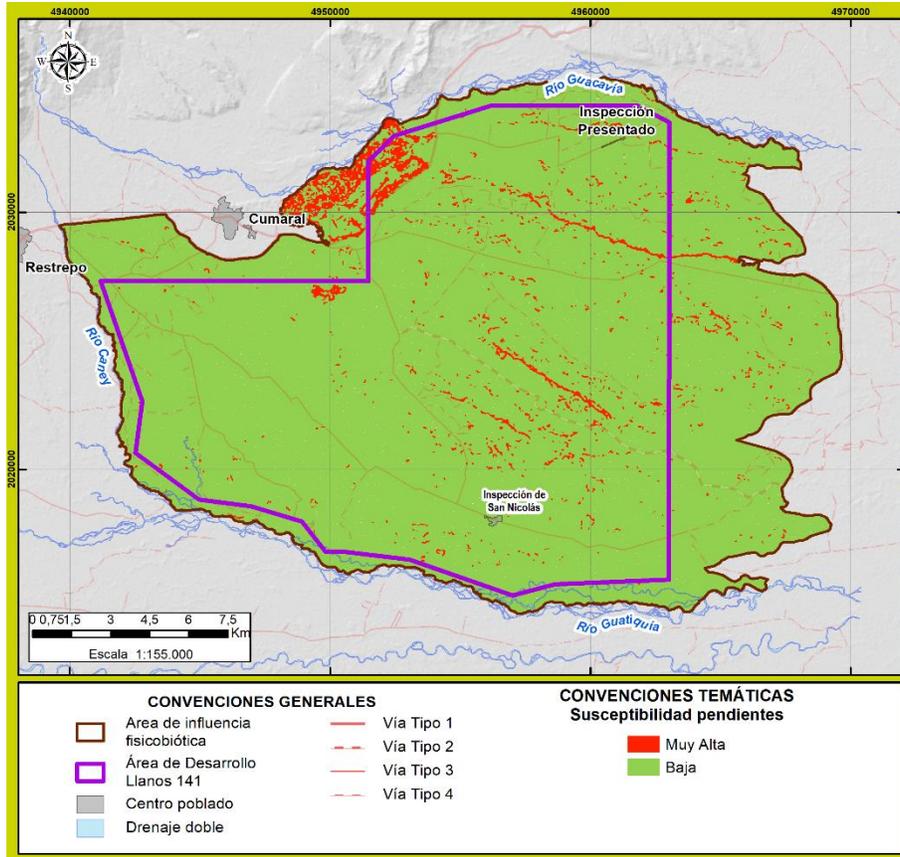
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.8-16 Susceptibilidad por pendientes (SP) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 3.2.8-17 Mapa de susceptibilidad por pendientes (SP) a la generación fenómenos de remoción en masa (por Pendientes -SP) en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

### ➤ Intensidad de Erosión

La erosión superficial del terreno está dada por una relación entre la cobertura, que es la que se encarga de proteger el terreno y las características del material que conforma el terreno. Para el área de influencia, se evidenció una relación entre unas unidades previamente cartografiadas y los procesos erosivos superficiales evidenciados, dando así las siguientes calificaciones (Tabla 3.2.8-15, Figura 3.2.8-18 y Figura 3.2.8-19).

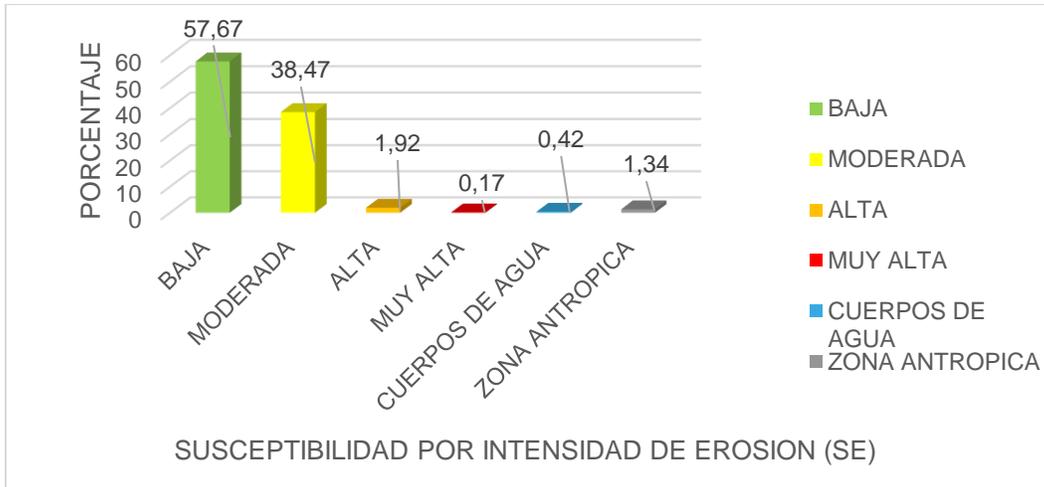
Tabla 3.2.8-15 Valores de susceptibilidad por Intensidad de Erosión (SE) en el área de influencia

