

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA**



**EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE AMENAZA POR FENÓMENOS DE
REMOCIÓN EN MASA DE LA VÍA ENTRE MOCOA CAPITAL DEL
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO Y EL CORREGIMIENTO DE SAN JUAN DE
VILLALOBOS JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA EN EL
DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**

Ingrid Paola Fonseca Camargo
Ingridpaola.fonseca@gmail.com



EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA DE LA VÍA ENTRE MOCOA CAPITAL DEL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO Y EL CORREGIMIENTO DE SAN JUAN DE VILLALOBOS JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

THREAT SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT DUE TO MASS REMOVAL OF THE ROAD BETWEEN MOCOA CAPITAL OF THE DEPARTMENT OF PUTUMAYO AND THE JURISDICTION OF SAN JUAN DE VILLALOBOS JURISDICTION OF THE MUNICIPALITY OF SANTA ROSA IN THE DEPARTMENT OF CAUCA.

Elaborado por: Ingrid Paola Fonseca Camargo
Ingeniera geóloga, especialización en Geomática
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia
ingridpaola.fonseca@gmail.com

RESUMEN

Este artículo presenta la evaluación de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa que involucran la estabilidad de la vía entre San Juan de Villalobos, corregimiento del municipio de Santa Rosa en el departamento del Cauca y la ciudad de Mocoa capital del departamento del Putumayo, utilizando el software ArcMap en el cual se realizó los respectivos análisis, procesamientos e interpretaciones de acuerdo con el criterio adoptado para definir el mapa de susceptibilidad geológica, geomorfológica y de coberturas de la tierra, insumos utilizados para definir las zonas de susceptibilidad alta, esta valoración arrojó que el 85.2% del corredor vial se encuentra entre media y muy alta susceptibilidad a presentar movimientos en masa como deslizamientos, avalanchas, flujos de suelo y tierra y caída de rocas entre otros, en el caso de la ciudad de Mocoa aunque el estudio no tenía como alcance el caso urbano se puede observar que este sector presenta amenaza media a alta.

Palabras clave: susceptibilidad, Fenómenos de Remoción en Masa, Mocoa, vía.



ABSTRACT

This article presents the evaluation of the susceptibility due to mass removal phenomena that involve the stability of the road between San Juan de Villalobos, a town of the municipality of Santa Rosa in the department of Cauca and the city of Mocoa, capital of the Putumayo department, using The ArcMap software in which the respective analyzes, processes and interpretations were carried out according to the adopted criteria to define the geological susceptibility map, geomorphological and land cover, inputs used to define areas of high susceptibility. 85.2% of the road corridor is between medium and very high susceptibility to mass movements such as landslides, avalanches, soil and soil flows and rock fall, among others, in the case of the city of Mocoa although the study did not have as reach the urban case can be observed that this sector presents medium to high threat.

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente la vía que comunica los departamentos del Huila y Putumayo que corresponde a la Ruta Nacional 4503 presenta una geometría con curvas cerradas y peligrosas, las condiciones actuales en cuanto a estabilidad del tramo entre San Juan de Villalobos y Mocoa presenta diversos movimientos en masa dentro de los que se reconocen flujos de suelo, deslizamientos y caídas en rocas.

Este tramo vial se encuentra dentro de las denominadas vías 4G; los estudios para este tipo de vías tienen como requisito realizar estudios de geología y geomorfología, las cuales ayudan a identificar las condiciones de estabilidad de la vía, los procesos morfodinámicos actuales y analizar las

posibles amenazas geológicas que pueda presentar la vía en el futuro.

En este estudio se analizan los factores que inciden en las inestabilidades de este corredor vial, como lo son las condiciones geológicas en cuanto a tipo de rocas y su resistencia y fabrica y la densidad de fracturamiento provocado por procesos tectónicos y estructurales como las fallas geológicas activas.

Las coberturas de la tierra, las cuales fueron tomadas como referencia del estudio de la clasificación de coberturas de la tierra Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000 y como tercer insumo las condiciones fisiográficas del terreno, siendo este el factor con mayor peso en la determinación de la susceptibilidad de generar Fenómenos de Remoción en Masa ya



que en este se evalúa las pendientes, la dirección del flujo de agua, las formas existentes del relieve y los sectores inventariados donde se ha presentado problemas de estabilidad.

Con los tres insumos anteriormente mencionados, utilizando ArcMap, se generaron los raster y se reclasificaron para proceder a realizar los cruces de la información de cada insumo; se realizó una reclasificación y por último se generó el mapa de susceptibilidad por FRM para el tramo vial.

2 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra localizada al suroccidente del país, entre los departamentos de Cauca y Putumayo, en el denominado macizo colombiano que corresponde al flanco oriental de la Cordillera

Central, presenta un relieve abrupto con pendientes medias a escarpadas y una morfología ondulada.

Dentro del área de influencia del presente informe se encuentra la región conocida como la bota Caucana por donde trascurre el río Caquetá, uno de los principales ríos del país.

Específicamente el proyecto se encuentra ubicado entre el corregimiento de San Juan de Villalobos en el Cauca y la ciudad de Mocoa capital del departamento de Putumayo, el área de influencia directa se centra en la vía que comunica a Mocoa con el departamento del Huila y el centro del país que corresponde a una vía nacional concesionada, la longitud total del proyecto es de 64 km, en la Figura 2-1, se muestra esquemáticamente la localización del área de estudio.

