



Agencia Nacional de
Infraestructura



**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA – YONDO**

CONTRATO DE CONCESIÓN APP 013 DE 2015

CONSULTOR

CAPITULO 5.11.GEOLOGIA Y 5.1.2 GEOMORFOLOGIA

BOGOTÁ

MAYO 2016

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

DEPENDENCIA	No. DE COPIAS
INTERVENTORÍA	ORIGINAL
CONCESIONARIO	COPIA

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Título Documento		ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN CORREDOR VIAL BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO		
Documento No.		AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA CÓDIGO CONCESIÓN- CONTRATO -ESPECIALIDAD- VERSIÓN		
A P R O B A C I Ó N	Número de Revisión			
	Responsables por elaboración	NOMBRE	Omar Leiva	Geólogo
		FIRMA		
		MAT:		
		FECHA		
	Responsable por revisión y aprobación	NOMBRE	Mauricio Maldonado	Director de Proyecto
		FIRMA		
		MAT:		
		FECHA		

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN
PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO**

CONTROL DE MODIFICACIÓN DEL DOCUMENTO

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
CAPITULO 5.11.GEOLOGIA Y 5.1.2 GEOMORFOLOGIA ESTUDIO DE IMPACTO
AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN PROYECTO BUCARAMANGA –
BARRANCABERMEJA –YONDO**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
5.1 MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.1 GEOLOGÍA	1
5.1.2 GEOMORFOLOGÍA	41

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

**CONCESIÓN RUTA DEL CACAO
CAPITULO 5.11.GEOLOGIA Y 5.1.2 GEOMORFOLOGIA ESTUDIO DE IMPACTO
AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN PROYECTO BUCARAMANGA –
BARRANCABERMEJA –YONDO**

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 5–1 Tipos de terrenos presentes en el túnel de la paz	25
Tabla 5–2 Tipos de terrenos presentes en el tunel de la Sorda	27
Tabla 5–3 Consulta de sismos para los municipios de Lebrija y Barrancabermeja	30
Tabla 5–4 Valores de Aa, Av, Ae y Ad para los municipios que atraviesa el proyecto.....	37

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

CONCESIÓN RUTA DEL CACAO CAPITULO 5.11.GEOLOGIA Y 5.1.2 GEOMORFOLOGIA ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 5-1 Diagrama de la Metodología utilizada para la geología y geomorfología	1
Figura 5-2 Perfil general de la geología, para el sector Lebrija Barrancabermeja	2
Figura 5-3 Provincias geológicas de basamento de Colombia	3
Figura 5-4 Columna Estratigráfica generalizada, trazo proyectado de la vía	5
Figura 5-5 Planta geológico del túnel La Paz	25
Figura 5-6 Perfil geologico del túnel La Paz	26
Figura 5-7 Planta geologico del túnel La Sorda.....	28
Figura 5-8 Perfil geologico del túnel La Sorda	28
Figura 5-9 Mapa de fallas Activas y sismicidad del nororiente, Bucaramanga Barrancabermeja.....	29
Figura 5-10 Mapa de sismicidad sectores, Lebrija y Barrancabermeja 1995-2015.....	30
Figura 5-11 Amenaza Sísmica para el área de estudio ruta del cacao.....	38
Figura 5-12 Mapa de amenaza por movimientos en masa sector Lebrija Barrancabermeja	40
Figura 5-13 Mapa de zonas susceptibles a inundación sector de Lebrija Barrancabermeja.	41
Figura 5-14 Esquema de jerarquización par estudios geomorfologicos	42
Figura 5-15 Esquema de jerarquización de tipos de procesos erosivos	53
Figura 5-16 Clasificación de Tipos de procesos de Movimientos en Masa.....	55

AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE ASOCIACIÓN PÚBLICO

CONCESIÓN RUTA DEL CACAO CAPITULO 5.11.GEOLOGIA Y 5.1.2 GEOMORFOLOGIA ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL CONSTRUCCIÓN PROYECTO BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA –YONDO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 5–1 Afloramiento de terrazas coluvie-aluviales en inmediaciones del rio Seco.	7
Fotografía 5–2 Corte del talud en depósitos aluviales, se pueden ver los cantos y gravas, sector de la vía que conduce de Zarzal a Barrancabermeja	7
Fotografía 5–3 Afloramiento de Terraza aluvial, en donde se muestra la composición de los tamaños de grano, Sitio conocido como la y vía Barrancabermeja	8
Fotografía 5–4 Afloramiento en donde se observa las capas de arenisca de grano grueso grisácea muy meteorizada, sector de la vía Zarzal Barrancabermeja	9
Fotografía 5–5 Talud en donde se ve la estratificación con intercalaciones de arcillolitas arenisca	10
Fotografía 5–6 Se muestra la alternancia de estratos de conglomerados con areniscas de grano grueso y algunos lentes de arcillolitas.	11
Fotografía 5–7 Afloramiento de capas de shales rojizos, con intercalaciones de areniscas de grano fino	11
Fotografía 5–8 Secuencia de capas de areniscas con shales de color marrón, sector después del caserío La Fortuna	12
Fotografía 5–9 Cauce de la quebrada San Silvestre, se observan estratos de de areniscas con intercalaciones de limolitas y lutitas	13
Fotografía 5–10 Talud en rocas areniscas de grano fino a medio, masivas, sector de la margen izquierda del rio Seco. Se puede ver la altura del talud en pendientes casi verticales	14
Fotografía 5–11 Afloramiento en lutitas y arcillolitas intercalas con delgadas capas de areniscas, Cerca del eje del anticlinal de rio sucio.	15
Fotografía 5–12 Corte de talud vial, rocas de la formación la Luna N45E/65NW. Sector de la vía para llegar al punto La Azufrada.	16
Fotografía 5–13 Corte de talud vial, se puede ver la intercalaciones de shales con areniscas muy cerca de la estación Guayacán	17
Fotografía 5–14 Superficie estructural de la Formación Tablazo, talud de la vía muy cerca restaurante Brisas	17
Fotografía 5–15 Afloramiento de Calizas en el sector Vereda la Cuchilla, Lebrija	18
Fotografía 5–16 Afloramiento de areniscas feldespáticas sector del Restauranre brisas de México	19

Fotografía 5–17 Afloramiento de rocas Formación Girón, carreteable en el sector brisas de Mexico	20
Fotografía 5–18 Geomorfología de unidades propias de lomeríos disectados, sector vereda la Cuchilla	45
Fotografía 5–19 Ladera erosiva en un sector de la vía existente, vereda Lisboa y Angelinos	45
Fotografía 5–20 Unidad de montículos denudacionales vereda Tapazon.	46
Fotografía 5–21 Unidad de planicie, inmediaciones cuenca quebrada el Zarzal	46
Fotografía 5–22 Unidad de planicie Colinada cuenca quebrada Estrella.	47
Fotografía 5–23 Cauce aluvial activo del rio Sogamoso sector del Peaje caserío la playa .	48
Fotografía 5–24 Llanura de inundación quebrada Zarzal	48
Fotografía 5–25 Espinazo estructural en el sector de la vereda San Silvestre.	50
Fotografía 5–26 Ladera contrapendiente sector de la Lizama.	50
Fotografía 5–27 Ladera estructural en el sector del caserío Tienda Nueva	51
Fotografía 5–28 Lleno de escombros sector de Zodme cerca del sitio de la presa	52
Fotografía 5–29 Sector de explanaciones muy cerca del sitio de la Virgen.	52
Fotografía 5–30 Sector con erosión laminar cerca del botadero Rediba.	54
Fotografía 5–31 Sector con erosión surcos cerca del botadero Rediba	54
Fotografía 5–32 Sector con erosión en Terracetas cerca del Municipio Lebrija	54
Fotografía 5–33 Sector con Reptaciones en la cuenca río Sucio vereda el Líbano	56
Fotografía 5–34 Sector de la vía existente, con deslizamientos planares	57
Fotografía 5–35 Sector de deslizamiento sobre la vía existente , en inmediaciones del caserío La playa	57

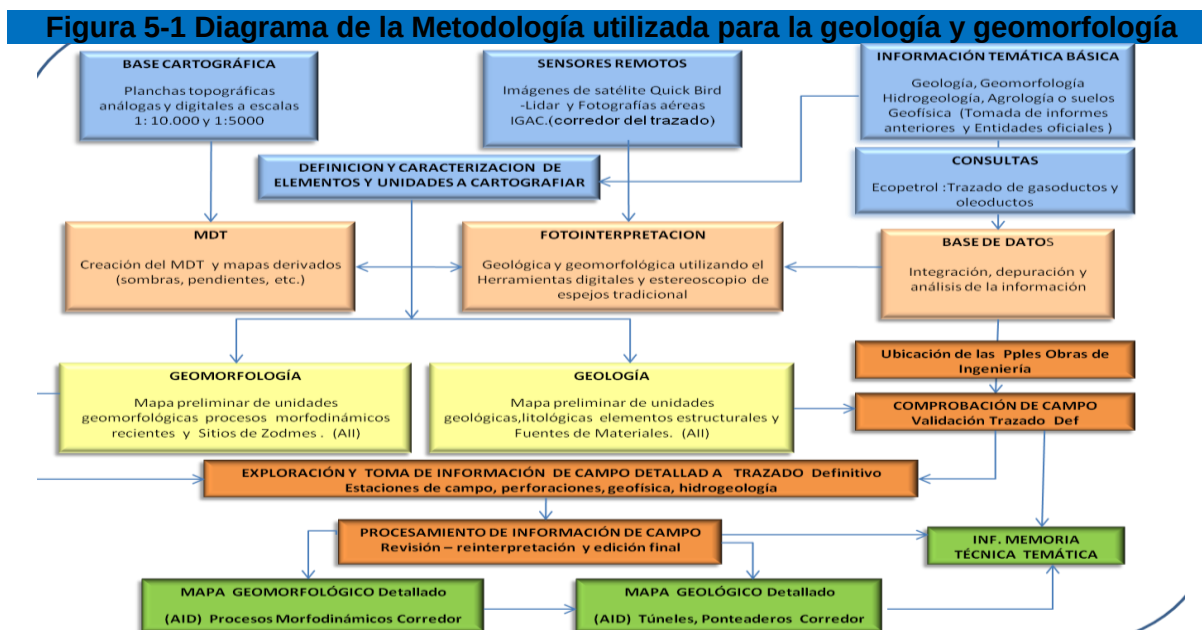
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.1 GEOLOGÍA

La caracterización geológica representada por la descripción de las unidades litológicas y de la geología estructural del área de influencia del proyecto, está basada en la plancha 119 escala 1:100.000(2008) y las planchas 109 y120, escala 1:100.000 (1977), en la memoria explicativa de la geología del cuadrangulo H12 y en la Formulación de una guía metodológica para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa, de cada una de estas planchas Servicio Geológico Colombiano.

Adicionalmente, se realizó un análisis de la información existente con relación a la geología acudiendo a fuentes como el Estudio Geológico realizado por la firma consultora ELB, que corresponde al volumen III del Estudio de Geología para la Ingeniería y Geotecnia ruta del Cacao. Finalmente se hizo una compilación de las diferentes unidades y estructuras geológicas que se encuentran incluidas en el área de influencia del corredor de la vía en referencia. La metodología empleada se observa en la Figura 5-1 la cual puede observar el diagrama del procedimiento y el resultado final para las temáticas de geología y geomorfología.



Fuente: Consultoría Colombiana, S.A., 2016

Posteriormente, se adelantaron varias jornadas de campo según las posibilidades de acceso zona con el fin de hacer un reconocimiento general del corredor, detectar los sitios potencialmente críticos y obtener criterios para la programación de las diferentes

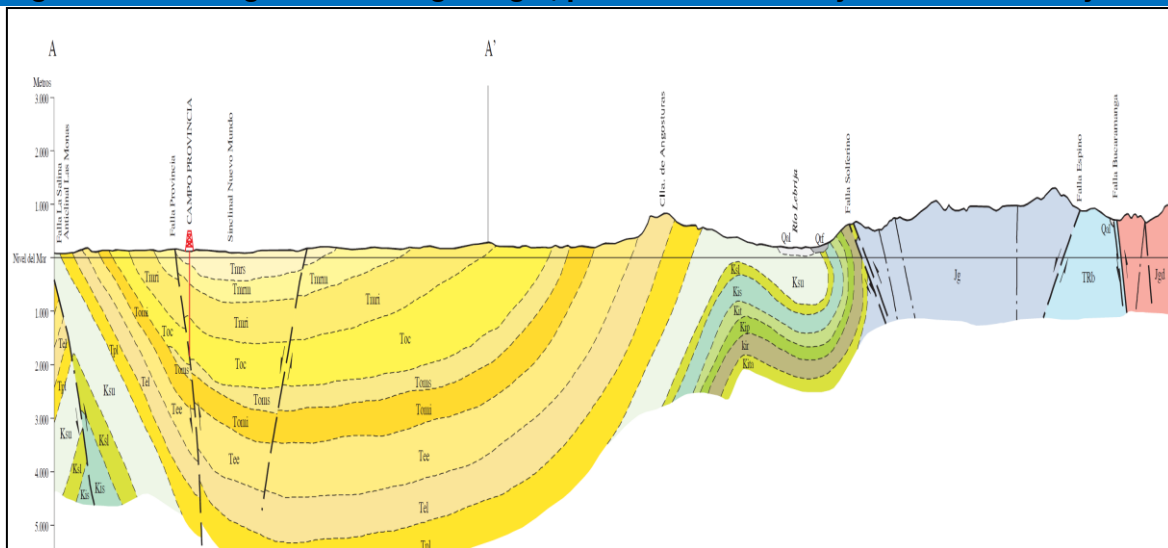
actividades. Se adelantaron otras jornadas de campo, inicialmente para la localización de sitios para la campaña de exploración, contando también con la participación de los ingenieros geotecnistas. Posteriormente el trabajo de campo se dedicó a la caracterización de las unidades litológicas, geomorfológicas y la identificación y toma de datos de las estructuras presentes.

Adicionalmente se desarrolló otra jornada de campo, para la verificación de los sitios donde se localizan los portales de los túneles, analizar la viabilidad de su construcción y en consecuencia confirmar el sitio caracterizando las condiciones del terreno. Finalizada la etapa de exploración que contó además del trabajo de observación directa de campo, con sondeos mecánicos y sondeos geofísicos, se procesó la información para la elaboración cartográfica y el informe final.

5.1.1.1 Área de influencia

La geología regional del área de estudio abarca rocas jurásicas, cretácicas hasta depósitos cuaternarios. En general se tienen unas alternancias de arcillolitas, limolitas, chert, areniscas que por la complejidad del sector se encuentran fuertemente plegadas y fracturadas en estructuras sinclinales, anticlinales y también se presentan depósitos coluviales y depósitos aluviales. En la Figura 5-2 se observa un perfil generalizado de la geología del sector y es tomado de la plancha 120 de INGEOMINAS. Esta zona presenta actividad sísmica Moderada en el sector de Barrancabermeja y actividad sísmica Alta para el sector de Lebrija; también se evidencian procesos de remoción en masa en algunos sectores

Figura 5-2 Perfil general de la geología, para el sector Lebrija Barrancabermeja



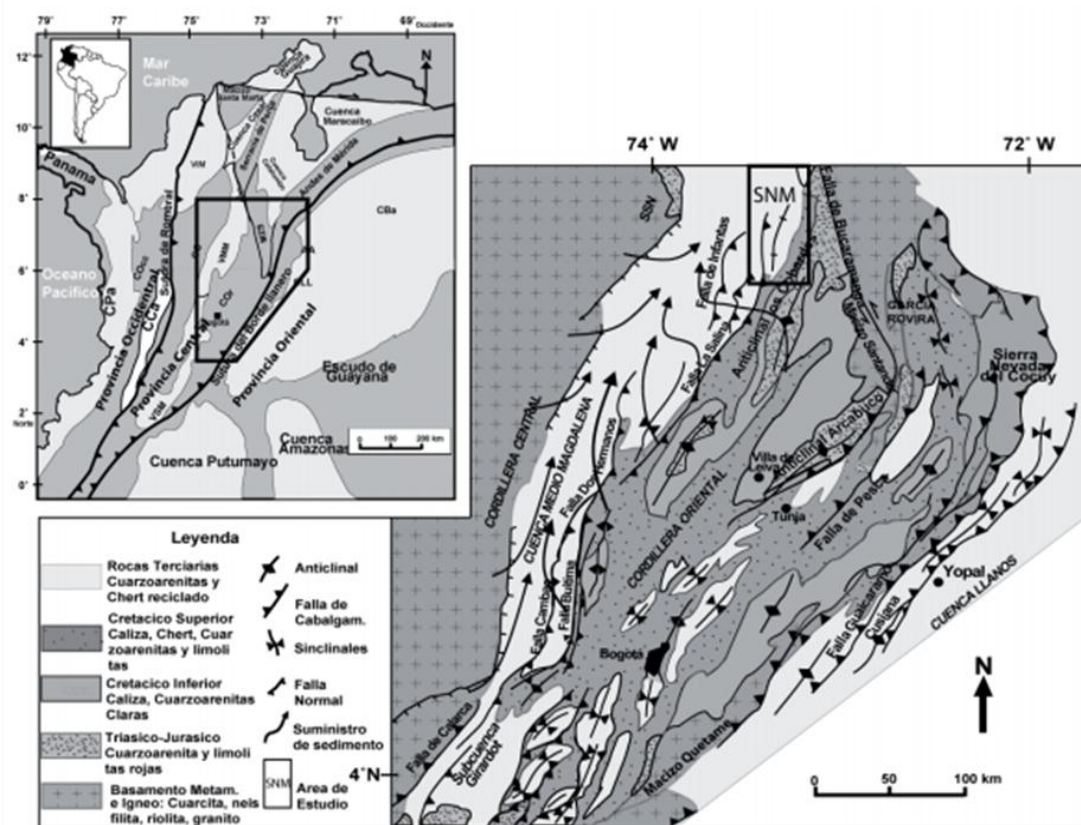
Fuente: INGEOMINAS, Plancha 120 Bucaramanga. Escala 1:100000, año 1977 y Memoria explicativa del cuadrángulo H12

- **Marco tectónico regional**

De acuerdo con los informes geológicos de las planchas 109, 119 y 120, escala 1:100000, la geología de la zona corresponde al resultado de una serie de eventos asociados a la sedimentación, metamorfismo, magmatismo y tectonismo sobre los materiales rocosos del área.