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SP)	PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA	
			(ha)	(%)
<b>ERODABILIDAD</b>				
Baja	2	BAJA	16389,86	38,25
Moderadamente baja	2	BAJA	8321,85	19,42
Moderada	3	MODERADA	16485,08	38,47
Moderadamente alta	4	ALTA	821,79	1,92
Cuerpo de agua (Ríos)	5	MUY ALTA	72,81	0,17
Cuerpos de agua lenticos		N.A	179,91	0,42
Zonas Antrópicas		N.A.	5375,81	1,34
ÁREA TOTAL			42871,11	100,00

Nota: N.A. No aplica

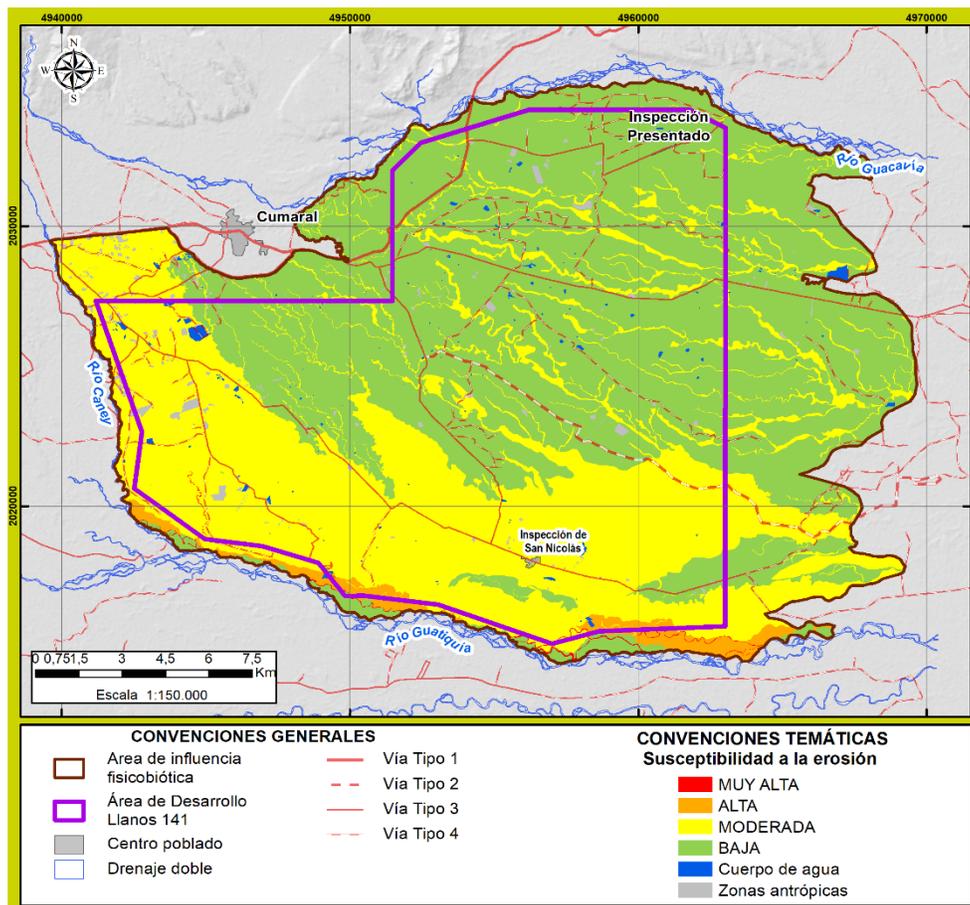
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 3.2.8-18 Susceptibilidad por intensidad de erosión (SE) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Figura 3.2.8-19 Mapa de susceptibilidad por Intensidad de Erosión (SE) a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

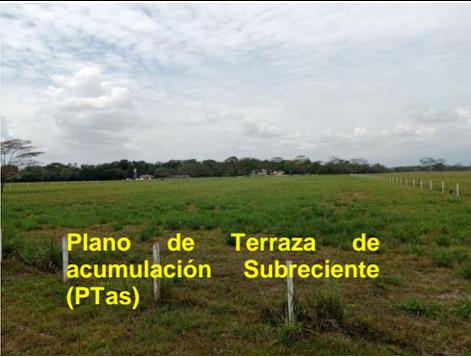
### 3.2.8.2.1.2 Susceptibilidad general del terreno (ST)

Como se mencionó anteriormente, para la determinación del mapa de susceptibilidad general del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa, se realiza un análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), en el cual son sumados digitalmente los mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de estos procesos. Este procedimiento se realizó utilizando el SIG ArcGis10, y está representado por la siguiente ecuación:

En la **Tabla 3.2.8-16 y Figura 3.2.8-20** se presenta la distribución en porcentaje y distribución espacial de las categorías de susceptibilidad general del terreno dentro del área de Influencia.