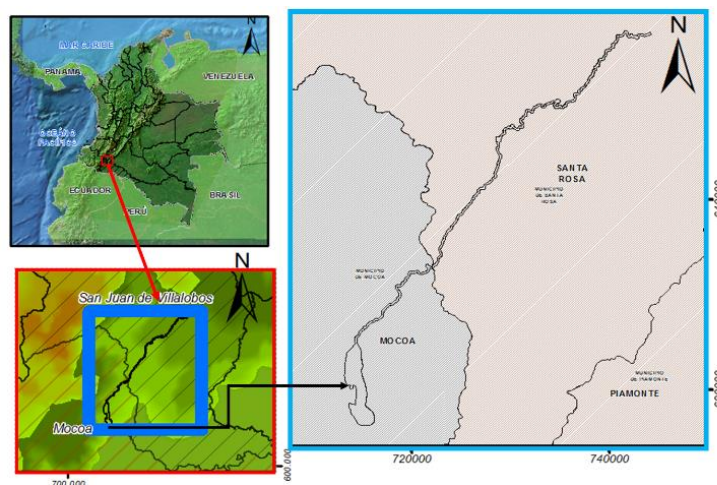


Figura 2-1 Localización general del proyecto



3 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la evaluación de la susceptibilidad se resume en los siguientes pasos:

3.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Inicialmente se procedió a recopilar la información existente como insumo inicial para el desarrollo del trabajo, entre la información consultada se cuenta con la cartografía geológica existente a escala regional, guías y metodologías para elaboración de mapas de susceptibilidad, fotografías aéreas e imágenes de satélite, además de la información de cartografía básica desarrollada para el proyecto mediante tecnología lidar y suministrada para el desarrollo del presente proyecto de grado.

3.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Con previas visitas a campo en donde se realizó el control y delimitación de las unidades geológicas y ambientes morfogénicos que se presentan en el área de estudio y el inventario de sitios inestables en donde se identificaron 30 sitios inestables que afectaban directamente la vía, estos movimientos corresponden a deslizamientos rotacionales, caída de rocas, flujos y erosión

hídrica, esto sitios fueron georeferenciados y codificados de acuerdo al tipo de movimiento, dimensiones y grado de afectación con respecto a la vía.

Una vez seleccionada la información de referencia y con la información recolectada en campo, se procedió a realizar la generación de una GDB (Geodatabase) configurando el sistema de coordenadas, proyección para Colombia que corresponde a Magna Sirgas con origen Oeste debido a la ubicación del proyecto, sus respectivos dominios y clases con el fin de incorporar la información espacial utilizada y generada para realizar el mapa de amenaza del corredor con sus respectivos atributos y codificaciones.

4 INSUMOS

El insumo principal corresponde a la base topográfica la cual fue tomada de un levantamiento LIDAR de todo el corredor con un buffer de 200m de la vía, de esta información se procesó y genero el Modelo de Elevación Digital (DEM), con este se generaron las variables geométricas como la morfometría del área de estudio y adicionalmente se realizó el modelo de sombras (ver Figura 4-1).

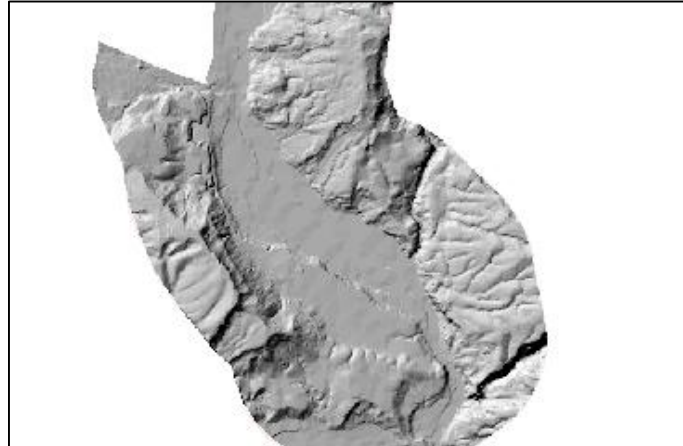


Figura 4-1 Modelo de sombras generado para el proyecto

Este corresponde a un segmento del modelo generado a partir del DEM.

La cartografía geológica y geomorfológica realizada y subintrada por una empresa privada.

El shape con las unidades de cobertura de la tierra a escala 1.100.000

5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

5.1 GEOLOGÍA

De los mapas de geología a escala 1:2000, se extrajo información en cuanto a su composición litológica, resistencia y la

densidad de fracturamiento, este últimos hace referencia a las estructuras como fallas y pliegues que se encuentran en el área y que pueden desencadenar movimientos en masa, a continuación se explica cada uno de los parámetros que definen la susceptibilidad geológica, en la Figura 5-1 se ilustra parte de la cartografía geológica del corredor vial.

A continuación se explica cada uno de los factores que se tuvieron en cuenta para la evaluación de la susceptibilidad geológica.

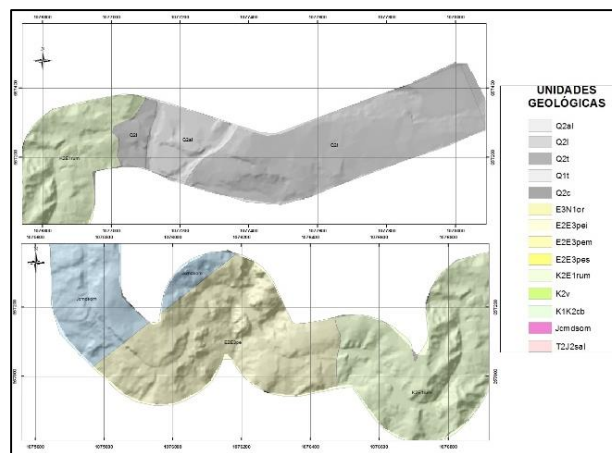


Figura 5-1 Geología del área de estudio



5.1.1 Fabrica

En este parámetro evalúa la composición litológica de las rocas y suelos así como la relación de espacios vacíos entre las partículas, esto con el fin de definir las propiedades mecánicas de la roca.