Las rocas del basamento más antiguas en Colombia se clasifican de manera general en tres provincias geológicas diferentes: Oriental, Central y Occidental (Forero, 1990). La Provincia Central está delimitada por la Sutura del Borde Llanero al E y por la Sutura de Romeral al W, e incluye el basamento de las cordilleras Oriental y Central, parte SE del basamento de la Sierra Nevada de Santa Marta, basamento de la Serranía de Perijá y los Andes de Mérida (ver Figura 5-3).

Figura 5-3 Provincias geológicas de basamento de Colombia



Fuente: modificado de Cooper et al., 1995; Gómez et al., 2003; Gómez et al., 2005)

En el Cámbrico-Ordovícico se presentó una sedimentación marina sobre un basamento Precámbrico (Toussaint, 1993) que finalizó con movimientos orogénicos (Tectogénesis Caledoniana) los cuales plegaron, metamorizaron y provocaron intrusiones en los sedimentos depositados en estos periodos. Entre el Silúrico y Devónico la región se

comportó como un área levantada, seguida de un evento distensivo que originó un hundimiento y transgresión marina. Durante el Carbonífero se generó un nuevo evento (Tectogénesis Hercínica, Toussaint, 1993), a partir del cual ocurrió un levantamiento de bloques y erosión que permanecieron en el Triásico Superior-Jurásico Inferior, tiempo en el que esta región se comportaba como una zona de relieve bajo a moderado influenciada por un sistema de fracturas.

En el Berriasiano-Valanginiense comenzó una etapa de hundimiento y transgresión marina que originó una sedimentación de flujos turbidíticos y sedimentación de lodolitas sugiriendo condiciones más estables de la cuenca de ambiente anóxico, con evidencia de precipitación de yeso. En el Aptiano tardío se desarrolló una plataforma calcárea donde fueron depositados sedimentos del tipo sublitoral, material siliciclástico y fósiles, indicando condiciones de mayor oxigenación. Debido al peso de los sedimentos, la cuenca comienza a profundizarse y se tuvo un descenso relativo del nivel del mar permitiendo la depositación de lodolitas calcáreas, limolitas y chert donde las condiciones vuelven a ser de tipo anóxico con corrientes de surgencia.

En el Albiano tardío se produjo una depositación en aguas medianamente profundas de limolitas, lodolitas calcáreas y chert bajo un ambiente anóxico. En el Coniaciano, se desarrolló una plataforma que permitió la sedimentación de limolitas y lodolitas calcáreas y silíceas. Durante el Maastrichtiano comenzó la somerización progresiva por un evento compresivo y la inversión de fallas normales preexistentes. Se dieron progradaciones de arenas de ambiente litoral, de llanuras aluviales y depantano y se inició la sedimentación terciaria donde se depositaron molasas que reflejan el levantamiento de la Cordillera Central y la generación de fallas de cabalgamiento. En el Oligoceno - Mioceno bajo condiciones fluviales meandriformes, se depositaron materiales arenosos y conglomeráticos.

Finalmente durante el Mioceno – Plioceno la tectónica andina afecta la región y genera las estructuras que actualmente se observan en la zona.

- **Unidades Litológicas**

Se entiende por Unidades Litoestratigráficas cada uno de los conjuntos de materiales geológicos (rocas y acumulaciones sedimentarias) formados en condiciones homogéneas. En el área de estudio se presentan unidades litológicas, compuestas en su totalidad por rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios.

El trazo proyectado de la vía, se realiza de manera casi perpendicular al rumbo de los estratos de las diferentes formaciones que comprenden ambientes y procesos de depositación muy distintos, lo cual genera composiciones y texturas de rocas muy variadas desde conglomerados, areniscas, calizas arcillolitas y limolitas, como se muestra en la columna estratigráfica generalizada. Ver Figura 5-4

A continuación se hace una descripción de las características litológicas y estratigráficas de las unidades de roca o formaciones que aparecen a lo largo del trazado vial, desde las más recientes a las más antiguas. El mapa de las unidades geológicas, ver Anexo Cartográfico.10-RTC-MA-EIA-G.

Figura 5-4 Columna Estratigráfica generalizada, trazo proyectado de la vía Lebrija Barrancabermeja

SISTEMA		UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA		SÍMBOLO	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN		
CUATERNARIO				QTF		Terrazas y aluviones		
TERCIARIO	PLIO.	GRUPO MESA		TQ		Gravas, arenas y conglomerados. Espesor: 300-545 m.		
	MIOCENO	GRUPO REAL		Tmp.		Areniscas, lodolitas y conglomerados. Espesor: 500-700 m.		
	OLIGOCENO	GRUPO CHUSPAS	FM. COLORADO	Tom.		Lodolitas rojas y areniscas conglomeráticas. Espesor: 935-1.250 m.		
			FM. MUGROSA	Teo.		Lodolitas y capas delgadas de areniscas. Espesor: 550-850 m.		
	EOCENO	Grupo Chorro	FM. ESMERALDA	Tpe.		Areniscas, lodolitas y capas delgadas de carbón. Espesor: 160 - 575 m.		
			FM. LA PAZ			Areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada. Espesor: 240-800 m.		
	PAL.	FM. LIZAMA				Areniscas, lodolitas y capas delgadas de carbón. Espesor: 300 - 950 m.		
	CRETÁCICO	SUPERIOR	FM. UMIR		1 Ks	Kcom.		Lodolitas con concreciones ferruginosas y capas explotables de carbón. Espesor: 800-1400 m.
			FM. LA LUNA					Calizas, lodolitas calcáreas, concreciones calcáreas y rocas fosfóricas. Espesor: 280-630 m.
INFERIOR		FM. SIMITÍ		Kalc.	Kbal.		Lodolitas, areniscas y calizas en menor proporción. 250-260 m.	
		FM. TABLAZO					Calizas y lodolitas calcáreas. 240-325 m.	
		FM. PAJA		Kbeh.		Lodolitas y areniscas. 150-625 m.		
		FM. ROSABLANCA				Calizas, Lodolitas y areniscas. 230-450 m.		
		FM. CUMBRE				Arenisca gris verdosa, cuarzosa, de grano fino, localmente lodosa, con intercalaciones de limolitas, arcillolitas y lodolitas de color gris, negro y rojizo, piritosas. 25-100 m.		
		FM. LOS SANTOS				Areniscas cuarzosas claras, localmente conglomeráticas y lodolitas de color pardo rojizas. 25-100 m.		
JURÁSICO		SUPERIOR	FM. GIRÓN		Js		Alternancia de areniscas y lodolitas gris amarillentas a pardo rojizas, localmente niveles conglomeráticos, pardo rojizas, masivos y lenticulares. Espesor: 3.000-4.500 m.	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.1.2 Cuaternario

Son depósitos que están conformados por sedimentos no consolidados de material detrítico de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, de formaciones que afloran en los sectores vecinos y muchas veces distantes, que han sido transportados por ríos y quebradas. Estos depósitos se encuentran ocupando una gran extensión de terreno en el municipio de Barrancabermeja y Betulia y áreas pequeñas en Lebrija y Girón. Se constituyen en un importante recurso para la explotación de agregados pétreos.

- **Depósitos coluviales (Qc)**

Son originados por procesos de meteorización y degradación de las rocas que constituyen el suelo y subsuelo; generándose a través de la erosión de fragmentos rocosos, provenientes de las unidades litológicas que afloran en los sectores más altos, para luego ser transportados por gravedad; se localizan principalmente a través de los flancos de las laderas del Cerro La Aurora, el Filo La Paz y en algunos sectores de la ladera oriental de la meseta de Lebrija. Está conformado por cantos de arenisca, los cuales son embebidos en una matriz limo-arcillosa de color gris y marrón; en general, estos depósitos son matriz-soportados y están compuestos por cantos y bloques sub-angulares y sub-redondeados de composición heterogénea (dependiendo de las rocas que predominen en la zona) embebidos en matriz arcillo-limosa a areno-arcillosa

- **Depósitos coluvio-aluviales (Qcal)**

Son de poca extensión y se localizan de manera esporádica sobre la Fm. Girón, en la cima de la meseta de Lebrija; estableciendo un relieve que oscila entre plano y ligeramente inclinado, con forma alargada, originadas a causa de la meteorización y degradación de los estratos arenosos y arcillosos de la Fm. Girón, los depósitos genera por procesos mixtos de transporte fluvial y por gravedad, en zonas de inundación y deslizamientos.

Son depósitos de color amarillo claro y rojizo, en el que los cantos y bloques son principalmente de conglomerados y areniscas cuarzo feldespáticas rojizas, subangulares, de baja esfericidad. Los cantos están en proporción mayor, embebidos en una matriz arenosa a arenoarcillosa compacta. El tamaño y espesor de los coluviones es variable, pero relativamente pequeño si se compara con los depósitos aluviales. Ver Fotografía 5–1

Fotografía 5–1 Afloramiento de terrazas coluvie-aluviales en inmediaciones del rio Seco.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Depósitos aluviales (Qal)**

Afloran en gran parte del trazado en especial en el tramo del municipio de Sabana de Torres, localizándose en las riberas del río Pagua del Lebrija; igualmente se presentan algunos depósitos aluviales a lo largo del cauce del Río Sucio en el sector de la vereda La Girona; los cuales se encuentran conformadas por gravas, arenas, limos, arcillas y cantos redondeados a subred ondeados de areniscas de grano medio a fino . Estas unidades se establecen en las áreas topográficas más bajas y son generadas por la depositación del material de carga fluvial, proveniente de las laderas de los cerros. Conforman un relieve plano o de terrazas, sobre las cuales se ha establecido un desarrollo de ganadería extensiva. Ver Fotografía 5–2 y Fotografía 5–3

Fotografía 5–2 Corte del talud en depósitos aluviales, se pueden ver los cantos y gravas, sector de la vía que conduce de Zarzal a Barrancabermeja



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Fotografía 5–3 Afloramiento de Terraza aluvial, en donde se muestra la composición de los tamaños de grano, Sitio conocido como la y vía Barrancabermeja



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.1.3 Terciario

Comprende las épocas del paleógeno hasta el plioceno; el trazado de la vía propuesto pasa por estas formaciones de rocas sedimentarias, en donde se encuentran conformados algunos grupos, como el Grupo Chorro, rocas más antiguas, el grupo Chuspas y el grupo Real, que corresponde a las rocas más recientes como se muestra en la columna estratigráfica. Ver Fotografía 5–4

- **Grupo o Formación Real (Tmr).**

El grupo real en este sector está dividido en tres Miembros , superior, medio e inferior; los contactos con la subyacente formación Colorada Toc y Grupo mesa Qtm son inconformes; el espesor estimado en 1780m y se puede ver en una gran extensión en el sector de Barrancabermeja a la Fortuna.

- **Grupo Real, Formación superior (Tmrs).**

Arenisca gris dura de grano grueso con intercalaciones de shales gris oscuro laminados en algunos sectores se presenta con pocas intercalaciones de areniscas de grano grueso blanca grisácea y friable. Debajo se encuentran conglomerado masivo con guijos de chert marrón y negro intercalaciones de areniscas de grano grueso masiva con delgadas láminas de shales. Arenisca masiva con estratificación cruzada friable a dura con bandas de arcillolitas y delgadas láminas de carbón. Ver Fotografía 5–4

Fotografía 5–4 Afloramiento en donde se observa las capas de arenisca de grano grueso grisácea muy meteorizada, sector de la vía Zarzal Barrancabermeja



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Grupo Real, Formación Media (Tmrm).**

Arenisca blanca a gris clara de grano grueso a muy grueso, conglomerática, feldespática, con estratificación cruzada en capas masivas de 4 a 6m de grueso, capas lenticulares de conglomerados con guijos de cuarzo y arenisca de hasta 3cm de diámetro; debajo conglomerado blanco amarillento y gris claro débilmente consolidado con guijos de areniscas y cuarzo de hasta 4cm de diámetro, intercalaciones de arenisca de grano medio a grueso arcillosa micácea, gris amarillenta clara en la parte superior e inferior y arcillolita arenosa micácea masiva en la mitad.

Arenisca blanca a gris clara de grano medo a grueso feldespática friable en capas masivas de hasta 2m de grueso con zonas conglomeraticas e intercalaciones de arcillolita arenosa verde a gris de hasta 40cm de grueso; de grano más grueso y masconglomeratica hacia el tope.

También se encuentran areniscas blanca a gris clara de grano medio a grueso feldespática friables en capas hasta de 2 metros de grueso con alternancia de capas de arcillolita arenosa gris de hasta 4.5m de grueso y un conglomerado basal débilmente consolidado de 1.2m de espesor. Ver Fotografía 5–5

Fotografía 5–5 Talud en donde se ve la estratificación con intercalaciones de arcillolitas arenisca



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Grupo Real, Formación inferior (Tmri).**

Arenisca gris amarillento de grano grueso a muy grueso friable, feldespática y conglomerática con intercalaciones de conglomerados y arcillolitas arenosa de color verde que predominan hacia el parte superior.

Conglomerado gris amarillento friable con guijos de arenisca, rocas ígneas, metamórficas de 15cm de diámetro; debajo arenisca griamarilenta clara de grano grueso que se alterna con conglomerados con guijos de areniscas rocas ígneas y metamórficas, las areniscas predominan hacia la parte media.

Hacia la base se presenta una continuidad de alternancias de conglomerados grueso friable con los guijos de arenisca limolita, rocas ígneas y metamórficas algunos de chert y muy pocos de rocas volcánicas en capas de hasta 2m de espesor; con areniscas gris amarillenta de grano grueso a conglomeratita friable altamente feldespática en capas de hasta 1.5m de grueso alternada con capas de conglomerados en capas de hasta 2m de grueso. Ver Fotografía 5–6

Fotografía 5–6 Se muestra la alternancia de estratos de conglomerados con areniscas de grano grueso y algunos lentes de arcillolitas.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Formación Colorado (Toc).**

Capas de shales gris claro, con algunos sectores de colores rojizos compactos masivos, con intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso blanca y marrón amarillento y estratificación cruzada. Los shales son más rojizos y las areniscas más gruesas y masconglomeraticas que la infrayacente formación Mugrosa. Existe una zona fosilífera hacia el techo que marca el tope de la formación Colorado, cuyo contacto es inconforme con la suprayacente grupo Real. El espesor varía de 1250m en algunos sectores a 1600m. Ver Fotografía 5–7

Fotografía 5–7 Afloramiento de capas de shales rojizos, con intercalaciones de areniscas de grano fino



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Las capas de la parte inferior de la formación son duras formando un filo prominente que contrasta con la topografía ondulada del sector. Está compuesta principalmente por conglomerados gruesos con abundantes guijos y cantos redondeados de arenisca y caliza y unos pocos de cuarzo, chert y rocas ígneas y metamórficas en una matriz arenosa de grano grueso y calcárea; los guijos y los cantos tienen hasta 45 cm de diámetro aunque la gran mayoría no sobrepasa los 12cm.

La parte superior se compone de arcillolitas grises oscuras a negras, carbonosas, fosilíferas, con intercalaciones de areniscas de grano medio en capas delgadas, es una de las unidades más productivas de petróleo. Se considera que los sedimentos de esta unidad se depositaron bajo condiciones fluviales. Las capas superiores de la Formación Colorado están poco consolidadas y no forman topografía sobresaliente generando suelos ácidos debido a la alta concentración de silicatos.

La formación Colorada descansa concordantemente sobre la formación Mugrosa y su contacto superior con el grupo Real es discordante. La edad es considerada como Oligoceno superior a Mioceno inferior.

- **Formación Mugrosa (Toms Tomi).**

En general hacia la parte inferior el miembro Tomi, se compone de areniscas de grano fino medio raramente de grano grueso y guijarrosa de color gris a verde grisáceo con intercalaciones de shales gris azulosos; la parte media shales de color marrón masivos, con pocas intercalaciones delgadas de areniscas de grano fino a grueso, raramente guijarrosa de color gris, en donde presenta intercalaciones menores de shales de color verde. Ver Fotografía 5–8

Fotografía 5–8 Secuencia de capas de areniscas con shales de color marrón, sector después del caserío La Fortuna



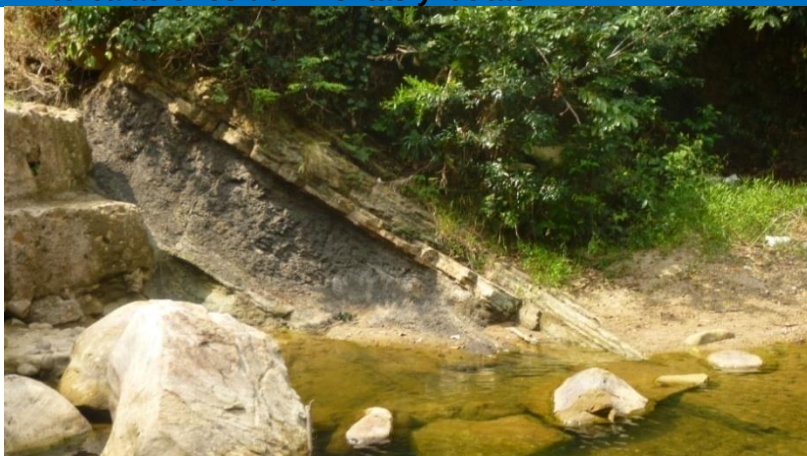
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

En la parte superior el miembro Toms, la proporción de shale a arena aumenta, Arcillolita gris verdosa y violeta, con capas de arenisca de grano grueso, feldespáticas; areniscas marrón amarillenta de grano grueso con guijos de cuarzo y feldespato, y un nivel conglomerático con guijos subangulares de cuarzo, feldespato y líticos de rocas metamórficas. Hacia el tope de la formación se presenta un horizonte fosilífero con presencia de gasterópodos de agua dulce y huesos de peces, se encuentra glauconita oolítica y en general meteoriza formando un relieve suave y ondulado de topografía baja. El espesor de esta formación se considera de 1300m en este sector, mientras que hacia el norte pierde espesor y tiene 850m y el contacto inferior, es aparentemente discordante con la formación Esmeraldas.