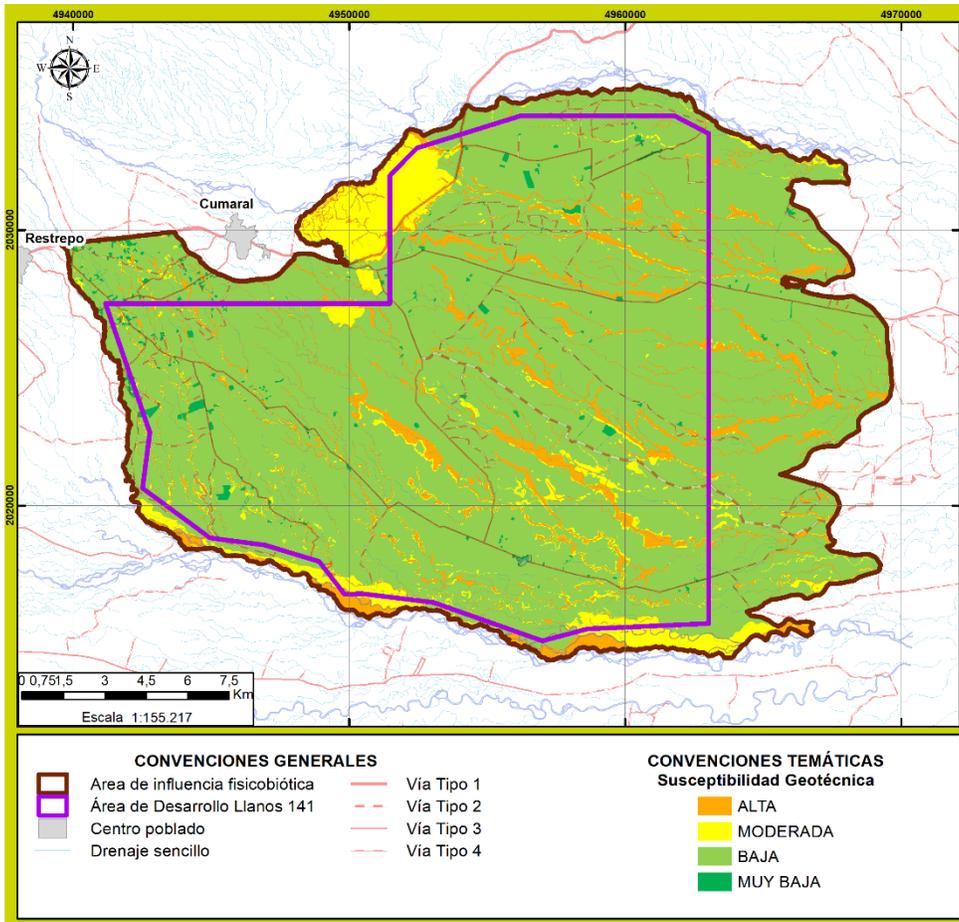
**Tabla 3.2.8-16 Susceptibilidad a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia donde se enmarca el proyecto**