Para este estudio se analizó la composición mineralógica y litológica de las Formaciones Geológicas que se encuentran en el área de estudio fueron reclasificadas en una escala de 1 a 5, donde se asignó el menor valor aquellas rocas de estructura cristalina y 5 a los sedimentos sueltos y poco consolidados, en la Tabla 5-1, se presenta el resumen de las unidades geológicas identificadas en la zona de estudio y su clasificación de acuerdo a su fábrica/estructura.

Tabla 5-1 Calificación de las unidades geológicas de acuerdo a su fábrica/estructura

FID	Shape *	Id	Convención	Unid_geo	FABRICA
57	Polygon	0	Q2al	Aluvial Reciente	5
2	Polygon	0	Q2l	Depósitos Lacustres	5
56	Polygon	0	Q2t	Terraza Aluvial Reciente	5
14	Polygon	0	Q2c	Deposito Coluvial	5
53	Polygon	0	Q1t	Terrazas Altas o Antiguas	5
41	Polygon	0	E2E3pei	Formación Pepino Inferior	2
40	Polygon	0	E2E3pem	Formación Pepino Medio	3
37	Polygon	0	E2E3pes	Formación Pepino Superior	3
22	Polygon	0	E3N1or	Grupo Orito	3
51	Polygon	0	K2E1rum	Formación Rumiyaco	3
59	Polygon	0	K2v	Formación Villeta	3
18	Polygon	0	K1K2cb	Formación Caballos	3
7	Polygon	0	T2J2sal	Formación Saldaña Cuarzomonzodiorita	2
5	Polygon	0	Jcmdsom	Sombrerillos	1

5.1.2 Resistencia

La resistencia corresponde a los valores de resistencia a la compresión tanto en suelos como en rocas expresado en (Mpa), para esta clasificación se tomaron en cuenta los valores de referencia del documento metodológico del servicio Geológico en donde se propone una calificación de acuerdo al tipo de roca y su resistencia promedio, para el caso de los suelos inconsolidados de los depósitos se considera una resistencia menor a 0.98 Mpa, en la

Tabla 5-2 se presenta la calificación dada para cada formación geológica, y la Figura 5-2 presenta la salida grafica de esta clasificación

Tabla 5-2 Calificación de las unidades geológicas de acuerdo a su resistencia

Rowid	VALUE	COUNT	UNID_GEO	CALIF_RESIS
0	1	2625684	Aluvial Reciente	5
1	2	180220	Depósitos Lacustres	5
2	3	2325800	Formación Rumiyaco	3
3	4	1232469	Formación Pepino Inferior Cuarzomonzodiorita	2
4	5	1834452	Sombrerillos	1
5	6	712410	Formación Caballos	2
6	7	2006142	Formación Saldaña	2
7	8	3133896	Formación Villeta	3
8	9	400007	Deposito Coluvial	5
9	10	1727328	Grupo Orito	3
10	11	1053879	Terrazas Altas o Antiguas	5
11	12	1331642	Terraza Aluvial Reciente	5
12	13	264983	Formación Pepino Superior	3
13	14	489870	Formación Pepino Medio	3

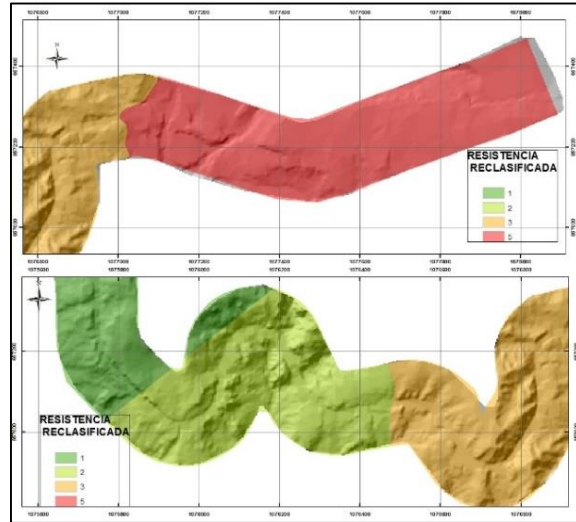


Figura 5-2 Valores de resistencia reclasificada

Se observa una zona del área de estudio que muestra los valores de resistencia de las rocas y depósitos presentes.

5.1.3 Fracturamiento

Este parámetro tiene en cuenta las condiciones estructurales de toda el área de estudio, para generar la intensidad de fracturamiento se analizan las fallas y plegamientos, en el caso de las fallas se debe determinar la actividad de cada una para definir un área de influencia.

Para este estudio se analizó el carácter tectónico regional del cual se determinó las fallas con actividad reciente que corresponde al sistema de fallas, el área de influencia del fracturamiento se realizó mediante la herramienta Density Kernel, la cual genera radios a partir de un punto, una línea o un

polígono, en este caso se realizó con las líneas de los lineamientos de falla identificados en el área de estudio, con un radio de 1 km a cada falla se le asignó un peso de 5.

5.1.4 Susceptibilidad Geológica

Una vez definidos los tres parámetros de cálculo para susceptibilidad geológica con la herramienta Raster Calculator se realiza la operación matemática con la siguiente ecuación:

$$Susc_{Geologica} = 0.5 * (Textura) + 0.4 * (Resistencia) + 0.1 * (Densidad de Fallas) \quad (1)$$

El resultado de la susceptibilidad geológica se presenta a continuación en la Figura 5-3:

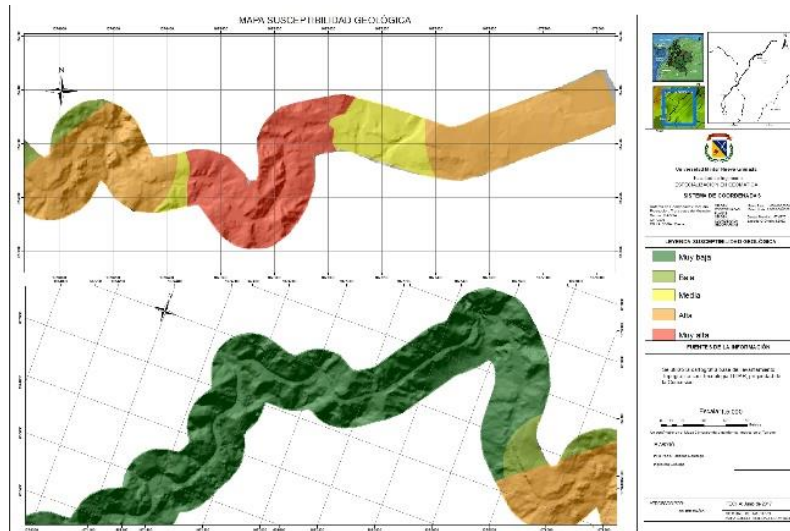


Figura 5-3 Susceptibilidad Geológica

5.2 GEOMORFOLOGÍA

Este insumo analiza tres variables que corresponde a: morfogénesis que hace alusión a las unidades cartografiadas en base a las visitas realizadas al área de estudio, la morfometría que corresponde a la evaluación de pendientes, rugosidad y Acuenca y por último la variable morfodinámica en la cual se hace especial énfasis en el inventario de sitios inestables, este inventario se realizó con visitas a campo, en la etapa de ejecución del proyecto, cabe resaltar que este inventario se realizó en la primera fase del proyecto por lo cual y frente a las fuertes temporadas invernales que se han presentado en todo país se pueden haber reactivado nuevos sectores inestables.

A continuación se presenta la determinación de cada una de estas variables.

5.2.1 Morfogénesis

En la Figura 5-4 se presenta una sección de las unidades morfogenéticas del área de influencia del corredor vial, estas unidades se definieron de acuerdo a observaciones en campo, las cuales fueron clasificadas en cinco (5) categorías, se les asigno calificaciones entre 1 y 5, en donde 1 corresponde a las unidades menos susceptibles a generar movimientos en masa y 5 aquellas que por su morfogénesis tienen un grado mayor de presentar problemas de estabilidad.

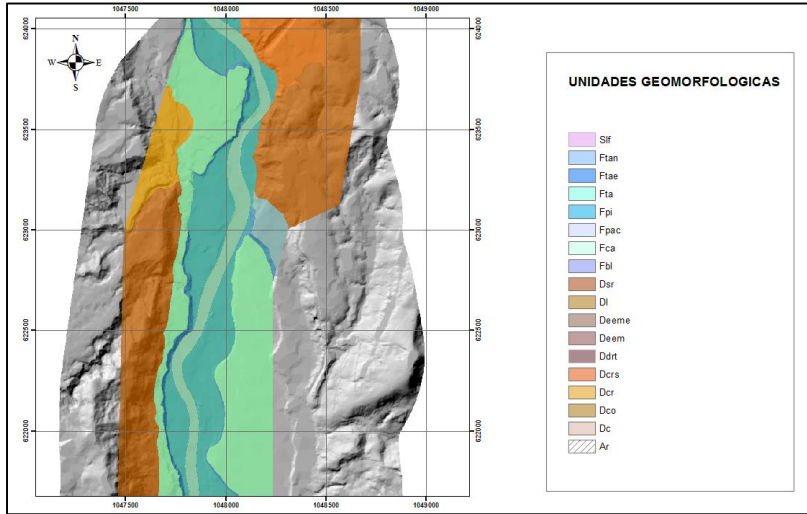


Figura 5-4 Unidades Morfogenéticas.

Tabla 5-3 Clasificación de las unidades geomorfológicas, a partir de su morfogénesis

FID	Shape *	Id	Ambiente_g	Unidad_geo	Convención	calific
10	Polygon	0	Antropogénico	Planos y llenos	Ar	4
16	Polygon	0	Denudacional	Cima	Dc	3
23	Polygon	0	Denudacional	Cono Coluvial	Dco	4
70	Polygon	0	Denudacional	Colina Residual	Dcr	3
35	Polygon	0	Denudacional	Cerro Residual	Dcrs	3
11	Polygon	0	Denudacional	Cono deslíz Rotacional	Ddrt	4
5	Polygon	0	Denudacional	Escarpe de erosión menor	Deem	3
1	Polygon	0	Denudacional	Escarpe de erosión mayor	Deeme	3
30	Polygon	0	Denudacional	Lomeríos indiferenciados	DI	3
15	Polygon	0	Denudacional	Sierra_Residual	Dsr	3
3	Polygon	0	Fluvio_Lacustre	Barra Longitudinal	Fbl	2
2	Polygon	0	Fluvio_Lacustre	Cauce aluvial	Fca	1
38	Polygon	0	Fluvio_Lacustre	Planicie aluvial confinada	Fpac	2
57	Polygon	0	Fluvio_Lacustre	Llanura de inundación	Fpi	2
65	Polygon	0	Fluvio_Lacustre	Terraza de Acumulación	Fta	2
72	Polygon	0	Fluvio_Lacustre	Terraza de Acumulación	Fta	2
39	Polygon	0	Fluvio_Lacustre	Escarpe de Terraza de Acumulación	Ftae	2
0	Polygon	0	Fluvio_Lacustre	Terraza de Acumulación Antigua	Ftan	2
28	Polygon	0	Morfo_Estructural	Ladera estructural por falla	Sif	3

La calificación dada a cada una de las unidades geomorfológicas se realizó tomando como referencia las calificaciones estimadas por el Servicio Geológico Colombiano en el documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa.

5.2.2 Morfometría

En esta variable se evaluaron tres componentes, las pendientes, la rugosidad y

la dirección del flujo de agua o Acuenca, el insumo principal para realizar este componente de geomorfología consiste en el DEM, el cual fue generado a partir de una topografía levantada con tecnología LIDAR y suministrado por parte de la Concesión que tiene a cargo este proyecto.