- **Formación Esmeraldas (Tee)**

La sección tipo está cerca del caserío Esmeralda junto al río Sogamoso. Esta unidad se compone de areniscas grises y verdosas de grano fino, con intercalaciones de limolitas y lutitas moteadas de rojo púrpura y marrón, arcillolitas gris claro y verde de dureza media, masivas, en sectores laminadas, deleznales y plásticas, con algunas intercalaciones de arenisca, contiene algunas capas delgadas de carbón. El ambiente deposicional fue bajo condiciones lagunares deltáticas. El espesor promedio es de unos 1200 mts, está formando colinas suaves y laderas estructurales de baja pendiente, reposando en forma concordante sobre la Formación La Paz. Ver Fotografía 5–9

Fotografía 5–9 Cauce de la quebrada San Silvestre, se observan estratos de de areniscas con intercalaciones de limolitas y lutitas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Formación La Paz (Tel)**

Su sección tipo está en la angostura del río Lebrija, por la vía férrea, abajo de Vanegas. La secuencia estratigráfica está compuesta por areniscas grises conglomeráticas, conglomerados, limolitas y grandes paquetes de lutitas grises. El depósito de los sedimentos de esta unidad se desarrolló en un ambiente de corrientes trenzadas. El espesor en la sección tipo es de 1000 m, pero generalmente presenta variaciones locales. Esta unidad presenta tres miembros principales con características particulares en torno a su composición. El superior está compuesto por arcillolitas y areniscas de grano fino a grueso muy fracturadas que se hacen masivas hacia la base; El miembro medio, compuesto por areniscas de grano fino a medio, poco fracturadas; y el miembro inferior, caracterizado por areniscas conglomeráticas, con algunas manchas de oxidación, moderadamente fracturadas, con intercalaciones de arcillolitas en forma de lentes de 6m de espesor. Ver Fotografía 5–10

Esta formación no presenta problemas importantes de inestabilidad y el trazado sigue la actual vía existente; aunque existe la posibilidad de construir un túnel vial en esta

formación, debido a su dureza y estabilidad. Se conoce de túneles ya construidos en esta misma formación en el proyecto Hidrosogamoso ubicado al sur de este sector.

Fotografía 5–10 Talud en rocas areniscas de grano fino a medio, masivas, sector de la margen izquierda del río Seco. Se puede ver la altura del talud en pendientes casi verticales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Formación Lisama. (Tpl)**

Su sección tipo está ubicada en la quebrada Lisama afluente del río Sogamoso. La unidad se encuentra constituida por una secuencia de lutitas abigarradas, alternadas con areniscas grises, verdosas y pardas de grano fino a medio y algunas capas delgadas de carbón. El depósito de esta unidad ocurrió en un ambiente bajo condiciones lagunares deltáicas. El espesor alcanza los 1225 mts.

Aflora en el área en la margen izquierda del río Sucio, presentando buenos afloramientos a lo largo de la vía ya existente entre los caseríos Uribe Uribe y El Libano, que consta de una secuencia interestratificada de arcillolitas marrón y gris, limolitas grises, amarillas, rojizas y violetas y areniscas de grano fino a medio, gris verdosa y marrón; que en algunos sectores se encuentra cubierta por depósitos coluviales. Hacia el tope de la formación las areniscas son de grano más grueso hasta conglomeráticas, con presencia de algunos mantos de carbón. El contacto con la infrayacente formación Umir es normal y transicional; con la suprayacente formación La Paz su contacto es discordante.

5.1.1.4 Cretácico

Se encuentran representada toda la secuencia desde la parte inferior hasta la superior, estas rocas sedimentarias y están ampliamente distribuidas en el territorio santandereano, su nomenclatura corresponde a las cuencas del valle medio del Magdalena. Ver figura 3

- **Formación Umir. (Ksu)**

Consta de shales grises a negros, carbonosos, micáceos; concreciones ferruginosas; lutitas grises a gris oscuras, carbonosas con nódulos ferruginosos; intercalaciones de areniscas y limolitas grises carbonosas y micáceas. Presenta mantos de carbón en la parte superior. Se depositó en un ambiente nerítico. El espesor varía de 1000 a 14000 mts su edad es Campaniano a Maestrichtiano. La Formación Umir es inconforme con la infrayacente Formación La Luna y concordante con la suprayacente Formación Lisama.

La parte superior está compuesta por lutitas laminadas plásticas gris oscuro a gris verdoso, con unas pocas capas de arenisca dura de grano fino de 15 cm, algunas veces estratos de liditas y chert que generan delgadas morfologías duras, con mantos de carbón; de igual manera, se evidencian capas delgadas, lentes y pequeñas concreciones de arcilla marrón. Ver Fotografía 5–11

Fotografía 5–11 Afloramiento en lutitas y arcillolitas intercalas con delgadas capas de areniscas, Cerca del eje del anticlinal de rio sucio.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

En el trazado aflora en un área amplia a manera de franja que constituye el segmento sedimentario más importante de las zonas inestables con coberturas localizadas de depósitos coluviales. Sus características texturales y composicionales y su comportamiento mecánico en presencia de agua determinan la generación de procesos de movimientos en masa y de ruptura por tectónica o gravedad.

En esta unidad se presentan los principales procesos de inestabilidad que afectan todas las posibles alternativas del trazado de la vía, debido a que es imprescindible atravesar esta formación.

- **Formación La Luna. (Ksl).**

La unidad está constituida por caliza gris oscura arcillosa, lutita gris a negra calcárea en capas delgadas; lutitas grises oscuras con delgadas intercalaciones de caliza arcillosa, concreciones de caliza que superan los 2 metros de diámetro con fósiles y capas delgadas de chert negro. En el valle medio del Magdalena se divide en tres miembros, el inferior o miembro La Salada está constituido por lutita negra dura y calcárea con capas de caliza negra, lentes y concreciones piríticas. El medio o miembro Pujamana compuesto de lutita gris a negra calcárea. El miembro superior o miembro Galembo constituido de lutita negra dura y calcárea con capas delgadas de chert negro, concreciones de caliza y capas fosfáticas. Su contacto con la suprayacente formación Umir presenta una ligera discontinuidad estratigráfica. Ver Fotografía 5–12.

Fotografía 5–12 Corte de talud vial, rocas de la formación la Luna N45E/65NW. Sector de la vía para llegar al punto La Azufrada.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Formación Simití. (Kis)**

La unidad consta de Shales grises o negros, carbonosos, levemente calcáreos con concreciones calcáreas hasta de 3 m. e intercalaciones de areniscas y calizas grises, localmente arcillosas y fosilíferas, sus estratos buzcan hacia el Oeste. Esta unidad conforma lomas y riscos continuos con un incipiente drenaje y debido al contenido de shales blandos es altamente meteorizables generando capas de suelo vulnerables para la generación de deslizamientos y coluviones.

Las condiciones ambientales de depósito fueron neríticas de aguas intermedias a profundas. Su espesor aproximado es 1600 m. Esta formación está presente en las pequeñas elevaciones que limitan el las veredas de la parte occidental del municipio de Lebrija. Su contacto con la suprayacente formación La Luna es concordante, su edad se ha establecido como Albiano superior a Cenomaniano. Ver Fotografía 5–13.

Fotografía 5–13 Corte de talud vial, se puede ver la intercalación de shales con areniscas muy cerca de la estación Guayacán



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Formación Tablazo. (Kit)**

Su localidad tipo se encuentra en el puente sobre el río Sogamoso en la vía Bucaramanga-San Vicente. Consiste de una secuencia de calizas grises a negras, fosilíferas localmente glauconíticas y arcillosas de color negro y arenisca amarilla fosilífera, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas con intercalaciones de arenisca gris de grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas. El espesor varía entre los 150 m. y 325 m. su contacto con la suprayacente formación simití es concordante. Su edad es Aptiano superior-Albiano inferior. Ver Fotografía 5–14

Fotografía 5–14 Superficie estructural de la Formación Tablazo, talud de la vía muy cerca restaurante Brisas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Formación Paja. (Kip)**

Su localidad tipo es el cerro Rosablanca al oriente del puente sobre el río Sogamoso. Esta unidad está constituida por lutitas y shales gris oscuros a azulosos fosilíferos y con abundantes concreciones calcopiritosas; presenta intercalaciones de arenisca gris amarillenta de grano fino; shales grises localmente arenosos, calcáreos y fosilíferos. También presenta finas intercalaciones de caliza grisácea, localmente arenosa y fosilífera. Su depósito tuvo lugar en un ambiente epicontinental. El espesor varía entre 125 m y 625 m. Su contacto con la suprayacente formación Tablazo es concordante. Su edad es Barrreniano inferior al Aptiano inferior.

- **Formación Rosablanca. (Kir)**

Está compuesta en su parte inferior por capas de calizas macizas, bioesparíticas y biomicríticas que alcanzan los 2 metros de espesor, con intercalaciones de arcillolita gris y yeso con oolitos, ostrácodos y dolomías; hacia la parte superior consta de areniscas y lodolitas calcáreas.

En la parte inferior presenta depósitos evaporíticos como yeso y polialita que indican una hipersalinidad y tranquilidad en las condiciones de depositación, el resto de la secuencia se depositó en un medio marino somero en condiciones neríticas. El espesor varía de 150 m. a 425 m. Las relaciones estratigráficas de esta unidad con la infrayacente formación tambor y la suprayacente formación Paja son concordantes. La edad comprende el intervalo valangianiano-hauteriviano inferior. Rocas pertenecientes a esta formación forman una pendiente estructural al occidente del casco urbano del municipio de Lebrija. Ver Fotografía 5–15

Fotografía 5–15 Afloramiento de Calizas en el sector Vereda la Cuchilla, Lebrija



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Formación Tambor. (Kita)**

Litológicamente es definido como un conjunto que incluye conglomerados, areniscas de grano fino a medio, areniscas feldespáticas, limolitas y arcillolitas. En esta formación se reconocen tres segmentos bien diferenciados:

El segmento inferior: Se compone de arcillolita silíceas y micáceas de color marrón rojizo a gris verdoso; conglomerado duro, gris marrón con estratificación cruzada con guijos de cuarzo, feldespato y arcillolita en matriz de arena fina, arenisca dura de grano medio a fino, subangulares a subredondeados, composicionalmente posee un alto porcentaje de cuarzo, con un bajo contenido de feldespatos, óxido de hierro, y otros minerales, presenta un color gris claro y estratificación cruzada, conglomerática con guijos de cuarzo. Ver Fotografía 5–16

El segmento medio: Conformado por arenisca dura, de grano fino, de color gris claro, con estratificación interna no paralela, compuesta en un 90% por cuarzo y un 10% por micas, feldespatos, minerales oscuros, calcita y otros; conglomerática, en algunas capas presenta guijos de cuarzo hasta de 4 cm de diámetro; lodolita gris verdosa a blanca intercalada con capas de arenisca conglomerática blanca grisacea.

El segmento superior: Lo conforman lodolita de dureza media, fracturada, de color marrón rojizo, con intercalaciones de arcillolita calcárea, dura, marrón rojiza y arenisca de grano medio con granos subredondeados a subangulares, probablemente feldespática, marrón rojiza y gris.

Fotografía 5–16 Afloramiento de areniscas feldespáticas sector del Restaurante Brisas de México



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.1.5 Jurásico

La secuencia del Jurásico Superior se compone de sedimentitas a las que pertenece la formación Girón, tienen una amplia extensión en el final del trazado de la vía, sector de la mesa de Lebrija.

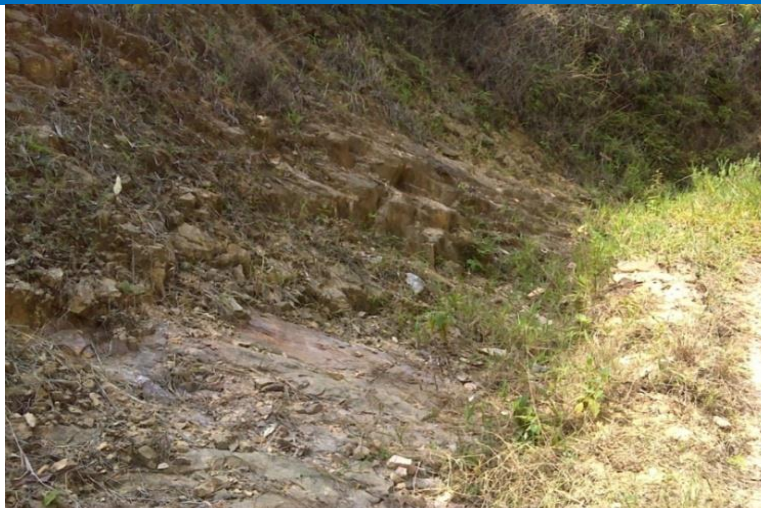
Es la unidad de gran extensión en el trazado de la vía, aflora desde el límite oriental con el municipio de Girón. Esta unidad conforma la denominada meseta de Lebrija y sobre ella se ha edificado el casco urbano y la mayor parte de la red vial del municipio.

- **Formación Girón (Jg)**

Se adelantaron varios estudios entre estos se destaca el de Trunpy (1943), pero fue Langenheim (1954) quien fijó la sección tipo en la angostura del río Lebrija y la dividió en tres miembros: uno inferior arenoso,(750m), uno intermedio lodoso (1.250m) y otro superior arenoso (1.500m) para un espesor total de 3.500m. Esta unidad reposa en discontinuidad estratigráfica sobre las formaciones Bocas y Jordán e infrayace con una discordancia a la formación Tambor. Para el grupo Girón se ha establecido una edad jurásico superior-cretácico inferior.

La formación Girón está compuesta por areniscas de grano medio, grueso a ligeramente conglomerática, de color rojo violáceo, rojo grisáceo y gris verdoso, estratificación cruzada, en capas gruesas, con interestratificaciones de limolitas y lodolitas, de color rojo violeta grisáceo y algunos niveles delgados de conglomerados con guijos de cuarzo hasta de cuatro centímetros. El espesor de esta unidad varía considerablemente de un sitio a otro, desde unos pocos metros a 4.650 m en el río Lebrija. El ambiente de sedimentación es continental fluvial a lacustre-fluvial. Ver Fotografía 5–17

Fotografía 5–17 Afloramiento de rocas Formación Girón, carreteable en el sector brisas de Mexico



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.1.6 Geología Estructural del sector Bucaramanga - Barrancabermeja

Este modelo tectónico corresponde a un sistema de fallas paralelas en donde se ubica parte de la zona del estudio, las fallas del sistema Bucaramanga Santa Marta muestran tendencia NNW y un ancho de 1 a 1.5 Km. El patrón geomorfológico y estructural evidencia un comportamiento de rumbo con desplazamiento sinistral, y una componente de acortamiento horizontal, acompañado por el levantamiento compensatorio de rocas del bloque este, que afectan el macizo ígneo – metamórfico de Santander.

- **Fallas y pliegues**

Hacia el oeste se observa el sistema de fallas del Suárez afectando en su mayoría rocas sedimentarias y en especial a la formación Girón, Presenta un trazo sinuoso, en especial siguiendo la margen izquierda del río de Oro, en donde se observa un gran escarpe de falla, que muestra una tendencia NNE y con un ancho de 500 a 1000m. El patrón geomorfológico y estructural evidencia un comportamiento de rumbo, en donde también se muestran desplazamientos en la componente vertical que originaron la mesa de Lebrija.

- **Falla del Suárez**

Separa el área de la mesa de Bucaramanga, topográficamente mas baja, en comparación de la mesa de Lebrija, que se encuentra más alta y al oeste. Es una falla de tipo inverso, con una pequeña componente sinistral y una dirección en la parte sur de N-NW y al norte N-NE con inclinación SW y NW; Esta falla afecta principalmente a la formación Girón. Es claro que después del trazo de esta falla todas las formaciones sedimentarias del cretácico que afloran, mantienen un buzamiento constante hacia el oeste, formando parte de un flanco del sinclinal de Nuevo Mundo que se extiende por decenas de kilómetros.

- **Falla Río Sucio**

Es una falla inversa, que comienza en el extremo sur del eje del anticlinal de Río Sucio, atravesando las formaciones Umir y Lisama en la ladera occidental del Cerro La Aurora, siendo la prolongación del eje de este anticlinal y continuándose hacia el sur, hasta el municipio de Girón. Esta falla atraviesa parte de la cabecera del Río Sucio pero sólo es evidente en la ladera occidental del Cerro La Aurora, ya que el resto de la misma es parcialmente cubierta por un espeso coluvión que se presenta en el área.

- **Falla La Sorda**

Esta falla se orienta con un rumbo sinuoso en dirección nordeste, originándose al sur en la finca Planados, de donde se continua a través de la vía Bucaramanga - Barrancabermeja y la quebrada La Sorda en el sector de la finca La Sorda, hasta llegar a la finca La Unión, sitio en el cual su rumbo se orienta al noroeste durante una trazo de 650

m.; atraviesa los sedimentos de la formación Umir, donde los estratos del lado oriental del plano de falla se levantan generando el movimiento de tipo inverso.

– **Falla San Joaquín**

Se proyecta con una rumbo sinuoso en dirección nornordeste, desde la cabecera de la quebrada San Joaquín, hasta llegar a la finca Pomaroso en la quebrada Torcoroma. Es una falla de tipo inverso que sobrepone las calizas de la formación Rosa Blanca sobre las calizas de la formación Tambor y estas a su vez, suprayacen las areniscas de la formación Girón; tiene una longitud aproximada de 6.75 Km y ocasiona lineamientos en la cabecera de la quebrada San Joaquín y el cauce de la quebrada Torcoroma antes de su desembocadura al Río Lebrija.