SUSCEPTIBILIDAD A LA GENERACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA		ÁREA DE INFLUENCIA		REGISTRO FOTOGRÁFICO
		ha	%	
Alta (A)	Ocupa el 9,40% del área de influencia.	4026,149,40	9,40	 <p><b>Caño El Caibe</b></p> <p>Fecha de toma: 18-0-2023</p> <p>Estación geomorfológica GEOM-1. Detalle del valle del caño El Caibe, asociada geológicamente con los depósitos aluviales recientes de Cauces menores (Q2al-3). Coordenadas Origen Nacional E= 4947080,96 – N= 2023567,48</p>
	<p>Geológicamente está relacionada con los Depósitos Aluviales Asociados a Cauces Mayores (Q2-al-1) correlacionados con la dinámica activa del río Guacavía, Guatiquía y Caney y con los Depósitos Aluviales Asociados a Cauces Menores (Q2-al2).</p> <p>A nivel del componente geomorfológico se correlaciona con las geoformas asociadas con a la red del drenaje menor denominadas Valle (PVv, FVv y VVv) Asimismo, hacia el costado occidental del área de influencia está asociada a la geoforma denominada los Orillares e Islotes (VPo) y Cauce (VCa).</p> <p>La principal cobertura de la tierra que se observa en esta área es bosque de galería y ripario (Bgr).</p>			
Moderada (M)	Ocupa el 7,53% del área de influencia.	3226,04	7,53	 <p><b>Cimas y laderas (DLI)</b></p> <p>Fecha de toma: 13-02.2023.</p> <p>Panorámica desde la estación GEOM-25, en donde se observa la forma del terreno de Cimas y laderas (DLI) caracterizada por presentar una morfología sobresaliente, con un intervalo de pendiente fuertemente inclinado (12-25%) a ligeramente escarpado (25-50%), con una forma de la ladera irregular y compleja, cubierta por pastos arbolados (PI) en la parte baja de la geoforma y bosque hacia la parte alta de la cima. Coordenadas Origen Nacional E: 4950884,50 - N: 2029491,25</p>
	<p>Geológicamente está relacionada con las rocas de la Formación Guayabo (N2c) constituida principalmente por una intercalación de rocas duras y blandas.</p> <p>Geomorfológicamente, se asocia con las formas del terreno denominadas Cimas y laderas (DLI) y Cimas (DLC), caracterizadas por presentar un intervalo de pendiente ligeramente escarpada (25 - 50%) a fuertemente inclinada (12-25%). Asimismo, hacia el costado occidental del área de influencia está asociada a la Napa de Desbordamiento (VPn).</p> <p>El área en mención localizada hacia el costado norte y nororiental presenta una susceptibilidad moderada a la generación de movimientos en masa y erosión de grado moderada a ligera, especialmente en aquellas áreas donde la disminución de la cobertura del bosque ha favorecido la acción denudativa del agua lluvia (factor detonante), fomentando no solamente los procesos erosivos hídricos de tipo laminar laminares.</p>			

SUSCEPTIBILIDAD A LA GENERACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA		ÁREA DE INFLUENCIA		REGISTRO FOTOGRÁFICO
		ha	%	
Baja (B)	<p>La zona definida de susceptibilidad baja a la generación de fenómenos de remoción en masa ocupa el 81,24% del área de influencia.</p> <p>A nivel del componente geológico se asocia con Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-IIi), Depósito de Abanico Aluvial (Q1-Ab) y Abanico – Terraza (N-Qt).</p> <p>Geomorfológicamente, se asocia con las formas del terreno denominadas Plano de Abanico (PAa), Cuerpo – Bajo (PAb), Plano de Terraza de Acumulación (PTa), Plano de Terraza de Acumulación Subreciente (PTas), Plano de Terraza (FTa), Plano de Llanura Inundable (FPI), caracterizadas por presentar una morfología baja y procesos erosivos de tipo laminar y en surcos, de grado moderado a ligero. La principal cobertura de la tierra que se observa en esta área es pastos limpios (PI) y, pasos arbolados (Pa).</p>	35024,41	81,24	 <p>Fecha de toma: 14-02-2023 GEOM-15. Panorámica del Plano de Terraza de Acumulación Subreciente (PTas), caracterizado por presentar una morfología baja, por estar cubierta principalmente por pastos limpios (PI) y por la ausencia de proceso erosivos y de inestabilidad. Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional E: 4958762,82 - N: 2032023,05.</p>
Muy Baja (MB)	<p>La zona definida de susceptibilidad ante la generación de fenómenos de remoción en masa denominada muy baja a la generación de fenómenos de remoción en masa ocupa el 1,33% del área de influencia.</p> <p>Geológicamente está asociada con el Relleno Antrópico (Qar) constituido por material principalmente granular (tamaño grava) y de composición polimíctica, de moderada a bien compactado.</p> <p>Geomorfológicamente, se correlaciona con la forma del terreno denominada Modelado Antrópico (construcciones de tipo puntual y lineal), caracteriza por presenta un intervalo de pendiente baja.</p>	570,51	1,33	 <p>Fecha de toma: 11-02-2023 GEOM-27. Se observa la infraestructura lineal (vía de acceso de tipo terciaria), pavimentada, en buenas condiciones de transitabilidad y estabilidad. Coordenadas Origen Nacional E: 4949284,38 - N: 2022015,76</p>
<b>ÁREA TOTAL</b>		42847,11	100,00	

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Figura 3.2.8-20 Mapa de susceptibilidad del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

### 3.2.8.2.2 Determinación de la zonificación geotécnica

Para la elaboración del mapa de zonificación geotécnica se emplearon los factores intrínsecos (y/o susceptibilidad del terreno (ST) determinada en el numeral 3.2.8.2.1) y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los procesos de erosivos y/o de remoción en masa (factor sísmico y de precipitación), para lo cual se realiza la siguiente operación (ecuación):

$$ZG = ST * (FP + FS) \text{ (Ecuación 1)}$$

ZG = Zonificación Geotécnica

ST = Susceptibilidad total del terreno a los procesos erosivos y/o de remoción en masa.