Luego se procedió a realizar el crear el TIN el cual consiste en una triangulación que se crea a partir de las curvas de nivel, este proceso se realizó en ArcMap, con la herramienta del ArcToolbox 3D Analyst Tools/ Data Management/TIN/ Create TIN, en la Figura 5-5, se presenta una sección del TIN generado.

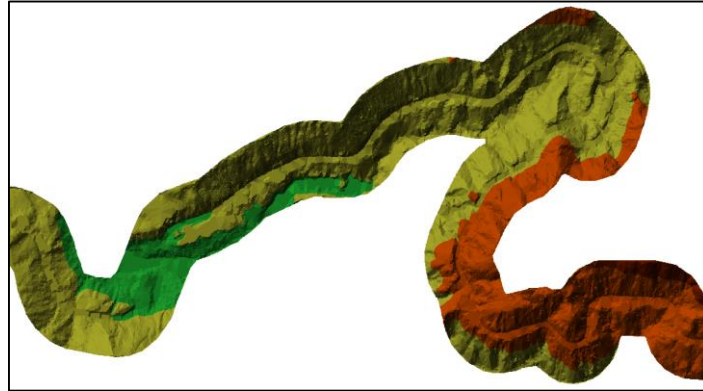


Figura 5-5 TIN

Una vez generado el TIN, con 3D Analysis Tools/conversion/From TIN/ TIN to Raster,

se genera el DEM, tal como se presenta en la Figura 5-6.

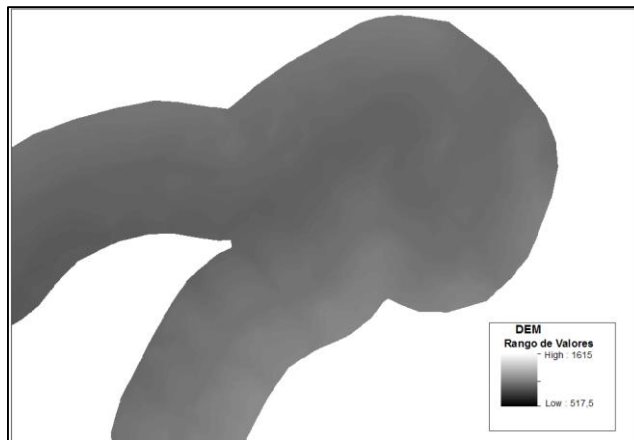


Figura 5-6 DEM

Corresponde al Modelo de Elevación Digital DEM, de una pequeña zona del área de estudio.

Pendientes

Con la herramienta Slope, del ArcTool Box en Spatial Analyst, se genera el mapa de pendientes, es necesario realizar una reclasificación para obtener la clasificación de las pendientes en cinco categorías, en la Figura 5-7.

Se presenta el modelo de cálculo para las pendientes y la Figura 5-8 corresponde al resultado de este modelo.

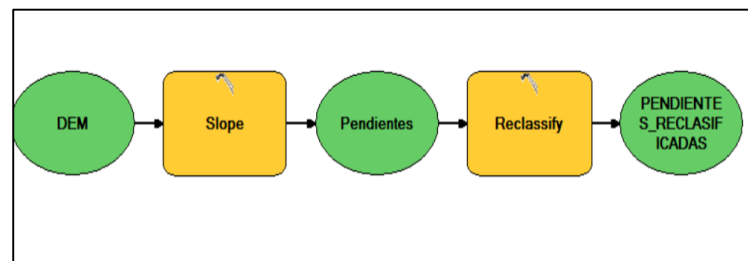


Figura 5-7 Modelo del Mapa de Pendientes

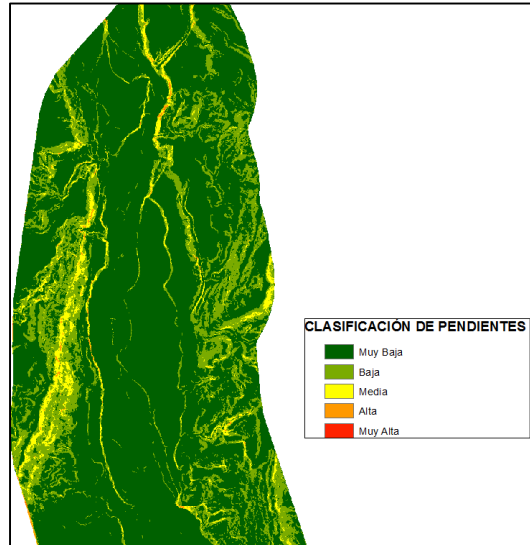


Figura 5-8 Clasificación de las pendientes.

Rugosidad

La rugosidad, aporta también información sobre zonas de acumulación hídrica sobre las ladera y “se define como la variación de la pendiente en un área determinada”... Van Zuidam 1986-Carrillo E., 1995.

Para calcular esta variable se realiza con el Modelo de Elevación Digital DEM y con la herramienta del ArcTool Box terrain se genera la rugosidad del terreno.

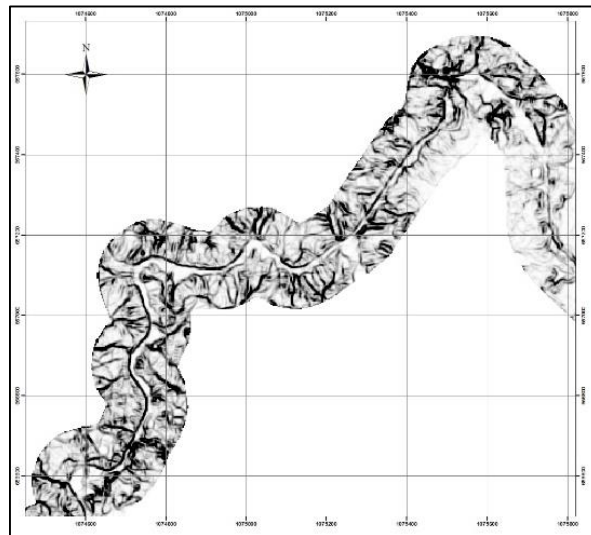


Figura 5-9 Rugosidad del terreno para el proyecto

Acuenca

Esta variable corresponde a los parámetros hidrológicos modelados para definir la

dirección de flujo del agua y su acumulación dentro de la cuenca o cuencas que intervienen



en el área de estudio, el cálculo de la variable se hace como se muestra en la Figura 5-10.