– **Sistema de Fallas de La Salina (SFS)**

El sistema de Fallas de la Salina se trata de un sistema de fallas con rumbo regional SSW-NNE limita la provincia cordillerana de la provincia del piedemonte occidental de la Cordillera Oriental. Corresponde a un sistema de cabalgamientos regionales con vergencia occidental que pone en contacto rocas del Cretáceo Superior - Paleógeno con rocas del Mioceno – Oligoceno registrando un salto estratigráfico cercano a los 3.000 m. En el extremo oriental del área, se observa un lineamiento sinuoso relacionado al Sistema de Fallas de La Salina, la cual pone en contacto, al norte de la plancha, rocas de la Formación Umir con el Grupo Real, en el centro con la Formación Colorado y al sur con la Formación Mugrosa. Esta estructura es de naturaleza inversa con vergencia occidental que pone en contacto rocas cretácicas en el bloque cabalgante con rocas Paleógenas en el bloque yacente. Según INGEOMINAS (1988) en (Montes y Sandoval, 2001) algunos sectores la Falla La Salina presenta un movimiento dextral importante.

– **Falla de Infantas**

Es uno de los rasgos estructurales más importante en el sector del Zarzal y se presenta como una falla inversa con rumbo en dirección Norte – Sur y vergencia hacia el occidente, coloca en contacto superficial a formaciones terciarias, incluso en algunos sectores sedimentos de una misma formación. Esta falla se extiende desde el río Opón hasta el río Sogamoso. Se expresa geomorfológicamente como un lineamiento; provocando la discontinuidad de estratos buzantes hacia el oriente (Gómez et al., 2008). La Falla de Infantas limita al oriente al anticlinal que origina la acumulación de hidrocarburos correspondiente al Campo de La Cira-Infantas.

El anticlinal de Río Sucio y el sinclinal del Naranjo se localizan inmediaciones del municipio de Lebrija, se presentan en la franja ancha donde aflora la Formación Umir,.

– **Anticlinal de Río Sucio**

Se presenta a lo largo de la cabecera del Río Sucio, desde donde se proyecta con una dirección noreste a través de la hacienda Miramar, continuando así, hasta llegar a la

hacienda Palmira. Su eje está dispuesto a lo largo de la formación Umir; en donde afloran franjas alargadas de la formación Lisama, que sobresalen con gruesos estratos de areniscas que suprayacen la formación Umir, estas franjas aisladas tienen un buzamiento hacia el oeste evidenciando que el eje del anticlinal ha sido erodado, lo que promueve la generación de amplios depósitos coluviales que cubren gran parte de la zona; el extremo sur del eje de este anticlinal termina en una falla de tipo inverso que se identifica como la falla Río Sucio.

– **Sinclinal de Naranjo**

Conforma una depresión estructural que afecta las unidades litológicas que muestran el cambio del Cretácico al Triásico. Su eje se dispone en dirección nordeste y se origina en El Cerro La Aurora, continuándose en el Cerro Los Naranjos, hasta terminar en la cabecera de la quebrada Palo Blanco; la estructura sinclinal se encuentra limitada al oeste y este por fallas paralelas y se muestra atravesando dos franjas alargadas de la formación Lisama. Los buzamientos de los estratos en cercanías al eje de este anticlinal son suaves y consolidan una topografía de moderada inclinación. Este sinclinal es cortado por una la quebrada La Sorda o Chafacota, localizada sobre el flanco occidental del cerro La Aurora.

– **Anticlinal de San Luis**

Se encuentra al occidente de la Falla de La Salina y está afectando rocas de la Formación Colorado al sur y de la Formación Real al norte, tiene una dirección de rumbo noreste - suroeste y se extiende al este en el sector de la Lizama.

– **Sinclinal del Nuevo Mundo**

Es el principal pliegue que atraviesa el trazado en su parte media, en una dirección Este-Oeste; Es una estructura amplia, ligeramente asimétrica cuyo eje está recargado hacia su parte oriental, probablemente como resultado del fuerte levantamiento ocasionado por la falla Provincia y el anticlinal Las Monas.

5.1.1.7 Caracterización del macizo rocoso para los túneles la Paz y la Sorda

El trazado de la vía ruta del Cacao propone la construcción de los túneles; Túnel de la Paz en la unidad Funcional 6 y el Túnel de la Sorda en la unidad Funcional 7. A continuación se hace la caracterización geológica y del macizo rocoso para cada uno de los túneles.

5.1.1.8 Túnel de la Paz

Este túnel se ubica en la unidad funcional 6 con una longitud de 2.6 km aproximadamente que atraviesa rocas sedimentarias.

- **Unidades litológicas**

La zona del túnel atraviesa la secuencia litológica de la formación la paz (**Tel**) con tres miembros principales con características particulares en torno a su composición. El superior está compuesto por arcillolitas y areniscas de grano fino a grueso muy fracturadas que se hacen masivas hacia la base; El miembro medio, compuesto por areniscas de grano fino a medio, poco fracturadas; y el miembro Inferior, caracterizado por areniscas conglomeráticas, con algunas manchas de oxidación, moderadamente fracturadas, con intercalaciones de arcillolitas en forma de lentes. El espesor en la sección tipo es de 1000 m, pero generalmente presenta variaciones locales.

También atraviesa la formación Lisama (**Tpl**) que consta de una secuencia interestratificada de arcillolitas marrón y gris, limolitas grises, amarillas, rojizas y violetas y areniscas de grano fino a medio, gris verdosa y marrón; que en algunos sectores se encuentra cubierta por depósitos coluviales. Hacia el tope de la formación las areniscas son de grano más grueso hasta conglomeráticas, con presencia de algunos mantos de carbón.

- **Geología estructural**

Estructuralmente la zona corresponde con un sector de plegamientos, donde está el flanco oriental del sinclinal de nuevo mundo, en dirección Suroccidente - Nororiente; presenta una continuidad en la inclinación de los estratos debido a la gran estructura sinclinal que domina el sector de rocas de la Formación La Paz (**Tel**) y en algunos sectores la formación Lisama (**Tpl**). Por información de datos estructurales de campo esta zona presenta una inclinación de las capas con un buzamiento dirigido al noroccidente.

- **Caracterización del macizo rocoso**

La caracterización del macizo rocoso se hizo con la ayuda de los afloramientos rocosos en superficie y la descripción de núcleos de las perforaciones mecánicas que se tienen previstas para la investigación del subsuelo en el túnel.

Tomando los valores de RMR Ajustado que contienen todas las características medidas en campo, mientras el RMR 89 considera un macizo seco y la orientación de las discontinuidades favorables, incrementando de esta manera su valor. De estos valores se ha adoptado un valor promedio de RMR ajustado de 60 correspondiente un macizo rocoso de buena calidad (Tipo III) según Bieniawski 1989.

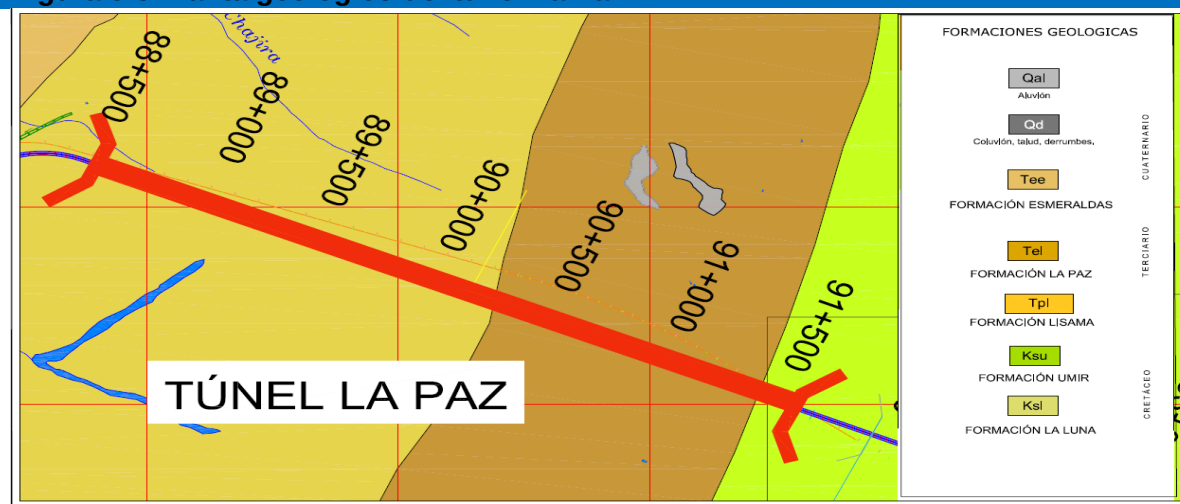
Las siguiente resumen los tipos de terreno esperados a lo largo de la excavación del túnel. En las (Figura 5-5 y Figura 5-6) se observa la planta y el perfil del túnel la Paz, calzada derecha.

Tabla 5–1 Tipos de terrenos presentes en el túnel de la paz

TÚNEL LA PAZ					
TIPOS DE TERRENO TRAMO DE CALZADA EN TUNEL					
ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	ESPESOR	TIPO DE ROCA	TIPO DE TERRENO	% TIPO DE TERRENO
K88+520	K90+520	2000	Formación la Paz: arenisca gris clara, conglomeratica masiva y limolita	II	60
K90+520	K91+700	1180	Formación Lisama : Lutita abigrarrada; arenisca de grano fino gris	III	35
K91+700	K91+850	150	Formación Umir : Lutitav Blanda de color gris con capas delgadas limolíticas y algunos matos de carbón	IV	5
LONGITUD TOTAL:		3330		TOTAL	100

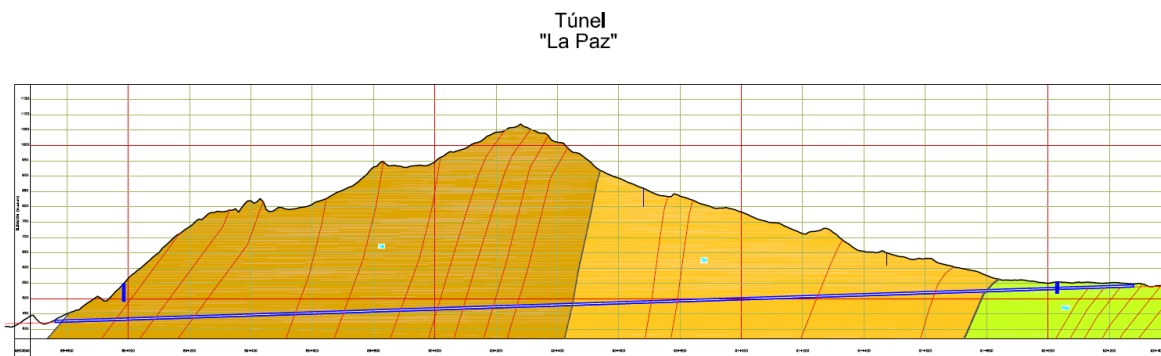
Fuente: Ferropol concesión ruta del Cacao 2016

Figura 5-5 Planta geológico del túnel La Paz



Fuente: Ferropol Concesión ruta del Cacao 2016.

Figura 5-6 Perfil geológico del túnel La Paz



Fuente: Ferrocól Concesión ruta del Cacao 2016.

5.1.1.9 Túnel de la Sorda

Este túnel se ubica en la unidad funcional 6 con una longitud de 2.2 km aproximadamente que atraviesa rocas sedimentarias.

- **Unidades litológicas**

Atraviesa rocas muy lodosas de la formación Umir (**Ksu**), shales grises a negros, carbonosos, micáceos; concreciones ferruginosas; lutitas grises a gris oscuras, carbonosas con nódulos ferruginosos; intercalaciones de areniscas y limolitas grises carbonosas y micáceas. Presenta mantos de carbón en la parte superior.

También atraviesa la formación Lisama (**Tpl**), una secuencia interestratificada de arcillolitas marrón y gris, limolitas grises, amarillas, rojizas y violetas y areniscas de grano fino a medio, gris verdosa y marrón; que en algunos sectores se encuentra cubierta por depósitos coluviales. Hacia el tope de la formación las areniscas son de grano más grueso hasta conglomeráticas, con presencia de algunos mantos de carbón.

- **Geología estructural**

Estructuralmente la zona corresponde con un sector de plegamientos, donde está el sinclinal del Naranjo, en dirección Suroccidente - Nororiente; presenta una continuidad en la inclinación de los estratos debido a la estructura sinclinal que domina el sector de rocas de la Formación Lisama (**Tpl**) y en algunos sectores la formación Umir (**Ksu**). Por información de datos estructurales de campo esta zona presenta una inclinación de las capas con un buzamiento dirigido al noroccidente y sur oriente formando una pequeño sinclinal.

- **Caracterización del macizo rocoso**

La caracterización del macizo rocoso se hizo con la ayuda de los afloramientos rocosos en superficie y la descripción de núcleos de las perforaciones mecánicas que se tienen previstas para la investigación del subsuelo en el túnel.

Tomando los valores de RMR Ajustado que contienen todas las características medidas en campo, mientras el RMR 89 considera un macizo seco y la orientación de las discontinuidades favorables, incrementando de esta manera su valor. De estos valores se ha adoptado un valor promedio de RMR ajustado de 60 correspondiente un macizo rocoso de buena calidad (Tipo III) según Bieniawski 1989.

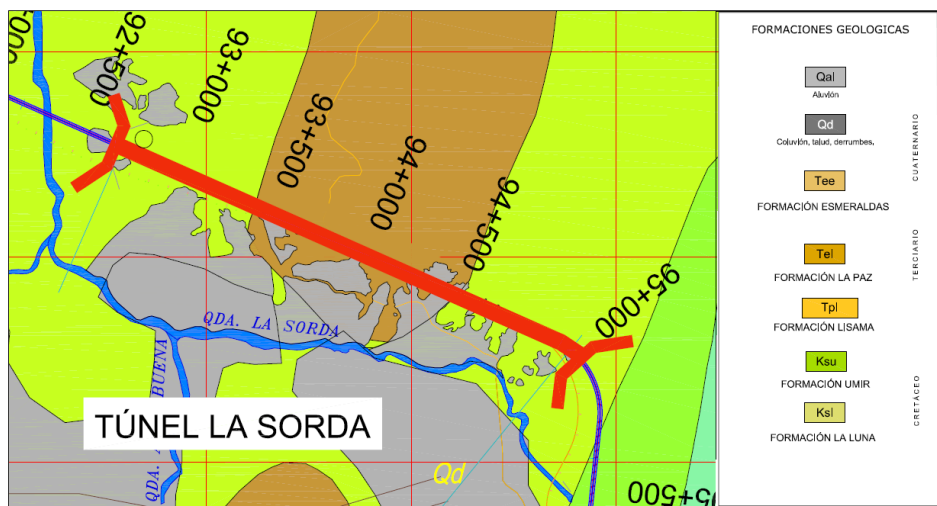
Las siguiente Tabla 5–2 se resumen los tipos de terreno esperados a lo largo de la excavación del túnel. En las (Figura 5-7 y Figura 5-8) se observa la planta-perfil del túnel la Sorda, calzada derecha.

Tabla 5–2 Tipos de terrenos presentes en el tunel de la Sorda

TÚNEL LA SORDA					
TIPOS DE TERRENO TRAMO DE CALZADA EN TUNEL					
ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	ESPESOR	TIPO DE ROCA	TIPO DE TERRENO	% TIPO DE TERRENO
K94+000	K93+500	300	Formación Lisama : Lutita abigrarrada; arenisca de grano fino gris	III	
K94+300	K94+400	100	Brecha de falla en rocas de la Formación Lisama Areniscas y lutitas	V	
K94+400	K95+000	600	Formación Lisama : Lutita abigrarrada; arenisca de grano fino gris	III	
K95+300	K95+400	100	Brecha de falla en rocas de la formación Umir Lutita Blanda y limolitas	IV	

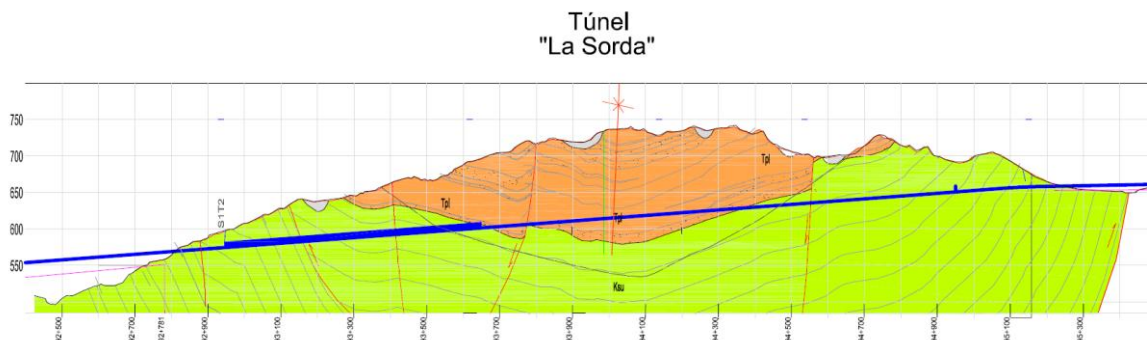
Fuente: Ferropol concesión ruta del Cacao 2016

Figura 5-7 Planta geológico del túnel La Sorda



Fuente: Ferropol Concesión ruta del Cacao 2016.

Figura 5-8 Perfil geológico del túnel La Sorda



Fuente: Ferropol Concesión ruta del Cacao 2016.

5.1.1.10 Amenazas naturales

Según la definición manejada por el Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC, las amenazas naturales están definidas como “los elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él”. En el área de estudio, las amenazas naturales presentes son Amenaza por Inundación, Amenaza Sísmica y Amenazas por remoción en masa las cuales se describen a continuación.