FP = Factor detonante por precipitación.

FS = Factor detonante por sismicidad.

#### 3.2.8.2.2.1 Factores detonantes

Los factores desencadenantes o detonantes que se contemplaron en la ejecución del modelo son (2), a saber: precipitación y sismicidad.

➤ **Factor Detonante Sismicidad (FS)**

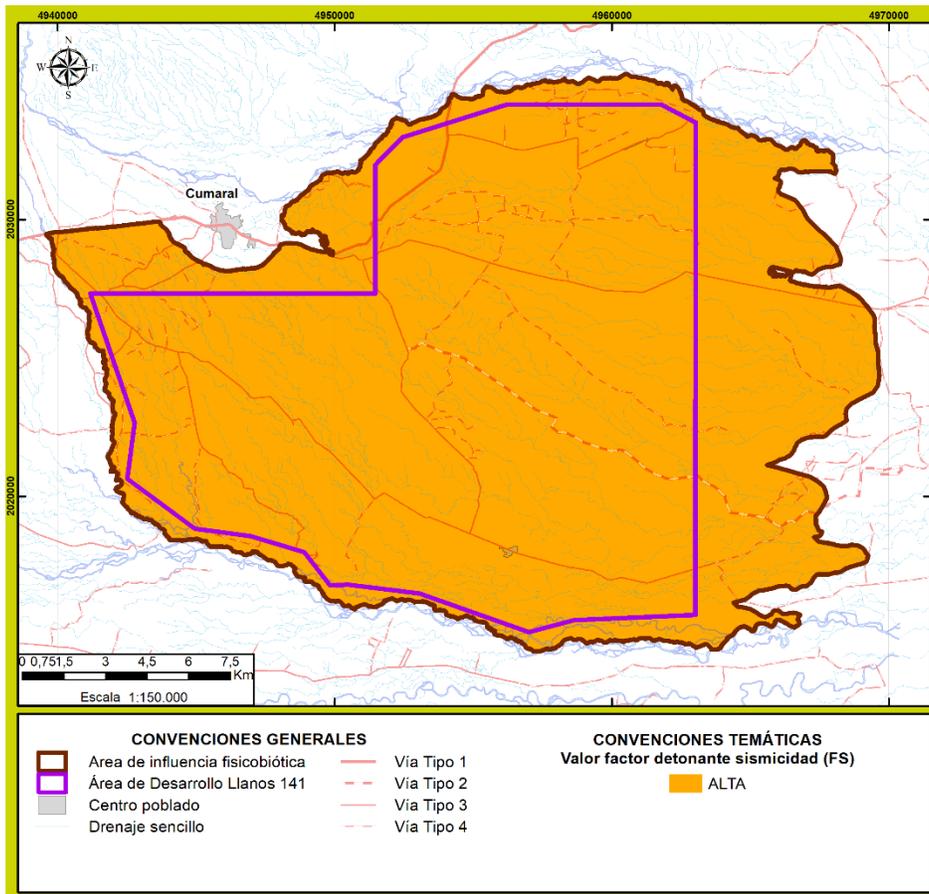
Bajo esta denominación se considera la condición latente derivada de la posible ocurrencia de un sismo de cierta magnitud, distancia y profundidad, que puede causar daño a la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la economía pública y privada. Para conocer la posible intensidad de la amenaza (energía en el sitio de estudio), es necesario estudiar a nivel regional las fuentes sísmicas para determinar el potencial de generar sismos fuertes, y la respuesta sísmica (amplificación o reamplificación) de los suelos y rocas ante las ondas sísmicas (**Tabla 3.2.8-17 y Figura 3.2.8-21**).

**Tabla 3.2.8-17 Valor factor detonante sismicidad (FS) en el área de influencia**

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SE)	PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA
ALTA	4	ALTA	100,00
<b>ARA TOTAL (%)</b>			<b>100,00</b>

Fuente: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título A 7 y adaptado por ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.8-21 Mapa del Factor Detonante Sismicidad (FS) en el área de influencia**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

7 Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes; Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título A; Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; Bogotá D.C.; 2010