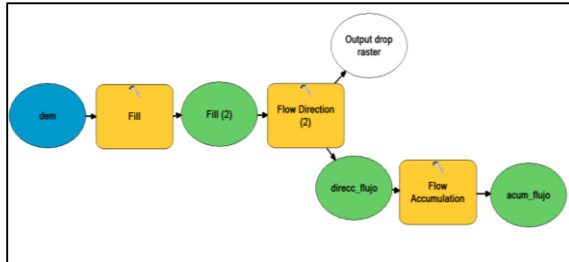


Figura 5-10 Modelo cálculo de la variable Acuencia

Con los tres parámetros necesarios para definir la morfometría del área de estudio se procede a realizar el cruce de estas de acuerdo al porcentaje y peso definido en el documento metodológico del Servicio Geológico Colombiano, el resultado de dicha operación se presenta en la Figura 5-11.

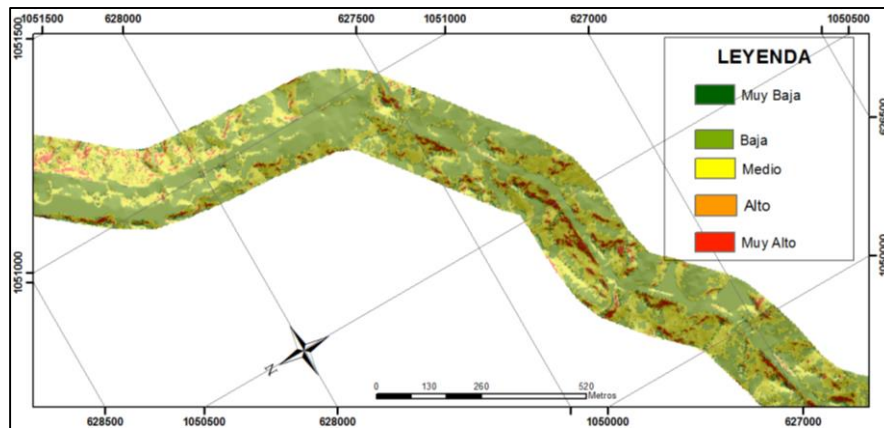


Figura 5-11 Clasificación de unidades morfométricas

Los parámetros morfométricos están definidos por la pendiente, la rugosidad y la dirección de flujo de agua dentro del área de estudio, se realizó la clasificación en una escala de cinco (5) desde Muy Baja (colores verdes) hasta Muy alta (color rojo).

5.2.3 Morfodinámica

La morfodinámica hace alusión a los movimientos que se han presentado en el sector, los cuales fueron identificados en visitas a campo y debidamente cartografiados y georreferenciados; a estos sectores se les

asigno una calificación de 5 ya que son zonas que ya presentaron problemas y sus condiciones actuales son inestables, y tienen alta susceptibilidad a presentar nuevos movimientos, en la Figura 5-12 se presenta la clasificación morfodinámica del área de estudio.

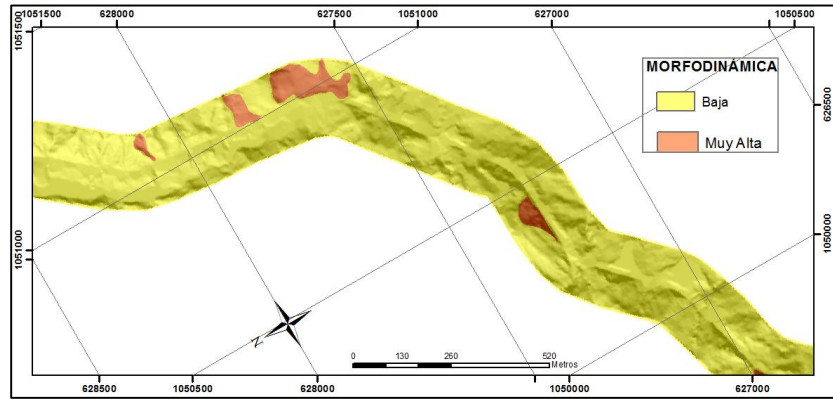


Figura 5-12 Clasificación Morfodinámica del área de estudio Se observa una sección del área de estudio en donde los sectores de color rojo corresponden a los sitios identificados como potencialmente activos.

5.2.4 Susceptibilidad Geomorfológica

Una vez determinadas las tres variables que presenta la susceptibilidad geomorfológica se procede con la herramienta Raster Calculator del Arc Toolbox a sumar cada una de estas

variables de acuerdo a su peso como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Susc_Geom} = 0.30 * (\text{Morfogenesis}) + 0.30 * (\text{Morfodinámica}) + 0.4 * (\text{Morfometría}) \quad (2)$$

El resultado de esta operación corresponde al mapa de susceptibilidad geomorfológica, que se presenta en la Figura 5-13.