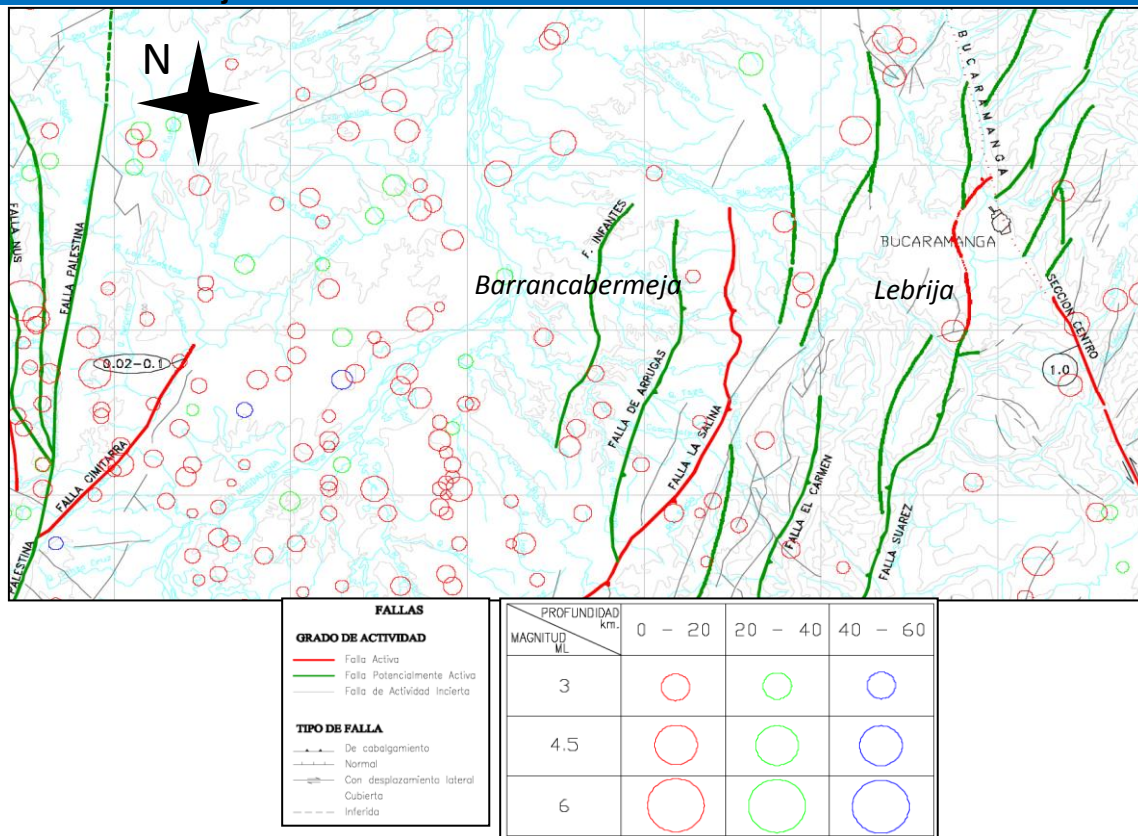
5.1.1.11 Amenaza Sísmica

En el área de influencia para la Ruta del Cacao se encuentra una zona de actividad sísmica asociada a unas fallas potencialmente activas, cuya información se encuentra en el Estudio general de amenaza sísmica de Colombia, 2009 – AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica), en el mapa de fallas activas y sismicidad del atlas de amenaza

sísmica de Colombia (INGEOMINAS), en el mapa de amenaza sísmica de la Universidad Nacional e Ingeominas del año 2010 y en el documento Map and database of Quaternary faults and folds in Colombia and its offshore regions de la USGS (U.S. Geological Survey), de mayo del año 2000.

Para los municipios de Lebrija, Girón están en un nivel de amenaza sísmica Alta y los municipios de Betulia, San Vicente de Chucuri y Barrancabermeja que están dentro del área de influencia, se les asigna un nivel de amenaza sísmica intermedia la cual está asociada a la información establecida en el atlas de amenaza sísmica de la plancha 06 que presenta las fallas principales de la zona: Falla Bucaramanga, Falla La salina, Falla del Suarez y Falla de Provincia o infantas clasificadas como fallas inversas potencialmente activas que presentan probabilidad de producir sismos en un lapso de tiempo determinado. Los sismos relacionados con dichas fallas a nivel histórico han sido en general de magnitudes de 3 a 6 y con profundidades superiores a los 80Km. Figura 5-9

Figura 5-9 Mapa de fallas Activas y sismicidad del nororiente, Bucaramanga Barrancabermeja



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

De acuerdo con el catálogo de sismicidad de la Red Sismológica Nacional se obtiene la información histórica de los sismos que se han presentado en la zona cubierta por los

municipios de Barrancabermeja y Lebrija entre el año 1195 y 2015. A continuación se muestra el mapa de ubicación de dichos sismos y una tabla resumen con los eventos sísmicos registrados para este sector (ver Figura 5-10 y Tabla 5–3).

Figura 5-10 Mapa de sismicidad sectores, Lebrija y Barrancabermeja 1995-2015

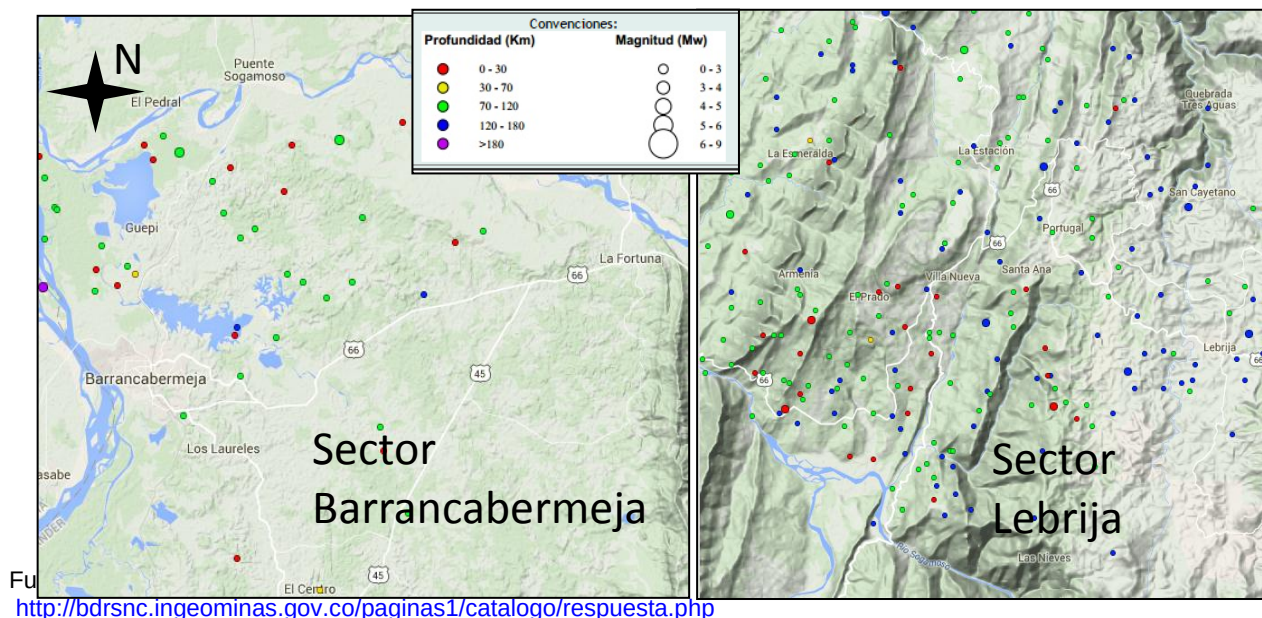


Tabla 5–3 Consulta de sismos para los municipios de Lebrija y Barrancabermeja

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad
aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km
19/07/1995	00:20:06	2	-73.286	7.047	SANTANDER	LEBRIJA	153.2
12/09/1995	03:30:34	2.4	-73.197	7.176	SANTANDER	LEBRIJA	130
26/10/1996	22:30:29	2.2	-73.248	7.095	SANTANDER	LEBRIJA	126.1
24/01/1997	14:17:22	2.2	-73.254	7.14	SANTANDER	LEBRIJA	116.3
27/01/1997	16:26:25	3.1	-73.282	7.177	SANTANDER	LEBRIJA	145.7
13/02/1997	12:21:12	2.7	-73.209	7.106	SANTANDER	LEBRIJA	140.3
23/03/1998	15:42:37	2.5	-73.299	7.142	SANTANDER	LEBRIJA	120
17/06/1998	22:14:28	3	-73.342	7.234	SANTANDER	LEBRIJA	150
26/06/1998	01:57:16	2.2	-73.29	7.203	SANTANDER	LEBRIJA	118
04/07/1998	02:44:02	2	-73.401	7.125	SANTANDER	LEBRIJA	116.3
26/09/1998	14:56:20	3.1	-73.227	7.162	SANTANDER	LEBRIJA	130
01/02/1999	20:36:12	2.5	-73.356	7.116	SANTANDER	LEBRIJA	110.9
19/06/1999	09:41:29	2.8	-73.34	7.085	SANTANDER	LEBRIJA	120

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad
aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km
07/07/1999	18:28:18	2.6	-73.22	7.178	SANTANDER	LEBRIJA	120
23/12/1999	02:30:59	2.2	-73.449	7.16	SANTANDER	LEBRIJA	30.8
12/01/2000	03:16:51	2.3	-73.247	7.122	SANTANDER	LEBRIJA	128.4
23/03/2000	10:37:59	2.9	-73.238	7.169	SANTANDER	LEBRIJA	124.9
01/04/2000	08:41:00	2.6	-73.389	7.115	SANTANDER	LEBRIJA	.8
13/04/2000	23:55:31	2.5	-73.284	7.158	SANTANDER	LEBRIJA	127.1
12/05/2000	05:09:49	2.7	-73.18	7.14	SANTANDER	LEBRIJA	128.9
21/12/2000	11:01:45	2.6	-73.334	7.086	SANTANDER	LEBRIJA	4.6
17/05/2001	21:35:40	2.6	-73.315	7.179	SANTANDER	LEBRIJA	118
14/08/2001	00:10:25	2.9	-73.364	7.107	SANTANDER	LEBRIJA	100.3
24/08/2001	23:19:51	2.3	-73.256	7.221	SANTANDER	LEBRIJA	120
04/09/2001	04:49:49	2.2	-73.355	7.231	SANTANDER	LEBRIJA	110
05/09/2001	17:04:37	2.5	-73.438	7.123	SANTANDER	LEBRIJA	106
24/11/2001	08:48:15	2.9	-73.184	7.13	SANTANDER	LEBRIJA	137.2
02/01/2002	04:38:51	1.8	-73.266	7.089	SANTANDER	LEBRIJA	118.1
12/02/2002	02:48:09	2.3	-73.181	7.116	SANTANDER	LEBRIJA	129.7
18/02/2002	11:37:49	2.2	-73.294	7.118	SANTANDER	LEBRIJA	118
02/10/2002	14:43:11	2.4	-73.393	7.085	SANTANDER	LEBRIJA	104.3
11/12/2002	14:50:53	2.4	-73.249	7.147	SANTANDER	LEBRIJA	148
11/01/2003	02:35:51	2	-73.36	7.098	SANTANDER	LEBRIJA	137.4
24/01/2003	10:43:10	1.5	-73.304	7.153	SANTANDER	LEBRIJA	125.1
10/03/2003	07:04:34	2.5	-73.182	7.137	SANTANDER	LEBRIJA	156.4
14/04/2003	05:16:38	3.2	-73.304	7.119	SANTANDER	LEBRIJA	144
12/05/2003	04:58:15	2.2	-73.268	7.138	SANTANDER	LEBRIJA	144
03/07/2003	12:05:04	2.7	-73.206	7.098	SANTANDER	LEBRIJA	122.6
16/07/2003	07:05:29	1.9	-73.19	7.137	SANTANDER	LEBRIJA	121.9
21/11/2003	00:29:14	2	-73.326	7.116	SANTANDER	LEBRIJA	114
01/12/2003	16:34:51	2.2	-73.375	7.139	SANTANDER	LEBRIJA	139.9
20/01/2004	05:27:33	2.5	-73.384	7.203	SANTANDER	LEBRIJA	126.5
04/03/2004	10:54:52	2.8	-73.258	7.129	SANTANDER	LEBRIJA	116
22/03/2004	14:09:51	2.1	-73.285	7.099	SANTANDER	LEBRIJA	121.5
11/09/2004	14:33:43	2.6	-73.25	7.218	SANTANDER	LEBRIJA	121.4
23/09/2004	01:49:44	2.8	-73.295	7.222	SANTANDER	LEBRIJA	120
05/10/2004	11:44:23	2.4	-73.198	7.11	SANTANDER	LEBRIJA	127.1
30/11/2004	01:14:45	1.9	-73.28	7.1	SANTANDER	LEBRIJA	120.5
11/12/2004	04:04:31	2.1	-73.212	7.123	SANTANDER	LEBRIJA	114

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad
aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km
05/01/2005	22:35:41	2.1	-73.32	7.24	SANTANDER	LEBRIJA	123.4
03/05/2005	08:34:29	2.2	-73.193	7.174	SANTANDER	LEBRIJA	120.9
13/09/2005	07:15:37	2.3	-73.256	7.086	SANTANDER	LEBRIJA	120.9
02/10/2005	08:26:34	2.2	-73.199	7.108	SANTANDER	LEBRIJA	128.1
20/10/2005	02:34:15	2.8	-73.401	7.104	SANTANDER	LEBRIJA	111.7
27/10/2005	19:41:49	3.2	-73.25	7.101	SANTANDER	LEBRIJA	126.1
03/12/2005	07:23:11	2.4	-73.281	7.217	SANTANDER	LEBRIJA	114
08/02/2006	02:29:39	2.2	-73.276	7.201	SANTANDER	LEBRIJA	121.3
23/05/2006	09:44:29	3	-73.204	7.115	SANTANDER	LEBRIJA	127.3
26/06/2006	23:18:47	2.2	-73.353	7.13	SANTANDER	LEBRIJA	110.6
14/07/2006	05:42:31	2.4	-73.338	7.096	SANTANDER	LEBRIJA	110
17/07/2006	10:34:44	3.8	-73.401	7.159	SANTANDER	LEBRIJA	116.6
17/10/2006	11:55:32	2.3	-73.262	7.115	SANTANDER	LEBRIJA	120.9
30/10/2006	00:21:28	2.4	-73.203	7.162	SANTANDER	LEBRIJA	118.3
17/03/2007	17:26:38	2.6	-73.367	7.219	SANTANDER	LEBRIJA	147.1
02/05/2007	01:32:45	3.5	-73.38	7.087	SANTANDER	LEBRIJA	26.8
22/11/2007	19:52:27	2	-73.424	7.148	SANTANDER	LEBRIJA	74
23/03/2008	00:44:11	2.4	-73.3	7.177	SANTANDER	LEBRIJA	115.7
25/06/2008	10:42:17	1.9	-73.206	7.133	SANTANDER	LEBRIJA	112.7
12/07/2008	11:12:39	2.1	-73.278	7.198	SANTANDER	LEBRIJA	122.1
28/10/2008	02:37:39	1.7	-73.18	7.132	SANTANDER	LEBRIJA	134.3
31/10/2008	21:27:32	2.4	-73.453	7.168	SANTANDER	LEBRIJA	108
06/11/2008	10:22:30	2.8	-73.396	7.146	SANTANDER	LEBRIJA	25.2
07/11/2008	10:54:42	3.2	-73.312	7.22	SANTANDER	LEBRIJA	118.9
04/04/2009	04:35:27	2	-73.318	7.097	SANTANDER	LEBRIJA	110.9
05/04/2009	22:47:27	2.1	-73.317	7.115	SANTANDER	LEBRIJA	112.8
20/05/2009	11:35:15	1.8	-73.417	7.115	SANTANDER	LEBRIJA	97.1
02/07/2009	09:52:33	1.9	-73.292	7.203	SANTANDER	LEBRIJA	102.8
07/09/2009	02:52:04	1.4	-73.3	7.106	SANTANDER	LEBRIJA	129.5
11/09/2009	04:37:57	1.2	-73.317	7.066	SANTANDER	LEBRIJA	126.5
23/09/2009	18:34:17	1.9	-73.441	7.161	SANTANDER	LEBRIJA	100.7
02/10/2009	16:42:30	1.9	-73.23	7.097	SANTANDER	LEBRIJA	157.8
13/10/2009	23:16:53	1	-73.411	7.101	SANTANDER	LEBRIJA	103.3
27/11/2009	03:32:40	2.1	-73.307	7.087	SANTANDER	LEBRIJA	112.7
14/03/2010	19:51:07	1.5	-73.264	7.081	SANTANDER	LEBRIJA	119.6
20/03/2010	07:04:18	1.6	-73.264	7.158	SANTANDER	LEBRIJA	114.8