➤ **Factor Detonante Precipitación (FP)**

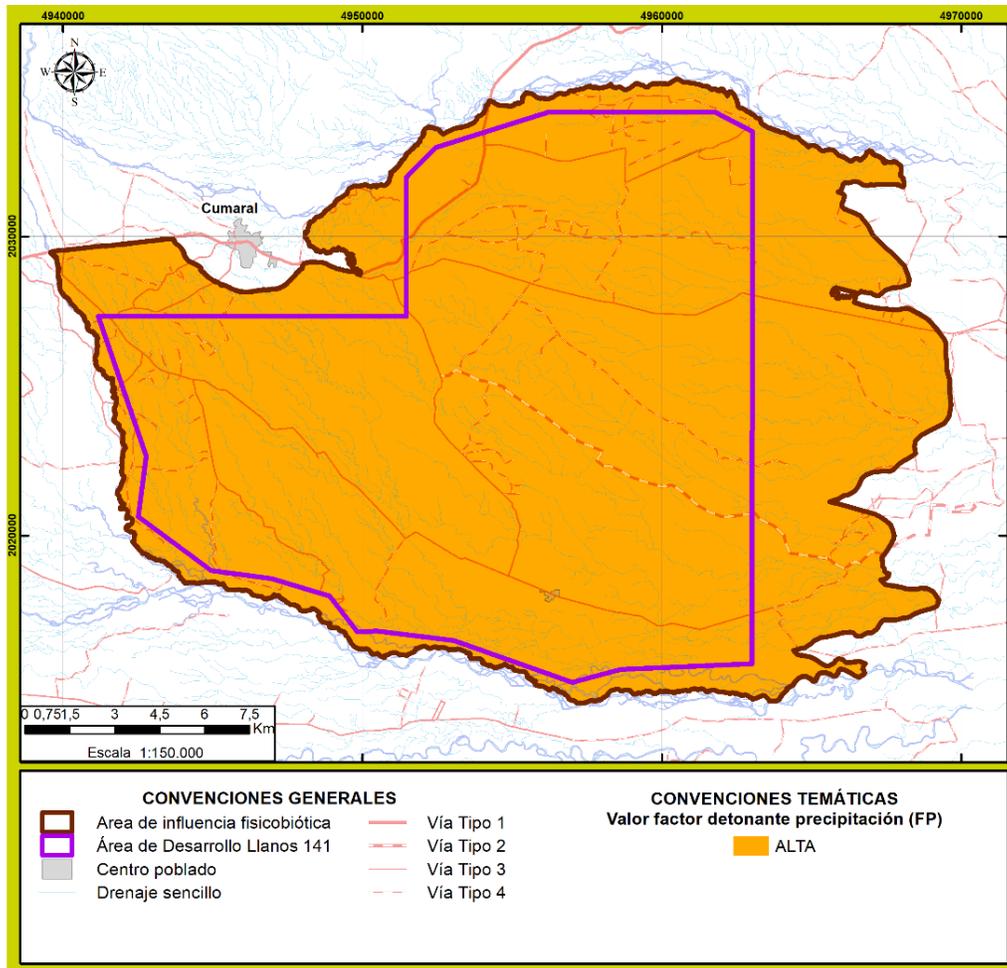
La precipitación es en general, el término que agrupa todas las formas de humedad emanadas de la atmósfera y depositada posteriormente en la superficie terrestre (i.e: lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada). Este parámetro del clima es el de mayor relevancia ya que es el controlador principal del ciclo hidrológico, así como de la naturaleza del paisaje y del uso del suelo. En este orden de ideas, los promedios de precipitación anual en el área de influencia donde se enmarca el proyecto, según varias estaciones meteorológicas consultadas están entre 3500 mm y 10000 mm anuales, lo que indica que es un promedio de lluvias alto. La calificación asociada a los diferentes valores de precipitación se consigna en la **Tabla 3.2.8-18** y **Figura 3.2.8-22**.

**Tabla 3.2.8-18** Valores de susceptibilidad por factor detonante precipitación (FP) en el área de influencia

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE PARÁMETRO (SE)	PESO	SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA
10000 - 3500	4	ALTA	100,00
<b>ÁREA TOTAL (%)</b>			<b>100,00</b>

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

**Figura 3.2.8-22** Mapa del Factor detonante precipitación (FP) en el área de influencia



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

### 3.2.8.2.2 Zonificación Geotécnica (ZG)

El análisis de la zonificación geotécnica se realiza desde cinco (5) categorías de Amenaza Relativa y cinco (5) de Estabilidad Geotécnica, las cuales son inversamente proporcionales entre ellas, es decir que entre menor sea la amenaza relativa es mayor la estabilidad geotécnica. Para su análisis se clasifica en cinco (5) categorías, que van desde muy alta a muy baja y corresponden a la agrupación metodológica de zonas homogéneas de los factores de ponderación evaluados anteriormente. En la **Tabla 3.2.8-19**, se determinan los rangos de las categorías.