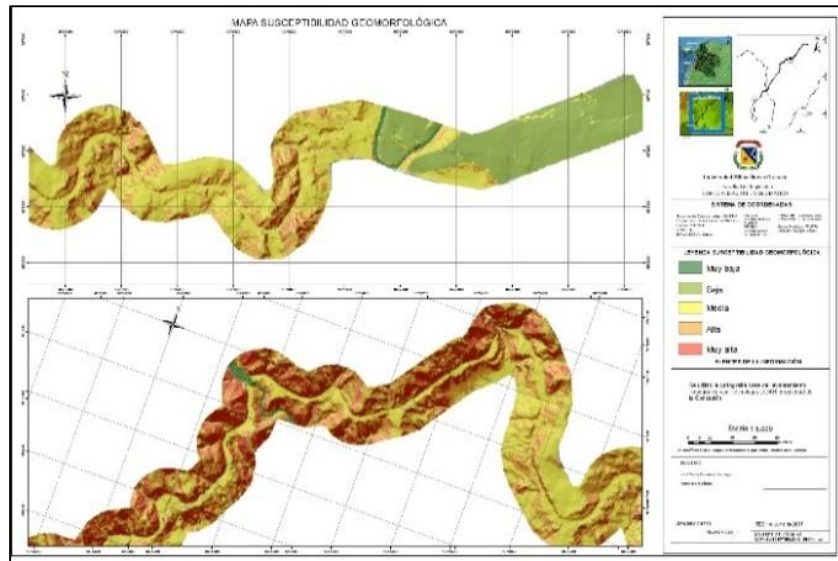


Figura 5-13 Mapa de susceptibilidad geomorfológica.

Esta figura corresponde a una sección del resultado del cruce de los componentes que intervienen en la identificación de los sectores susceptibles por geomorfología, tal como se puede observar existe una gran parte de esta sección que se encuentra categorizado entre media a alta susceptibilidad



5.3 COBERTURAS

Esta variable fue tomada de la página del sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC, la cual se encuentra libre para descargarla.

Estas coberturas fueron realizadas con la Metodología de Corine Land Cover adaptada para Colombia desde el año 2014 a escala 1:100.000.

Aunque la información se encuentra disponible y es libre, esta se encuentra a una escala general por lo que los resultados finales pueden perder detalle e información en el resultado final. Una vez descargado el shape se procedió a realizar el recorte de este con el área de estudio, se convirtió a formato raster y se le asignó la calificación de las coberturas existentes de acuerdo al documento metodológico consultado, como se muestra en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4 Calificación de las coberturas del área de estudio

Rowid	VALUE	COUNT	COBERTURA	CALI_COBER
0	1	1253363	Ríos	1
1	2	1210557	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2
2	3	3032723	Vegetación secundaria o en transición	4
3	4	671306	Bosque denso alto de tierra firme	1
4	5	2649858	Pastos limpios	2
5	6	6008901	Mosaico de pastos con espacios naturales	3
6	7	1287821	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	4
7	8	372494	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	2
8	9	587189	Tejido urbano continuo	2

Para análisis de susceptibilidad los ríos presentan una calificación de 1 ya que se está evaluando las zonas de movimientos de ladera principalmente, las coberturas que presentan un reemplazo total o parcial de la cobertura original son aquellas que tienen los valores más altos ya que se ha desmejorado la calidad de su cobertura.

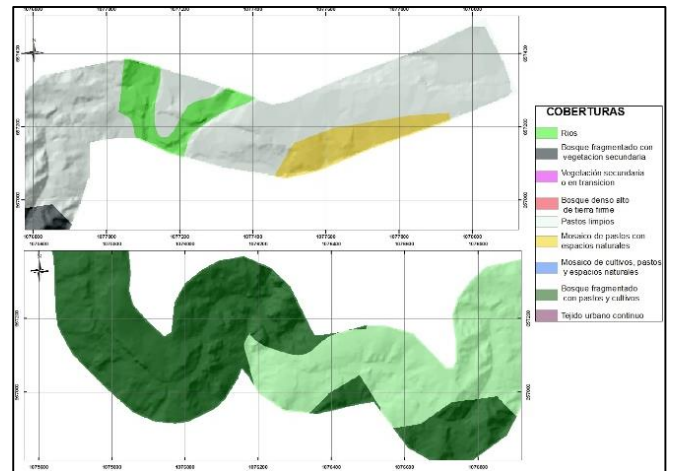


Figura 5-1 Mapa de coberturas, tomado del SIAC

6 RESULTADOS

Para generar el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa se tuvieron en cuenta tres variables. Geología, geomorfología y coberturas de la tierra, sin embargo según el documento metodológico se debe evaluar un cuanto componente que corresponde a la

variable de suelos, sin embargo esta no se tuvo en cuenta debido a que este insumo no es de uso libre y se analizó el tipo de suelo con la fábrica y estructura de las formaciones geológicas en donde se definieron los suelos que se generan a partir de la meteorización de las rocas preexistentes



Fue necesario realizar un ajuste a la ecuación para la generación del resultado de la susceptibilidad final del estudio.

temática con la herramienta Raster Calculator con la operación definida para para este estudio.

Con los mapas de susceptibilidad de geología, geomorfología y coberturas se procede a realizar el cruce de la información

$$\text{Susctibilidad final} = 0.2(\text{Susct}_{\text{geologica}}) + 0.6(\text{Susct}_{\text{geomorfologica}}) + 0.2(\text{Susct}_{\text{coberturas}}) \quad (3)$$

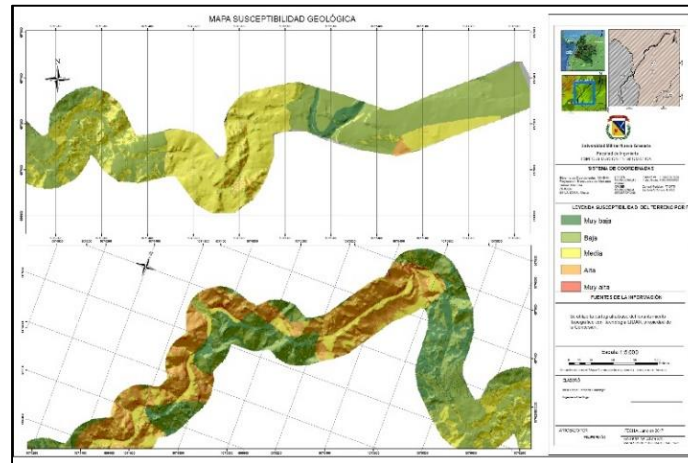


Figura 6-1 Mapa de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa.