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad
aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km
30/03/2010	23:39:23	2.1	-73.227	7.094	SANTANDER	LEBRIJA	114
10/04/2010	18:32:31	2.2	-73.237	7.109	SANTANDER	LEBRIJA	124.1
13/04/2010	02:45:45	1.5	-73.347	7.086	SANTANDER	LEBRIJA	115.4
16/04/2010	03:46:51	1.9	-73.296	7.188	SANTANDER	LEBRIJA	116.5
23/04/2010	15:19:01	2.1	-73.237	7.095	SANTANDER	LEBRIJA	143.1
27/04/2010	03:23:42	2.4	-73.354	7.229	SANTANDER	LEBRIJA	102
11/05/2010	05:05:49	1.5	-73.178	7.151	SANTANDER	LEBRIJA	115
25/05/2010	06:29:57	2.2	-73.39	7.127	SANTANDER	LEBRIJA	110
02/06/2010	17:22:52	2.5	-73.175	7.15	SANTANDER	LEBRIJA	125.1
11/06/2010	22:57:19	1.1	-73.375	7.093	SANTANDER	LEBRIJA	.6
22/06/2010	02:05:41	1.6	-73.372	7.096	SANTANDER	LEBRIJA	116
23/06/2010	01:07:56	1.4	-73.392	7.101	SANTANDER	LEBRIJA	4.2
24/06/2010	09:59:49	1.5	-73.395	7.167	SANTANDER	LEBRIJA	160
02/07/2010	04:44:30	1	-73.364	7.179	SANTANDER	LEBRIJA	26
07/07/2010	02:49:03	1.5	-73.322	7.116	SANTANDER	LEBRIJA	117.8
23/07/2010	05:49:09	1.7	-73.342	7.134	SANTANDER	LEBRIJA	118.8
02/08/2010	15:26:01	1.6	-73.263	7.066	SANTANDER	LEBRIJA	119.9
09/08/2010	18:04:45	1.6	-73.258	7.194	SANTANDER	LEBRIJA	128.5
21/08/2010	07:11:05	1.2	-73.336	7.163	SANTANDER	LEBRIJA	113.6
23/08/2010	02:55:25	1.2	-73.252	7.202	SANTANDER	LEBRIJA	115.4
04/09/2010	03:15:01	.9	-73.282	7.11	SANTANDER	LEBRIJA	3.3
05/09/2010	15:30:47	2.2	-73.175	7.153	SANTANDER	LEBRIJA	144
08/09/2010	23:15:00	2	-73.274	7.09	SANTANDER	LEBRIJA	119.8
25/09/2010	15:29:34	2.1	-73.382	7.115	SANTANDER	LEBRIJA	109.3
09/10/2010	07:43:23	1.7	-73.44	7.138	SANTANDER	LEBRIJA	113.4
30/10/2010	13:34:49	1.8	-73.375	7.13	SANTANDER	LEBRIJA	113.4
05/11/2010	17:29:31	2.4	-73.242	7.167	SANTANDER	LEBRIJA	123
27/11/2010	01:48:35	1.5	-73.375	7.108	SANTANDER	LEBRIJA	20.3
17/02/2011	13:57:12	1.5	-73.233	7.108	SANTANDER	LEBRIJA	118
27/03/2011	06:06:56	1.4	-73.39	7.178	SANTANDER	LEBRIJA	98
04/05/2011	02:43:41	1.6	-73.197	7.183	SANTANDER	LEBRIJA	127.5
12/05/2011	12:17:03	1.7	-73.337	7.214	SANTANDER	LEBRIJA	27.4
27/05/2011	08:30:40	1.6	-73.316	7.056	SANTANDER	LEBRIJA	173.6
02/06/2011	15:02:18	1.9	-73.303	7.093	SANTANDER	LEBRIJA	116.2
03/07/2011	07:31:35	1.7	-73.33	7.065	SANTANDER	LEBRIJA	110.2
11/07/2011	06:16:34	1.2	-73.358	7.245	SANTANDER	LEBRIJA	116.5

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad
aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km
07/08/2011	03:40:41	1.3	-73.238	7.13	SANTANDER	LEBRIJA	127.8
22/09/2011	09:14:08	1.4	-73.32	7.048	SANTANDER	LEBRIJA	130.2
12/10/2011	00:07:45	1.7	-73.203	7.128	SANTANDER	LEBRIJA	128.7
23/10/2011	17:53:24	1.3	-73.323	7.059	SANTANDER	LEBRIJA	121.8
04/11/2011	23:38:35	1.6	-73.336	7.05	SANTANDER	LEBRIJA	117.3
14/11/2011	06:37:23	1.1	-73.266	7.2	SANTANDER	LEBRIJA	112.3
17/11/2011	03:40:27	1.6	-73.283	7.221	SANTANDER	LEBRIJA	119.8
25/12/2011	07:23:23	2.1	-73.324	7.075	SANTANDER	LEBRIJA	116
29/12/2011	09:29:12	2.2	-73.385	7.115	SANTANDER	LEBRIJA	115.2
01/01/2012	20:20:20	1.9	-73.314	7.168	SANTANDER	LEBRIJA	124.7
03/01/2012	12:26:55	1.4	-73.326	7.114	SANTANDER	LEBRIJA	117.1
20/01/2012	01:41:22	2.3	-73.341	7.189	SANTANDER	LEBRIJA	111.1
29/01/2012	07:28:09	1.1	-73.423	7.178	SANTANDER	LEBRIJA	20.8
05/02/2012	23:23:29	1.3	-73.335	7.071	SANTANDER	LEBRIJA	125.6
14/04/2012	05:34:42	1.2	-73.363	7.094	SANTANDER	LEBRIJA	121.3
14/04/2012	20:21:29	2.1	-73.34	7.058	SANTANDER	LEBRIJA	112.4
01/05/2012	16:09:52	2.2	-73.337	7.172	SANTANDER	LEBRIJA	129.6
06/05/2012	13:14:13	2.1	-73.31	7.05	SANTANDER	LEBRIJA	122
11/05/2012	08:35:00	1.4	-73.376	7.082	SANTANDER	LEBRIJA	121.6
20/05/2012	16:32:38	1.6	-73.382	7.228	SANTANDER	LEBRIJA	118.2
30/05/2012	17:27:47	1.8	-73.41	7.148	SANTANDER	LEBRIJA	116.3
02/06/2012	20:09:53	1.9	-73.345	7.122	SANTANDER	LEBRIJA	115.1
16/06/2012	08:37:43	1.2	-73.339	7.216	SANTANDER	LEBRIJA	124.8
24/07/2012	08:36:32	1.9	-73.318	7.247	SANTANDER	LEBRIJA	126.7
09/08/2012	01:54:27	1.9	-73.393	7.11	SANTANDER	LEBRIJA	113.9
12/09/2012	05:28:37	1.7	-73.376	7.132	SANTANDER	LEBRIJA	111.4
19/09/2012	14:14:00	1.9	-73.335	7.245	SANTANDER	LEBRIJA	110.8
19/09/2012	18:00:04	1.9	-73.278	7.095	SANTANDER	LEBRIJA	116.8
27/09/2012	12:06:38	2.9	-73.324	7.062	SANTANDER	LEBRIJA	114.2
04/10/2012	18:36:15	2	-73.401	7.131	SANTANDER	LEBRIJA	124
13/10/2012	08:53:47	2.6	-73.22	7.199	SANTANDER	LEBRIJA	125.9
16/10/2012	06:04:50	1.9	-73.295	7.123	SANTANDER	LEBRIJA	117.1
15/11/2012	15:31:01	1.9	-73.321	7.07	SANTANDER	LEBRIJA	120
18/11/2012	00:04:03	1.3	-73.379	7.174	SANTANDER	LEBRIJA	112
21/11/2012	16:52:34	1.7	-73.379	7.097	SANTANDER	LEBRIJA	109.5
15/12/2012	00:48:32	1.2	-73.388	7.21	SANTANDER	LEBRIJA	111

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad
aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km
15/12/2012	10:39:16	2.9	-73.244	7.108	SANTANDER	LEBRIJA	132.1
18/01/2013	18:57:00	1.5	-73.355	7.215	SANTANDER	LEBRIJA	127.7
30/01/2013	16:54:11	1.8	-73.355	7.213	SANTANDER	LEBRIJA	125.3
25/02/2013	10:13:10	1.2	-73.314	7.21	SANTANDER	LEBRIJA	118.6
09/03/2013	11:04:31	3	-73.278	7.088	SANTANDER	LEBRIJA	4
10/03/2013	01:02:26	1.7	-73.348	7.113	SANTANDER	LEBRIJA	39.6
22/03/2013	01:40:53	1.7	-73.281	7.1	SANTANDER	LEBRIJA	6.9
27/03/2013	02:58:26	.8	-73.324	7.054	SANTANDER	LEBRIJA	11.8
28/03/2013	11:05:34	1.3	-73.347	7.069	SANTANDER	LEBRIJA	7.1
29/03/2013	13:16:52	1.5	-73.289	7.132	SANTANDER	LEBRIJA	4
25/04/2013	08:01:09	2.2	-73.32	7.149	SANTANDER	LEBRIJA	120.4
25/04/2013	08:01:09	2.2	-73.317	7.164	SANTANDER	LEBRIJA	118
29/04/2013	04:02:57	1.7	-73.34	7.116	SANTANDER	LEBRIJA	122.6
12/05/2013	00:50:30	1.5	-73.27	7.084	SANTANDER	LEBRIJA	4
21/05/2013	20:51:59	1.7	-73.248	7.202	SANTANDER	LEBRIJA	126.2
19/06/2013	01:34:52	1.8	-73.362	7.202	SANTANDER	LEBRIJA	116
26/06/2013	18:06:56	1.9	-73.309	7.185	SANTANDER	LEBRIJA	120
26/06/2013	20:22:02	2.3	-73.27	7.186	SANTANDER	LEBRIJA	124
06/07/2013	12:00:46	2	-73.364	7.224	SANTANDER	LEBRIJA	112.8
09/08/2013	04:04:36	2.1	-73.318	7.072	SANTANDER	LEBRIJA	118.8
11/09/2013	00:00:39	1.9	-73.309	7.081	SANTANDER	LEBRIJA	127.6
25/09/2013	17:40:13	1.2	-73.325	7.157	SANTANDER	LEBRIJA	0
23/10/2013	06:13:44	1.8	-73.317	7.072	SANTANDER	LEBRIJA	119.7
27/10/2013	03:05:24	1.5	-73.381	7.098	SANTANDER	LEBRIJA	113.9
30/10/2013	01:25:57	1.4	-73.361	7.095	SANTANDER	LEBRIJA	119.3
31/10/2013	04:03:04	1.4	-73.362	7.086	SANTANDER	LEBRIJA	122.6
05/11/2013	02:16:43	1.5	-73.414	7.184	SANTANDER	LEBRIJA	104
18/11/2013	01:48:31	1.3	-73.404	7.113	SANTANDER	LEBRIJA	99.8
19/11/2013	23:09:06	1	-73.392	7.081	SANTANDER	LEBRIJA	0
26/11/2013	23:34:13	1.9	-73.327	7.067	SANTANDER	LEBRIJA	112
17/12/2013	15:45:28	1.5	-73.185	7.191	SANTANDER	LEBRIJA	151.8
03/01/2014	18:07:09	1.2	-73.347	7.243	SANTANDER	LEBRIJA	17
18/01/2014	01:20:23	2.9	-73.339	7.102	SANTANDER	LEBRIJA	120
27/01/2014	09:30:13	1.4	-73.377	7.182	SANTANDER	LEBRIJA	112.6
22/02/2014	18:46:52	2.2	-73.401	7.175	SANTANDER	LEBRIJA	111.1
08/03/2014	12:29:21	2.3	-73.27	7.177	SANTANDER	LEBRIJA	116.5

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad
aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km
27/03/2014	06:20:03	1.7	-73.387	7.172	SANTANDER	LEBRIJA	114
10/04/2014	08:50:43	1.8	-73.283	7.072	SANTANDER	LEBRIJA	125.4
07/06/2014	09:05:11	1.9	-73.374	7.091	SANTANDER	LEBRIJA	101.5
09/06/2014	06:47:48	1.7	-73.296	7.227	SANTANDER	LEBRIJA	119.1
21/06/2014	01:39:30	2.2	-73.287	7.089	SANTANDER	LEBRIJA	117.8
21/06/2014	16:46:57	1.9	-73.279	7.153	SANTANDER	LEBRIJA	119.6
21/06/2014	16:46:57	2.3	-73.243	7.181	SANTANDER	LEBRIJA	120.3
22/06/2014	19:30:22	1.8	-73.321	7.147	SANTANDER	LEBRIJA	125.2
27/06/2014	07:51:39	1.3	-73.32	7.149	SANTANDER	LEBRIJA	115.3
14/07/2014	09:08:31	1.7	-73.389	7.101	SANTANDER	LEBRIJA	109.7
16/07/2014	20:04:16	1.8	-73.299	7.186	SANTANDER	LEBRIJA	118.7
21/08/2014	02:22:56	1.6	-73.362	7.18	SANTANDER	LEBRIJA	123.6
17/09/2014	08:56:39	1.6	-73.358	7.081	SANTANDER	LEBRIJA	116.4
26/09/2014	04:36:33	2.3	-73.351	7.099	SANTANDER	LEBRIJA	115.9
02/10/2014	20:48:08	3	-73.37	7.12	SANTANDER	LEBRIJA	18.1
04/10/2014	10:44:13	1.6	-73.281	7.187	SANTANDER	LEBRIJA	119.3
04/10/2014	23:24:42	1.2	-73.371	7.187	SANTANDER	LEBRIJA	51.4
09/10/2014	18:43:32	2.2	-73.211	7.078	SANTANDER	LEBRIJA	131.8
20/10/2014	11:27:33	2.2	-73.412	7.106	SANTANDER	LEBRIJA	114
05/11/2014	10:42:59	1.7	-73.383	7.086	SANTANDER	LEBRIJA	122.9
12/11/2014	18:10:16	1.3	-73.255	7.199	SANTANDER	LEBRIJA	21.7
21/11/2014	20:28:35	1.9	-73.347	7.045	SANTANDER	LEBRIJA	122.2
05/01/2015	11:33:13	1.8	-73.332	7.229	SANTANDER	LEBRIJA	121.8
06/01/2015	19:36:44	2.2	-73.369	7.124	SANTANDER	LEBRIJA	119
10/02/2015	08:01:25	1.5	-73.357	7.104	SANTANDER	LEBRIJA	115.2
10/02/2015	22:04:55	1.6	-73.327	7.132	SANTANDER	LEBRIJA	136
28/02/2015	23:00:29	1.5	-73.225	7.104	SANTANDER	LEBRIJA	122.6
12/03/2015	02:46:15	1.8	-73.337	7.08	SANTANDER	LEBRIJA	121.1
18/03/2015	20:52:43	1.4	-73.225	7.17	SANTANDER	LEBRIJA	135.5
31/03/2015	06:41:27	1.6	-73.384	7.191	SANTANDER	LEBRIJA	122
22/04/2015	09:46:59	1.5	-73.333	7.095	SANTANDER	LEBRIJA	8.2
23/04/2015	16:49:07	1.4	-73.323	7.129	SANTANDER	LEBRIJA	4
23/04/2015	18:34:59	1.4	-73.335	7.118	SANTANDER	LEBRIJA	4
27/04/2015	10:14:37	2.2	-73.309	7.235	SANTANDER	LEBRIJA	117.6
28/04/2015	12:16:50	1.2	-73.338	7.133	SANTANDER	LEBRIJA	15.2
01/05/2015	14:10:28	1.7	-73.332	7.167	SANTANDER	LEBRIJA	106.4

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Departamento	Municipio	Profundidad
aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados			Km
02/05/2015	00:28:13	.8	-73.325	7.108	SANTANDER	LEBRIJA	21.1
26/06/2015	19:26:15	2.6	-73.264	7.151	SANTANDER	LEBRIJA	118.6
13/07/2015	14:03:48	1.3	-73.364	7.187	SANTANDER	LEBRIJA	99.3
14/08/2015	11:50:54	2.5	-73.294	7.131	SANTANDER	LEBRIJA	115.4
18/08/2015	06:58:48	1.2	-73.337	7.16	SANTANDER	LEBRIJA	121.4
07/09/2015	13:40:49	1.7	-73.356	7.07	SANTANDER	LEBRIJA	4
08/09/2015	10:10:24	1.5	-73.226	7.098	SANTANDER	LEBRIJA	132.6
16/09/2015	01:50:02	1.7	-73.288	7.234	SANTANDER	LEBRIJA	113.8
11/10/2015	06:23:01	1.7	-73.345	7.131	SANTANDER	LEBRIJA	4
11/10/2015	07:51:06	1.9	-73.256	7.034	SANTANDER	LEBRIJA	138.5
21/11/2015	04:01:34	1.3	-73.22	7.135	SANTANDER	LEBRIJA	114.2
24/12/2015	22:12:02	1.9	-73.304	7.094	SANTANDER	LEBRIJA	122.9

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

De acuerdo con el “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, 2010), el sector en el que se encuentran los municipios de: Lebrija, Betulia, Giron, San Vicente de Chucuri y Barrancabermeja pertenecientes al departamento de Santander se localizan en una Zona de Amenaza Sísmica Alta e Intermedia (ver Figura 5-11)

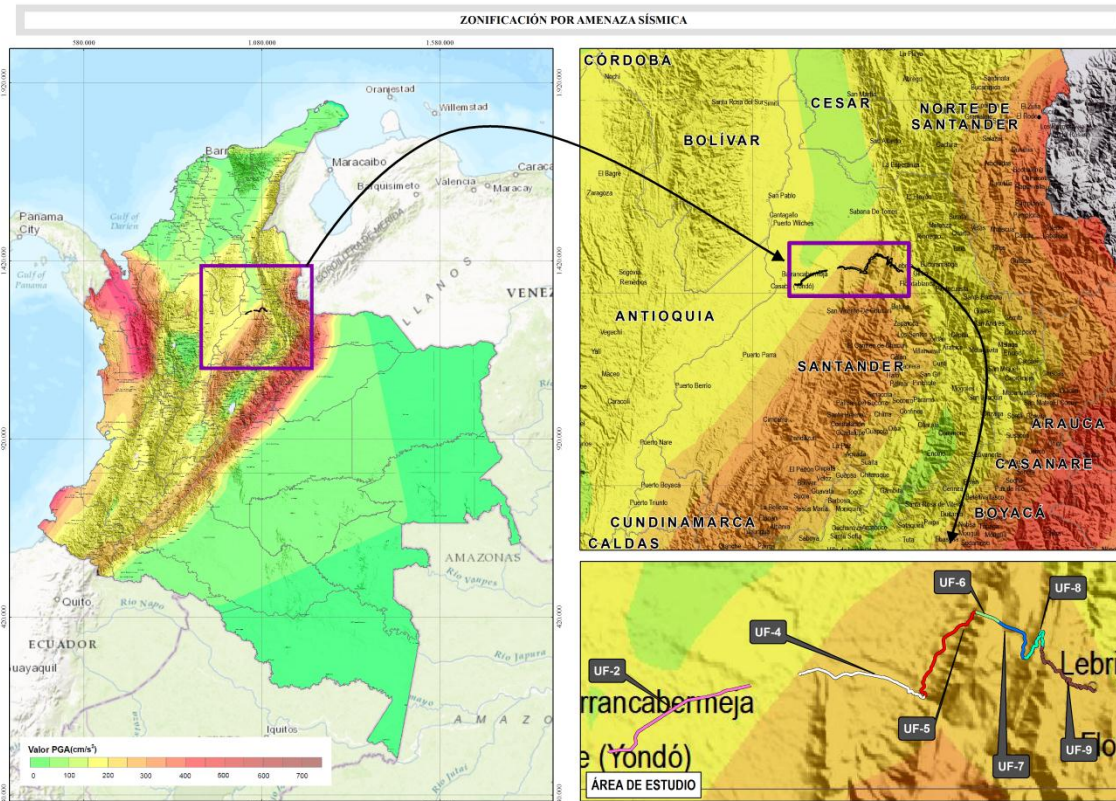
Por otra parte, y de acuerdo con el NSR-10, en la Tabla 5–4 se muestran los valores que recomienda para los coeficientes que representan: la aceleración horizontal pico efectiva [Aa]; la velocidad horizontal pico efectiva [Av]; la aceleración pico efectiva reducida para diseño con seguridad limitada [Ae]; y la aceleración pico efectiva para el umbral de daño [Ad]. Para cada uno de los municipios del área de influencia.