**Tabla 3.2.8-19 Categorías para la Zonificación Geotécnica (ZG)**

RANGOS DE VALORES	AMENAZA RELATIVA	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
< 12	Muy Baja	MUY ALTA
13 – 22	Baja	ALTA
23 – 31	Moderada	MODERADA
32– 41	Alta	BAJA
> 42	Muy Alta	MUY BAJA

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Adicionalmente, y con el fin de calibrar el modelo geotécnico a la zonificación geotécnica obtenida se le adiciona los procesos morfodinámicos asociados con los fenómenos de remoción en masa (descritos en el numeral 3.2.2\_geomorfoloía), con el fin de obtener finalmente la zonificación geotécnica dentro del área de influencia (**Tabla 3.2.8-20 y Figura 3.2.8-23**).

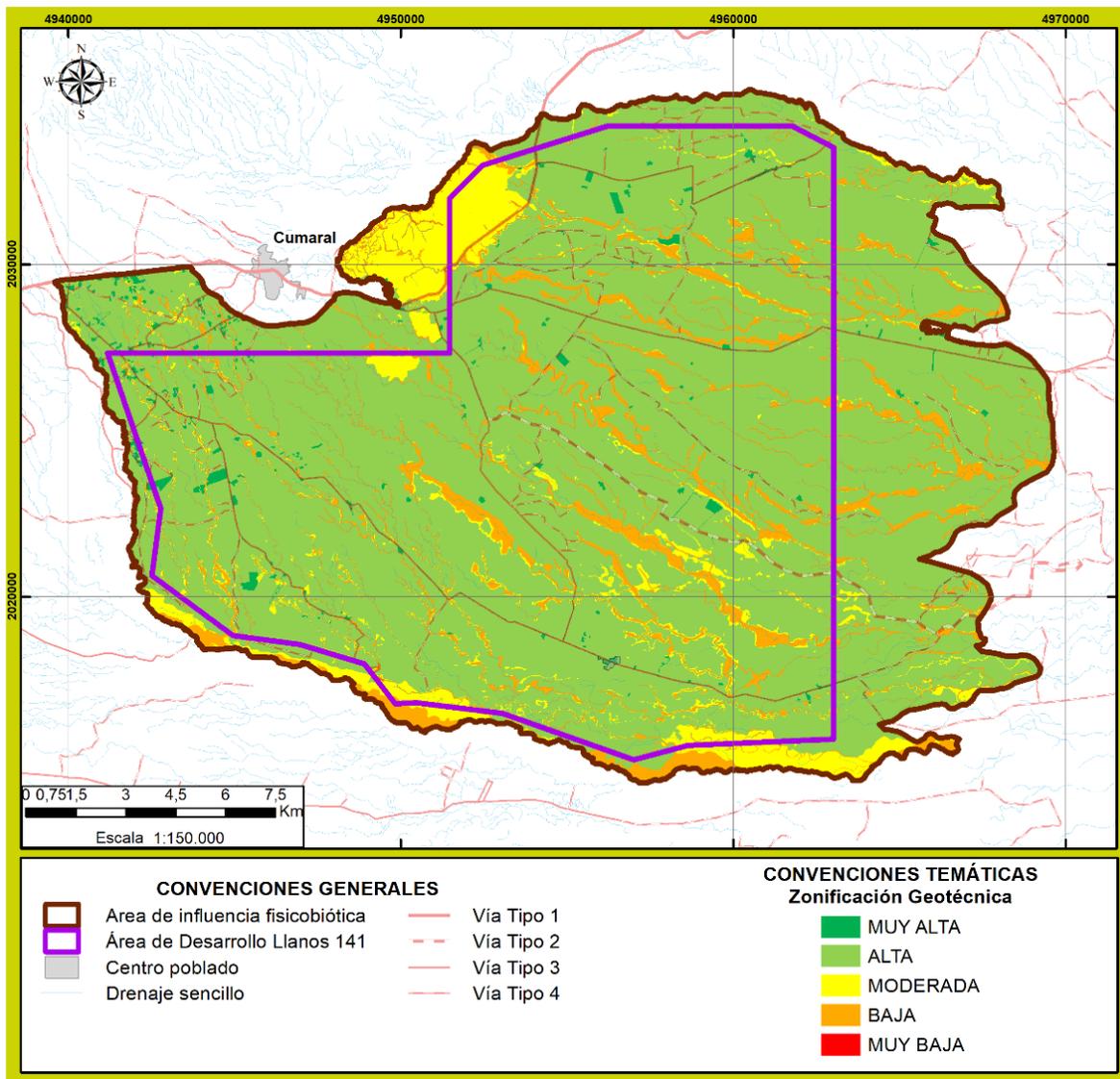
Tabla 3.2.8-20 Zonificación Geotécnica (ZG) en el área de influencia del AD llanos 141

ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	AMENAZA RELATIVA	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MATERIAL	ÁREA DE INFLUENCIA		ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141	
					ha	%	ha	%
Muy Baja	Muy Alta	ZGMB	Se correlaciona con aquellas áreas donde la disminución de la cobertura del bosque ha favorecido la acción denudativa del agua lluvia (factor detonante), fomentando no solamente los procesos erosivos hídricos de tipo laminar, sino también los movimientos en masa tipo deslizamientos rotacionales y caída de detritos y/o material (suelo).	Roca Meteorizado de la Formación Guayabo (N2c)	7,47	0,02	6,29	0,02
Baja	Alta	ZGB	<p>La zona definida de baja estabilidad geotécnica ocupa el 9,40% del área de influencia.</p> <p>Geológicamente está relacionada con los Depósitos Aluviales Asociados a Cauces Mayores (Q2-al-1) correlacionados con la dinámica activa del río Guacavía, Guatiquía y Caney y con los Depósitos Aluviales Asociados a Cauces Menores (Q2-al2).</p> <p>A nivel del componente geomorfológico se correlaciona con las geoformas denominadas Valle (DVv, PVv, FVv y VVv). Asimismo, hacia el costado occidental del área de influencia está asociada a la geoforma denominada los Orillares e Islotes (VPo) y Cauce (CA).</p> <p>La principal cobertura de la tierra que se observa en esta área es bosque de galería y ripario (Bgr).</p>	Suelo depositado	4027,46	9,40	2546,71	8,78
Moderada	Media	ZGM	<p>La zona definida como de moderada estabilidad geotécnica ocupa el 7,51% del área de influencia.</p> <p>Geológicamente está relacionada con las rocas de la Formación Guayabo (N2c) constituida principalmente por una intercalación de rocas duras y blandas.</p> <p>Geomorfológicamente, se asocia con las formas del terreno denominadas Cimas y laderas (DLI) y Cimas (DLC), caracterizadas por presentar un intervalo de pendiente ligeramente escarpada (25 - 50%) a fuertemente escarpada (75-100%). Asimismo, hacia el costado occidental del área de influencia está asociada la Napa de Desbordamiento (VPn).</p> <p>El área en mención localizada hacia el costado norte y nororiental presenta una susceptibilidad moderada a la generación de movimientos en masa y erosión de grado moderada a ligera, especialmente en aquellas áreas donde la disminución de la cobertura del bosque ha favorecido la acción denudativa del agua lluvia (factor detonante), fomentando no solamente los procesos erosivos hídricos de tipo laminar.</p>	Roca meteorizada y Suelo depositado	3217,19	7,51	1484,35	5,12

ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	AMENAZA RELATIVA	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MATERIAL	ÁREA DE INFLUENCIA		ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141	
					ha	%	ha	%
Alta	Baja	ZGA	<p>La zona definida como de alta estabilidad geotécnica ante la generación de fenómenos de remoción en masa ocupa el 81,74% del área de influencia.</p> <p>A nivel del componente geológico se asocia con Depósitos de Llanura de Inundación (Q2-IIi), Depósito de Abanico Aluvial (Q1-Ab) y Abanico – Terraza (N-Qt).</p> <p>Geomorfológicamente, se asocia con las formas del terreno denominadas Plano de Abanico (PAa), Cuerpo – Bajo (PAcb), Plano de Terraza de Acumulación (PTa), Plano de Terraza de Acumulación Subreciente (PTas), Plano de Terraza (FTa), Plano de Llanura Inundable (FPi), caracterizadas por presentar una morfología baja y procesos erosivos de tipo laminar y en surcos, de grado moderado a ligero. La principal cobertura de la tierra que se observa en esta área es pastos limpios (PI) y, pasos arbolados (Pa).</p>	Suelo depositado	35024,38	81,74	24592,80	84,75
Muy Alta	Muy Baja	ZGMA	<p>La zona definida como de muy alta estabilidad geotécnica ante la generación de fenómenos de remoción en masa denominada muy baja a la generación de fenómenos de remoción en masa ocupa el 1,33% del área de influencia.</p> <p>Geológicamente está asociada con el Relleno Antrópico (Qar) constituido por material principalmente granular (tamaño grava) y de composición polimíctica, de moderada a bien compactado.</p> <p>Geomorfológicamente, se correlaciona con la forma del terreno denominada Modelado Antrópico (construcciones de tipo puntual y lineal), caracteriza por presenta un intervalo de pendiente baja.</p>	Suelo depositado	507,62	1,33	387,82	1,34
ÁREA TOTAL					42847,11	100,00	29017,96	100,00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 3.2.8-23 Mapa de zonificación geotécnica en el área de influencia del AD Llanos 141



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En el **Anexo 12\_CARTOGRAFIA/PDF/CO\_LLA\_N\_GTC\_20220506\_04\_GEOTECNIA** se presenta la descripción y caracterización de cada una de las zonas identificadas dentro del área de influencia donde se enmarca el proyecto.