Los resultados obtenidos indican que el corredor vial presenta el 33% del área total en una zona de susceptibilidad media sin embargo los valores de susceptibilidad alta y muy alta corresponden al 52.2% del corredor

y el 14.8% restante se encuentra entre baja y muy baja susceptibilidad tal como se puede observar en el histograma que se presenta en la Figura 6-2.

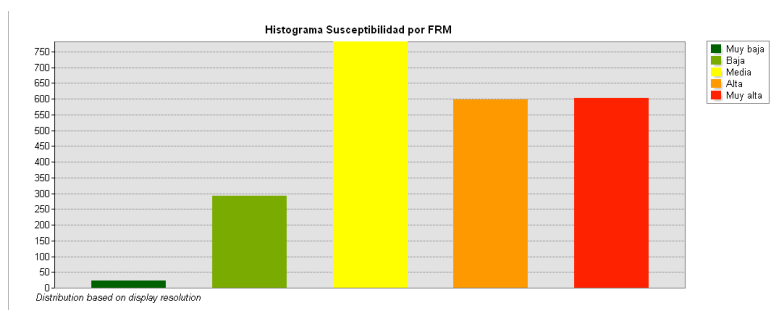


Figura 6-2 Tendencia de susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa para el corredor vial.



A continuación se presenta la sectorización de la vía con las abscisas (PR) en donde se presenta susceptibilidad Baja a Muy Baja, Media y de Alta a Muy alta.

Tabla 5 Sectorización de acuerdo a la susceptibilidad por FRM de la vía Mocoa –San Juan de Villalobos

MUY BAJA A BAJA	MEDIA	ALTA A MUY ALTA
1+900-3+000	4+000-5+500	3+000-3+500
3+500-4+000	6+300-6+500	5+510-6+300
5+500-5+510	8+300-10+700	6+900-7+800
6+500-6+900	10+850-11+100	10+700-10+850
7+800-8+300	13+600-14+350	11+900-13+600
11+100-11+900	14+882-16+028	14+350-14+882
26+100-26+400	18+100-19+500	16+020-18+100
36+900-37+935	20+540-20+700	19+500-20+540
41+400-42+800	22+600-21+000	20+700-21+000
46+100-46+690	24+100-25+100	22+600-24+100
54+295-54+600	25+300-25+700	25+100-25+300
57+400-57+600	25+900-26+100	25+700-25+900
58+800-61+451	28+000-28+800	26+400-28+000
61+100-61+000	33+300-34+700	28+800-33+300
61+500-61+400	37+935-41+400	34+700-36+900
61+715-61+900	42+800-43+506	43+506-46+100
61+960-61+988	54+600-54+700	46+690-54+295
	63+400-65+166	54+700-57+400
		57+600-58+800
		60+451-61+000
		61+100-61+400
		61+500-61+715
		61+900-61+960
		61+988-62+887

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Cabe resaltar que el principal fin de este análisis es definir las condiciones de estabilidad para la vía actual entre san Juan de Villalobos, jurisdicción del municipio de Santa Rosa en el departamento del Cauca y la ciudad de Mocoa, capital del departamento de Putumayo.

Debido a que esta zona del país se encuentra entre el macizo colombiano y la llanura amazónica las precipitaciones en esta parte del país son muy altas generando alteración de las rocas existentes y desprendimiento de las laderas que involucran parte del suelo y roca, estas condiciones no fueron contempladas debido al alcance de este estudio sin embargo se debe analizar la zonificación de amenaza para este corredor vial.

Este trabajo se realizó tomando como referencia el documento metodológico para la zonificación de susceptibilidad, y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 con algunos ajustes de acuerdo a la escala de trabajo utilizada y a los insumos utilizados para la elaboración del Mapa de Susceptibilidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos el área de estudio presenta zonas de susceptibilidad alta, las cuales se encuentran asociadas a pendientes altas (mayores de 35°), niveles de alteración la roca antiguos movimientos y cambios en el uso del suelo.

En general el área de estudio es susceptible a presentar Fenómenos de Remoción en Masa esto lo indica de manera esquemática el histograma presentado en la Figura 6-2.



Debido a que el alcance del proyecto correspondía a susceptibilidad se debe realizar los análisis de amenazas esta vía en donde se analice las condiciones climáticas del corredor.

Los insumos para la realización del mapa de Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa presentaban diferentes escalas se toma como escala final se toma la escala más pequeña (1:100.000), sin embargo la salida gráfica se realiza a escala 1:5000, por efectos de visualización.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con la colaboración de Geotecnia y Cimentaciones la cual suministro información relevante para el desarrollo de este proyecto de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] República de Colombia, Ministerio de vivienda, ciudad y territorio (2014) Decreto 1807 incorporación de gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial, título II –III recuperado de http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/SRR/decreto_1807_19_%20septiembre_2014.pdf

- [2] IDEAM, (2012) Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.
- [3] Servicio Geológico Colombiano SGC (2015) Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa.
- [4] Servicio Geológico Colombiano SGC documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.
- [5] Servicio Geológico Colombiano SGC Geología de la Plancha 412 San Juan de Villalobos, año 1998 versión digital 2010, escala 1:100.000. Memoria y plano.
- [6] Servicio Geológico Colombiano (2002) Memoria Explicativa Geología de la Plancha 430 Mocoa, modificada en el año, escala 1:100.000.
- [7] VAN ZUIDAM, ROBERT. (1985) Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping. International Institute for Aerospace survey and earth Science. ITC. 442p. Smiths Publishers. The Hague. The Netherlands.