Tabla 5–4 Valores de Aa, Av, Ae y Ad para los municipios que atraviesa el proyecto

MUNICIPIO	A _A	A _V	Zona de amenaza sísmica	A _E	A _D
Lebrija	0,25	0,20	Alta	0,13	0,09
Girón	0,20	0,18	Alta	0,18	0,10
Betulia	0,20	0,20	Intermedia	0,13	0,09
San Vicente Chucuri	0,15	0,15	Intermedia	0,16	0,08
Barrancabermeja	0,15	0,15	Intermedia	0,06	0,04

Fuente: Tomado del Apéndice A-4 del NSR-10, (AIS, 2010)

Figura 5-11 Amenaza Sísmica para el área de estudio ruta del cacao



Fuente: NRS-10 (AIS, 2010)

5.1.1.12 Amenaza por procesos de remoción en masa

En el área de influencia que está sobre los municipios de Barrancabermeja y Lebrija se encuentran varios procesos erosivos y de remoción en masa asociados a las pendientes altas que predominan en el sector, la geología, coberturas vegetales, densidad de drenaje, fallamiento y usos del suelo.

Los principales procesos presentes son deslizamientos, reptaciones, caídas de bloques y desprendimientos relacionados con acción antrópica en algunos casos y en otros con procesos naturales como la precipitación, inestabilidad de los suelos y fallamiento potencialmente activo. Adicionalmente se presentan procesos erosivos generalizados en las partes altas evidenciados por presencia de surcos, cárcavas y socavación. A continuación se describen de manera generalizada los procesos de remoción y erosivos identificados en el área y en el capítulo de geomorfología se explica de manera detallada la morfodinámica del área de estudio.

– **Reptación**

Relacionado con un desplazamiento amplio, lento y continuo, casi imperceptible y superficial de suelo y detritos en pendientes relativamente fuertes a moderadas, convexas o rectas y la evidencia más notable es la inclinación de árboles y postes.

– **Deslizamientos**

Es un proceso de movimiento en masa que se divide en deslizamiento planar que produce un movimiento de material consolidado sobre planos inclinados mojados, que pueden corresponder a laderas estructurales o a planos de falla, o diaclasamiento y deslizamiento rotacional en el cual la superficie de ruptura es cóncava hacia arriba o hacia abajo, presentando fisuras en la parte superior de la ladera afectada.

En el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Lebrija se reporta que en las Veredas Libano se han producido deslizamientos sobre el Río Sucio y en algunas de las quebradas como la Sordae.

– **Desprendimientos y caída de escombros**

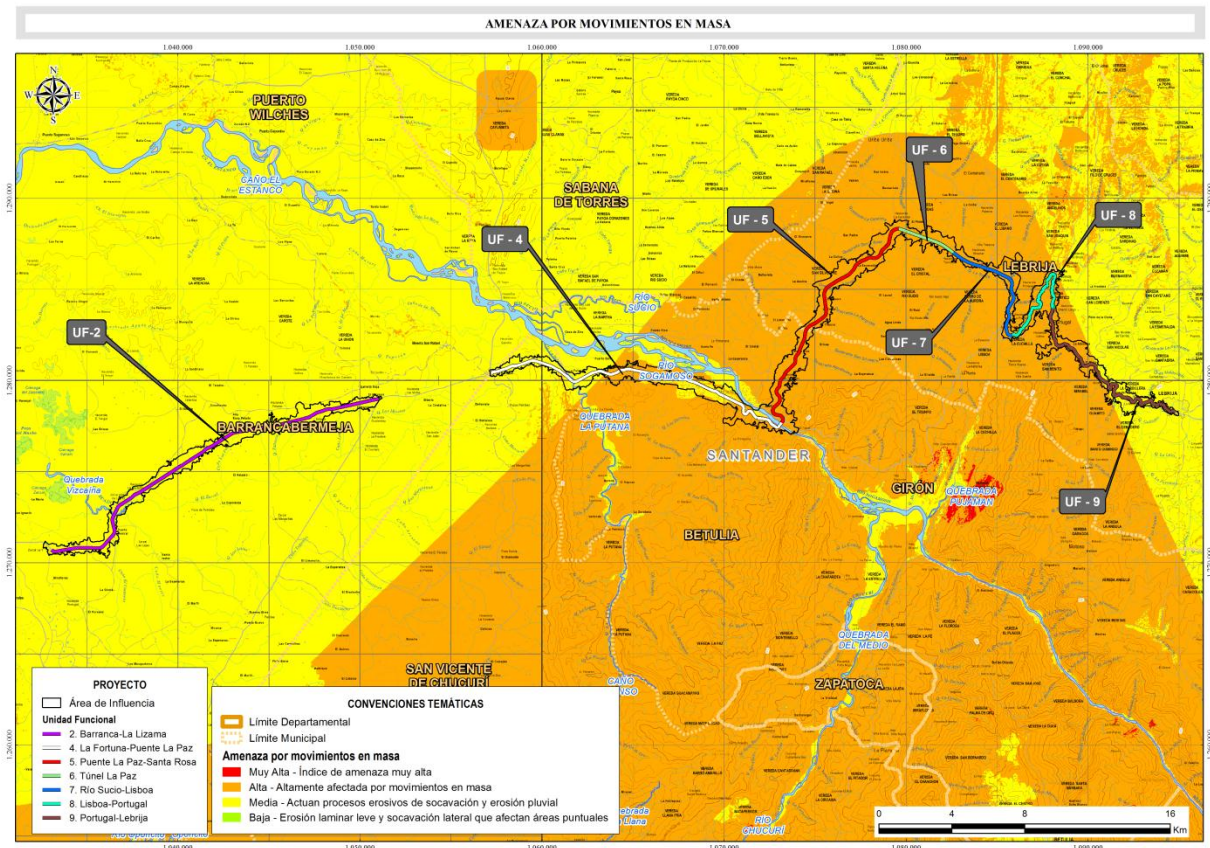
Se presenta en pendientes verticales a subverticales, como en acantilados, escarpes de terraza, escarpes de falla o de erosión; con caída libre, sin contacto con la superficie de la ladera.

– **Aludes o avalanchas**

Descritos como movimiento de grandes volúmenes de detritos y suelos producto de la pérdida de cohesión en rocas muy fracturadas y diaclasadas, efectos generado por la meteorización, presencia de fallas o por la pérdida de soporte lateral. Ocurre generalmente en terrenos muy escarpados.

Finalmente al hacer la caracterización de los procesos en el área de estudio y de acuerdo con la información del mapa de Amenaza por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Nacional 2012; se encuentran que cubre desde el nivel medio a nivel alto debido a la cantidad considerable de deslizamientos, procesos erosivos, entre otros que son frecuentes en la zona (ver Figura 5-12).

Figura 5-12 Mapa de amenaza por movimientos en masa sector Lebrija Barrancabermeja



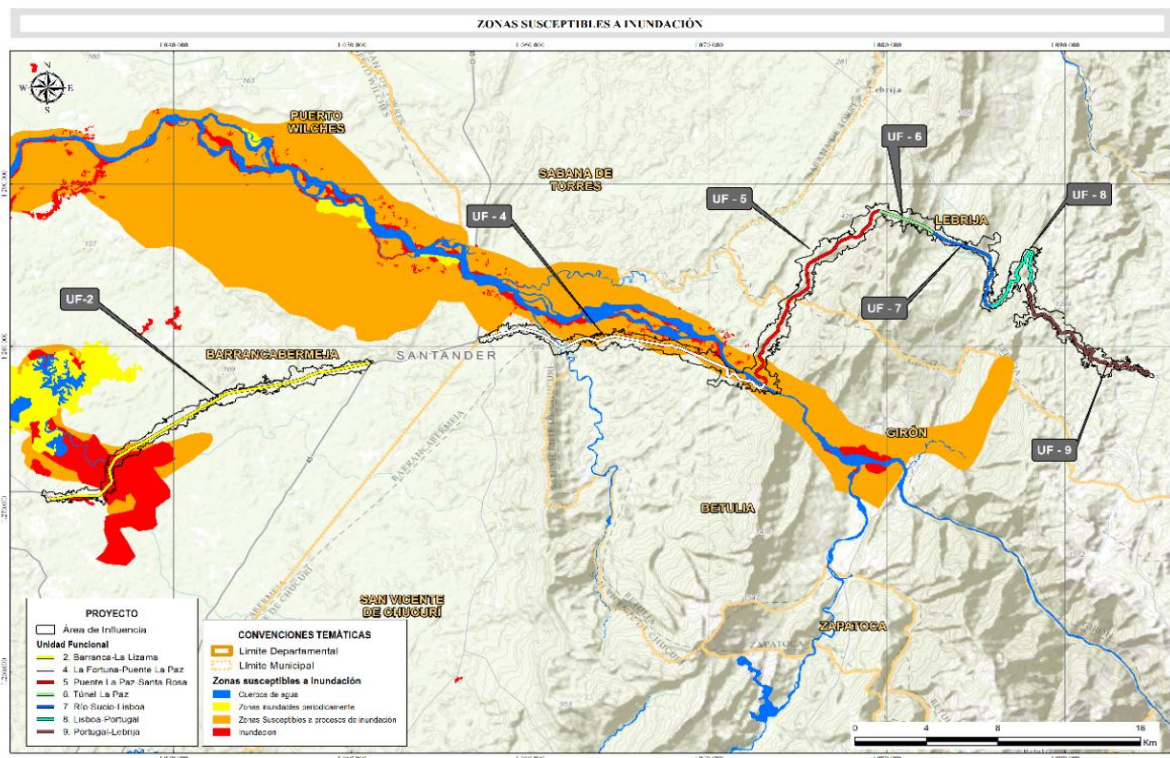
Fuente: Modificado del mapa de amenaza por movimientos en masa planchas 109 y 120; Servicio Geológico Nacional. Escala 1:100.000 (2012)

5.1.1.13 Amenaza por inundación, avalanchas y represamientos

Teniendo en cuenta el mapa de zonas susceptibles a inundación del IDEAM del año 2010 (ver Figura 5-13), se identifica que en el sector cubierto por el trazado presenta una probabilidad mínima de ocurrencia de inundaciones y las zonas más cercanas que podrían presentar mayor cantidad de inundaciones corresponden a las que se encuentran próximas al Río Sogamoso las cuales se encuentran fuera del área de influencia.

Con base en la información de los planes de ordenamiento territorial de los municipios de Barrancabermeja, Betulia y San Vicente de Chucuri; se establece que aunque esta amenaza no es frecuente, se debe tener en cuenta que las condiciones hidroclimáticas (precipitaciones) pueden abarcar inundaciones locales en márgenes de ríos. Dentro de las áreas susceptibles se encuentran las zonas aledañas al río Sogamoso, Río Zarzal Y quebrada la Putana.

Figura 5-13 Mapa de zonas susceptibles a inundación sector de Lebrija Barrancabermeja.



Modificado de IDEAM. Mapa de zonas susceptibles a inundación para los departamentos de Santander, escala 1:500.000 (2010)

5.1.2 GEOMORFOLOGÍA

La caracterización geomorfológica del área de estudio se realizó teniendo como guía el documento realizado por la Subdirección de Geología Básica del Servicio Geológico Colombiano llamado “Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa” (2012) el cual se complementó con la clasificación realizada por VILLOTA en el documento “Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras” (VILLOTA, 1991).

La caracterización geomorfológica se desarrolló teniendo en cuenta los análisis a partir de los siguientes aspectos:

Morfogénesis: Involucra la definición del origen de las diferentes geoformas, entre lo que abarca las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron. Se establece a partir de los procesos que formaron y modificaron dichas geoformas.

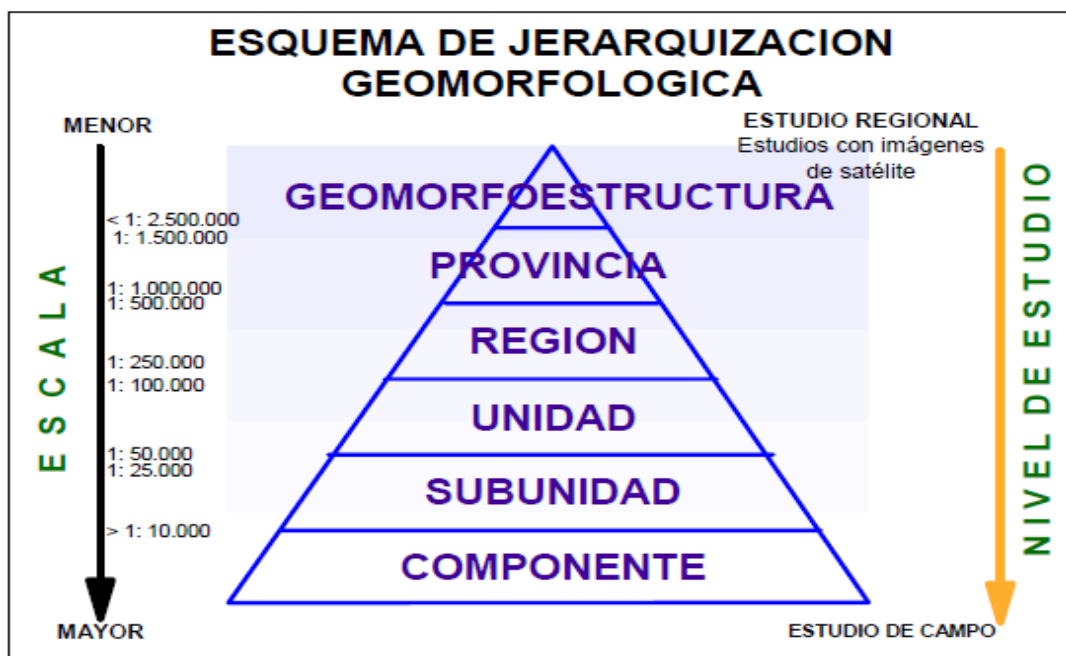
Morfometría: Corresponde a las características o aspectos relacionados con la geometría de las unidades geomorfológicas.

Morfodinámica: Se centra en los procesos dinámicos externos que actúan sobre la superficie y son los responsables de las modificaciones del relieve y están asociados a la meteorización, erosión, transporte de los materiales y los procesos de remoción en masa.

Morfoestructura: Corresponde al análisis de las formas desde el punto de vista estructural, que tienen influencia en la conformación del relieve.

De acuerdo con Carvajal (2008), se adoptó una jerarquización geomorfológica, la cual relaciona las escalas de trabajo con la subdivisión geomorfológica, la génesis y los ambientes morfogenéticos (ver Figura 5-14).

Figura 5-14 Esquema de jerarquización par estudios geomorfológicos



Fuente: SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la Zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. (2012)

Teniendo en cuenta la jerarquización geomorfológica para la escala y nivel de estudio se aplica la subunidad geomorfológica o tipo de relieve (escala 1:10000 a escala 1:25000) que involucran los contrastes morfométricos relacionados con variaciones en la litología, pendientes y con procesos morfodinámicos.

Para realizar la clasificación de las unidades presentes en el área también se utilizó el sistema multicategorico de clasificación trabajado y depurado por el CIAF y la subdirección de Agrología del IGAC, de la siguiente forma:

Geomorfoestructura: Grandes áreas o amplios espacios continentales o intercontinentales caracterizados por estructuras geológicas y topográficas regionales.

Provincia: Conjuntos de regiones con geoformas similares. En general está definida por mega geoformas que puede asimilarse a regiones naturales y de terrenos geológico, los cuales están demarcados por fallas regionales y continentales definidas.

Paisaje: Unidad espacial que equivale a un elemento del paisaje constituido a su vez por una asociación de formas del terreno.

Tipo de relieve: Unidad espacial que equivale a un elemento del paisaje constituido a su vez por una asociación de formas del terreno.

Ambiente morfogenético: Corresponde a la génesis de las geoformas en términos del tipo de ambiente morfogenético en el cual se han originado.

5.1.2.1 Unidades geomorfológicas

El trazado vial se encuentra en las provincia geomorfológica asociadas a la cordillera oriental y el valle medio del Magdalena; en el modelado del relieve han influido procesos endógenos que originaron el levantamiento de zona montañosa, colinas con terrazas disectadas, y procesos exógenos que produjeron la erosión intensa de rocas y depósitos que conforman las terrazas, formando un paisaje caracterizado por colinas bajas, llanura aluvial anegable en época de lluvias y valles que separan las colinas. A continuación se describen los procesos morfogenéticos de carácter depositacional y erosional, que dieron lugar a las unidades geomorfológicas identificadas para el área de influencia y se muestran en el Mapa Geomorfológico y Procesos Morfodinámicos, ver Anexo Cartográfico.12-RTC-MA-EIA-GPM

- **Unidades geomorfológicas de origen denudacional**

Se incluyen las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas morfoestructurales preexistentes y además crean nuevas geoformas por acumulación de sedimentos.

Las geoformas denudacionales corresponden a la acción combinada de meteorización, erosión que han afectado en general geoformas de origen estructural e intrusivo.

- **Cono o Lobulo de Depósito coluvial Dco**

Corresponde a depósitos de pie de ladera, que se generan a partir de la acción de la gravedad sobre material meteorizado, el cual es traspuesto por gravedad y depositado a manera de conos o lóbulos con relieve bajo, de pendiente inclinada a abrupta y en laderas

cortas a moderadamente largas de morfología convexa. Debido a la poca consolidación de este material, se torna vulnerable a los movimientos en masa, especialmente en aquellos sectores de pendientes muy inclinadas.

– **Colina Residual Dcr**

Esta geoforma se localiza principalmente sobre el Grupo Real y en parte la Formación Umir, su origen está relacionado con procesos de erosión diferencial que han operado en tiempos pasados. El terreno presenta una prominencia elevación del terreno, de laderas rectas con pendientes inclinadas, cimas subredondeadas, con un índice de relieve bajo, un patrón de drenaje subdentrítico.

– **Colina residual Disectada Dcrd**

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por tener una morfología colinada con cimas agudas y estrechas, laderas ligeramente convexas y pendientes muy abruptas, de índice de relieve bajo. Está asociada con rocas que han sufrido tectonismo y con desarrollo de una delgada capa de suelo residual. El material ha desarrollado en algunos sectores erosión esferoidal y alto grado de disección en U, posiblemente debido a que se han desarrollado sobre rocas blandas fracturadas de las formaciones Colorado y el Grupo Real.

– **Lomerios Disectados Dldi**

Prominencias topográficas de morfología alomada, con cimas amplias y redondeadas, limitadas por laderas cortas y moderadamente largas con pendientes muy inclinadas a abruptas. El índice de relieve que generan estas elevaciones es bajo. Esta unidad se forma por procesos de denudación intensos que da lugar a laderas disectadas, generando valles en U con fondo redondeado. Fotografía 5–18

Fotografía 5–18 Geomorfología de unidades propias de lomeríos disectados, sector vereda la Cuchilla

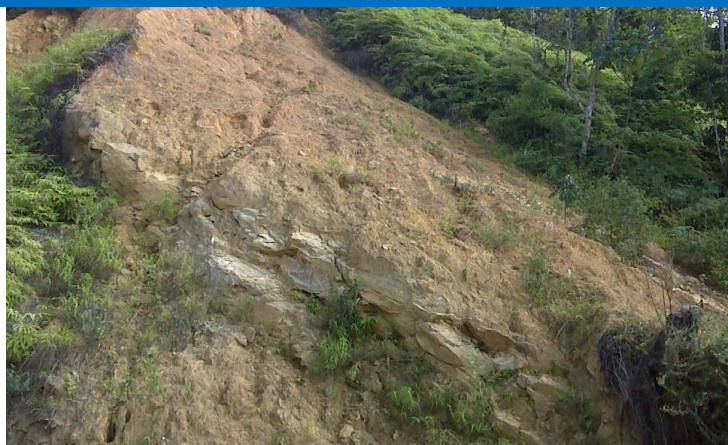


Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– Ladera Erosiva Del

Su morfología de laderas irregulares disectadas, de longitudes moderadamente largas y pendientes muy inclinadas a escarpadas, con patrones de drenaje sub-paralelo y en algunos sectores, presencia de procesos de erosión acentuados. Fotografía 5–19

Fotografía 5–19 Ladera erosiva en un sector de la vía existente, vereda Lisboa y Angelinos



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Montículos y ondulaciones Denudacionales Dmo**

Elevación del terreno que varía entre 20-50 metros sobre su nivel de base local, de morfología colinada, de laderas cóncavas a rectas suavemente inclinadas y con drenajes divergentes; estas formas deben su origen a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables dispuestas de manera horizontal o ligeramente inclinadas, desarrollan una fina capa de suelo residual y en algunos casos debido al uso como potreros para ganadería, presenta la erosión en terracetas de pastoreo. Fotografía 5–20

Fotografía 5–20 Unidad de montículos denudacionales vereda Tapazon.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Planicie Dp**

Area de terreno extensa, relativamente plana con pendientes que no superan los 5°. Los procesos denudativos han actuado en geformas originales, dejando superficies extensas casi planas donde se pueden presentar procesos erosivos moderados. Fotografía 5–21

Fotografía 5–21 Unidad de planicie, inmediaciones cuenca quebrada el Zarzal



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Planicie colinada denudada Dpcd**

Geoforma de gran extensión, de morfología ondulada, con índice de relieve muy bajo, formado por laderas cortas de pendiente abrupta, de forma cóncava, el patrón de drenaje es subdendrítico. Se encuentran esporádicamente movimientos en masa de tipo flujos de tierra, con erosión laminar y en Carcavas. Suele aparecer en terrenos donde las rocas sedimentarias han sufrido intensos procesos denudativos dejando como vestigio dicha geoforma Fotografía 5–22

Fotografía 5–22 Unidad de planicie Colinada cuenca quebrada Estrella.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

• **Unidades geomorfológicas de origen Fluvial**

Corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvial. Están asociadas principalmente al efecto de sedimentación de las corrientes de agua de los ríos. Estas geoformas están ampliamente distribuidas.

– **Cauce aluvial activo Fca**

Geoforma que corresponde a un canal de forma irregular por donde discurre el agua que se origina debido a la excavación de corrientes perennes o estacionales en macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. En muchos casos la forma del cauce es controlada por la topografía pero también estructuralmente por fallas y lineamientos. Fotografía 5–23

Fotografía 5–23 Cauce aluvial activo del rio Sogamoso sector del Peaje caserío la playa .



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Escarpe de terraza de acumulación Ftae**

Franja angosta con pendiente muy inclinaday longitud corta, modelada sobre sedimentos aluviales. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial dentro de antiguas llanuras de inundación de los ríos.

– **Plano o llanura de inundación Fpi**

Franja de terreno de morfología plana, con índice de relieve bajo, eventualmente inundable, conformada por depósitos aluviales finos producto de la sedimentación durante los eventos de inundación. Se presentan asociados a los cauces principales como superficies estrechas y alargadas limitadas por escarpes de terraza. Fotografía 5–24

Fotografía 5–24 Llanura de inundación quebrada Zarzal



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Terraza de acumulación subreciente Ftas**

Plano suavemente inclinado de morfología plana y ligeramente disectada. Corresponde a antiguas llanuras aluviales que quedaron adosadas a las márgenes de un valle aluvial en forma de resalte topográfico definiendo una geoforma aterrazada.

Los procesos de sedimentación activa están involucrados dentro de estas unidades geomorfológicas de origen Fluvial, y están relacionadas principalmente con el río Sogamoso. El cauce aluvial activo múltiple trenzado **Fca**, Escarpe de terraza de acumulación **Ftae**, y el Plano o llanura de inundación **Fpi**; son las unidades geomorfológicas en donde se puede apreciar de manera más clara los procesos de sedimentación activa como las islas y barras de arena, que se encuentran principalmente.

Es importante mencionar también que las condiciones del cauce y caudal natural del río Sogamoso en el sector de la zona de estudio, fueron modificadas por la construcción de la Represa de Hidrosogamoso; que se encuentra aproximadamente 900m aguas arriba del cruce de la vía existente Barrancabermeja –Lebrija con el río Sogamoso.

• **Unidades geomorfológicas de origen Estructural**

Se incluyen las geoformas originadas por la influencia de la actividad tectónica sobre rocas y suelos generando expresiones en el terreno que se combinan con los procesos denudacionales.

– **Espinazo estructural Se**

Conjunto de sierras simétricas, de morfología colinada, con crestas subangulares a subredondeadas e índice de relieve moderado, las laderas son moderadamente largas a largas y las pendientes varían entre abruptas y muy escarpadas. El patrón de drenaje es subparalelo a subdendrítico, el grado de incisión es moderado a fuerte y los valles tienen forma de "V" abierta. Se presentan procesos erosivos incipientes de manera puntual. Fotografía 5–25

Fotografía 5–25 Espinazo estructural en el sector de la vereda San Silvestre.

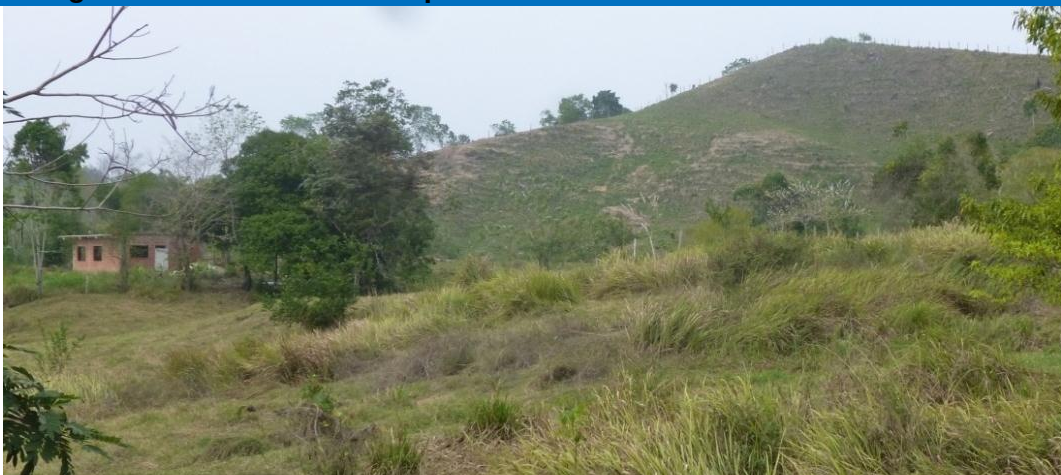


Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal Ssslc**

Ladera vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa y escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de las estructura sinclinales de dirección SW-NE que atraviesan la zona. El patrón de drenaje dominante es subparalelo, con valles poco entallados. Fotografía 5–8

Fotografía 5–26 Ladera contrapendiente sector de la Lizama.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Ladera estructural de sierra anticlinal Sale**

Superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, de longitud larga a muy larga, formas rectas y pendiente inclinada a abrupta, asociada al flanco de las estructuras

anticlinales que atraviesan el área de estudio. El patrón de drenaje dominante es subparalelo a subdendrítico, con valles en forma de "V" abierto e incisión moderada, asociado a ella se identifican algunos procesos de erosión severa y movimientos en masa.

– **Ladera estructural de sierra sinclinal Sssle**

Ladera definida por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, conformándola artesa de las estructuras sinclinales que atraviésala zona, de longitud corta a moderadamente larga, forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas. El patrón de drenaje dominante es subparalelo, con valles en forma de "V" abierto e incisión fuerte, asociado a ella se identifican procesos de erosión laminar, deslizamientos trasnacionales. Fotografía 5–27

Fotografía 5–27 Ladera estructural en el sector del caserío Tienda Nueva



– **Sierra de barras estructurales Ssbe**

Prominencia topográfica elongada de morfología alomada de laderas irregulares a escalonadas cortas, con índice de relieve moderado, definida por la disposición estructural casi vertical de los estratos.

• **Unidades geomorfológicas de origen Antrópico**

Se incluyen las geoformas originadas por la influencia de la actividad del hombre sobre rocas y suelos generando expresiones en el terreno que marcan una gran diferencia a las generadas por procesos naturales.

– **Canteras Ac**

Excavaciones de altura variable y formas irregulares hechos para la extracción de materiales de construcción a cielo abierto, como piedra, arena y grava.

– **Relleno de escombros Are**

Áreas destinadas a la acumulación de materiales de desecho, resultantes de la construcción de obras civiles y actividad minera. Fotografía 5–28

Fotografía 5–28 Lleno de escombros sector de Zodme cerca del sitio de la presa



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Superficies de explanación Asp**

Explanación hecha en laderas de sustrato rocoso y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas. Fotografía 5–29 Sector de explanaciones muy cerca del sitio de la Virgen. Fotografía 5–29 Sector de explanaciones muy cerca del sitio de la Virgen. Fotografía 5–29 Sector de explanaciones muy cerca del sitio de la Virgen. Fotografía 5–29

Fotografía 5–29 Sector de explanaciones muy cerca del sitio de la Virgen.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.2.2 Morfometría

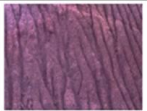
Trata de aspectos cuantitativos en términos de medidas de longitud, área, forma y pendiente. El mapa de pendientes es una variable cuantitativa y continua, derivada del modelo digital de elevación (DEM). Los rangos de pendientes que se emplean en esta variable corresponden a los rangos de inclinación de laderas propuestos por los términos de referencia en el mapa de pendientes, ver Anexo Cartográfico.11-RTC-MA-EIA-PT

5.1.2.3 Morfodinámica

Todos los elementos móviles determinados por las fuerzas de cambio, capaces de obtener, transportar y depositar los productos provenientes de la meteorización y de la sedimentación, se conocen como agentes morfodinámicos, siendo los más importantes la escorrentía del agua lluvia y factores antrópicos, los animales y el hombre. Estos agentes son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan la superficie terrestre, ya sea degradándola o bien construyendo nuevos paisajes.

En la Esquema de jerarquización de tipos de procesos erosivos se presenta una clasificación de procesos erosivos y en la Figura 5-15 los procesos catalogados como procesos erosivos que predominan principalmente en las diferentes regiones.

Figura 5-15 Esquema de jerarquización de tipos de procesos erosivos

TIPOS DE EROSION	ESPACIAMIENTO ENTRE CANALES (m)						GRAFICO Y/O DIAGRAMA
	< 5	5 a 15	15 a 50	50 a 150	150 a 500	>500	
Erosión Laminar	Severa	Moderada	Suave				
Surcos (< 50 cm. de Prof.)	Severa	Severa	Moderada	Suave			
Barrancos (50 - 147 cm. de Prof.)	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave		
Cárcavas (> 150 cm. de Prof.)	Severa	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave	

Fuente: Modificada de Van Zuidam, 1986

– Erosión hídrica laminar

Remoción de láminas delgadas de suelo, ocasionadas por las lluvias, en laderas con superficies inclinadas.

Fotografía 5–30 Sector con erosión laminar cerca del botadero Rediba.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– Erosión en Surcos y Carcavas

Formación de canales estrechos, erosión en cárcavas: erosión hídrica intensa de varias dimensiones desde estrechas y poco profundas a muy amplias y de varios metros de profundidad. Fotografía 5–30

Fotografía 5–31 Sector con erosión surcos cerca del botadero Rediba



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– Erosión en Terracetas

Formación de gradas o escalones de poca altura en el terreno, generalmente en las laderas por el paso constante de ganado, formando terrazas angostas y de varios niveles a lo largo de la ladera. Fotografía 5–32

Fotografía 5–32 Sector con erosión en Terracetas cerca del Municipio Lebrija



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

En el área de estudio se encuentran principalmente estos procesos erosivos y se muestran en el Mapa Geomorfológico y Procesos Morfodinámicos, ver Anexo Cartográfico.12-RTC-MA-EIA-GPM

También existe la clasificación de movimientos en masa que son considerados de mayor afectación al terreno con pérdida de soporte y desprendimientos de terreno y que requieren de obras de ingeniería para su control y mitigación. La Figura 5-16 muestra procesos catalogados como movimientos en masa.

Figura 5-16 Clasificación de Tipos de procesos de Movimientos en Masa

Tipo	Subtipo	Esquema
Caídas	Caída de rocas (detritos o suelo)	
Volcamiento	Volcamiento de roca (Bloque) Volcamiento Flexural de roca o del macizo rocoso	 
Deslizamiento roca o suelo	Deslizamiento traslacional (a) Deslizamiento rotacional (b) Deslizamiento en cuña (c)	  
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)	
Flujo	Flujo de detritos (a) Crecida de detritos Flujo de lodo (b) Flujo de tierra (c) Flujo de turba Avalancha de detritos (d) Avalancha de rocas (e) Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (arena, limo, detritos, roca fracturada)	     
Reptación	Reptación de suelos (a) Soilfluxión (b) Gelifluxión (en permafrost)	 

Fuente: PMA-GEMMA, 2007

– **Reptación (Dr)**

Relacionado con un desplazamiento amplio, lento y continuo, casi imperceptible y superficial de suelo y detritos en pendientes relativamente fuertes a moderadas, convexas o rectas y la evidencia más notable es la inclinación de árboles y postes. En el área de estudio se presenta en muchos sectores de la cuenca del Río Sucio, vereda el Libano y en sector de la vía conocido como el parador Patico de Lebrija Fotografía 5–33

Fotografía 5–33 Sector con Reptaciones en la cuenca río Sucio vereda el Líbano



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

– **Deslizamientos (Dz)**

Es un proceso de movimiento en masa que se divide en deslizamiento planar que produce un movimiento de material consolidado sobre planos inclinados mojados, que pueden corresponder a laderas estructurales o a planos de falla, o diaclasamiento y deslizamiento rotacional en el cual la superficie de ruptura es cóncava hacia arriba o hacia abajo, presentando fisuras en la parte superior de la ladera afectada.

En el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Lebrija y a lo largo de la vía principal, se encuentran varios movimientos en masa, en el sector comprendido entre Restaurante Brisas y la estación Guayacán; deslizamientos que afectan terrenos de las Veredas Angelinos y Lisboa. Fotografía 5–34 y Fotografía 5–35.

Fotografía 5–34 Sector de la vía existente, con deslizamientos planares



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Fotografía 5–35 Sector de deslizamiento sobre la vía existente , en inmediaciones del caserío La playa



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Estos procesos morfodinámicos son utilizados como insumos, junto con otras variables, en los procesos que se adelantan para realizar la zonificación Geotécnica y con ellos obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa y erosión que se muestra más adelante en el numeral 5.1.9 Geotecnia, ver Anexo Cartográfico 13 –RTC-MA-EIA-SPRM.