

**INFORME DE PRÁCTICA REALIZADA EN LA OFICINA DEPARTAMENTAL
DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
VALLEDUPAR**

CARLOS DAVID OÑATE ARAUJO



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA

INGENIERIA GEOLOGICA

2017

**INFORME DE PRÁCTICA REALIZADA EN LA OFICINA DEPARTAMENTAL
DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE LA CIUDAD DE
VALLEDUPAR**

CARLOS DAVID OÑATE ARAUJO

ASESOR TEMATICO:

LUIS CARLOS TAPIA VELA

**INFORME DE PRÁCTICA EMPRESARIAL PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA GEOLOGICA**



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA

INGENIERIA GEOLOGICA

2017

AGRADECIMIENTOS

El autor de este proyecto manifiesta sus más sinceros agradecimientos a la Oficina Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres, en Especial a su coordinador de sede Juan Felipe Bermúdez por el apoyo económico y la oportunidad brindada para ser parte de la oficina durante los seis meses de práctica. Al ingeniero Ambiental y Sanitario Wilson Subiría de la Universidad Popular del Cesar por el acompañamiento brindado en las labores de la oficina. Al Geólogo Luis Carlos Tapia docente de la Fundación Universitaria del Área Andina sede Valledupar por el apoyo y el aporte de comentarios brindados que permitieron el fortalecimiento de las ideas planteadas en esta investigación.

CONTENIDO

LISTAS DE FIGURAS	IX
LISTAS DE FOTOGRAFIAS	XI
LISTAS DE TABLAS	XII
LISTAS DE ILUSTRACIONES	XIII
LISTAS DE ANEXOS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA DEL AREA	11
3. JUSTIFICACIÓN	13
4. OBJETIVOS	15
4.1. OBJETIVO GENERAL	15
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
5. MARCO DE REFERENCIA	16
5.1. ANTECEDENTES	16
5.2. MARCO TEORICO	19
6. METODOLOGIA	22
6.1. FUENTES DE INFORMACION	22
6.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.....	23
6.3. ESQUEMA METODOLOGICO.....	24

7. CLASIFICACION DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	27
7.1. CAIDAS	28
7.2. DESLIZAMIENTOS.....	29
7.2.1. DESLIZAMIENTO ROTACIONAL.....	30
7.2.2. DESLIZAMIENTO TRANSLACIONAL	31
7.3 SEPARACIONES LATERALES	31
7.4 FLUJOS	33
8. HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA	35
8.1 PRECIPITACIÓN	37
8.1.1 ANALISIS MENSUAL DE PRECIPITACIÓN	37
8.1.2 ANALISIS ANUAL DE PRECIPITACIÓN.....	39
9. ESTRATIGRAFIA.....	42
9.1 “METASEDIMENTITAS CAMBRICAS Y ORDOVICICAS” (εOms).	42
9.2 “SEDIMENTITAS PERMICAS (P)”.....	44
9.3 “CALIZAS Y SHALES CRETACITAS INDIFERENCIADAS” (Kcsi)	45
9.4 DEPOSITOS COLUVIO-ALUVIALES.....	48
9.5 DEPOSITOS DE LLANURA ALUVIAL	48
9.6 CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS.....	49
9.6.1 METASEDIMENTITAS CAMBRICAS Y ODOVICICAS (εOms).....	50
9.6.2 CALIZAS Y SHALES CRETACITAS INDIFERENCIADAS (Kcsi).....	53
9.7 MAPA GEOLOGICO	55
10. GEOMORFOLOGIA.....	56
10.1 PENDIENTES	56

10.2 MAPA DE ELEVACION DIGITAL	58
10.3 MAPA DE PENDIENTES.	58
10.4 PAISAJE FLUVIO DENUDACIONAL	60
10.4.1 LADERAS DENUDACIONALES EN METASEDIMENTITAS	60
10.4.2 VERTIENTES FLUVIOEROSIONALES	60
10.5 PAISAJE FLUVIAL	60
10.5.1 CONO ALUVIAL	61
10.5.2 VALLECITO ALUVIAL	61
10.6 PAISAJE DISOLUCIONAL	61
10.6.1 RELIEVE DISOLUCIONAL	62
10.7 MAPA GEOMORFOLOGICO	63
11. COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO	64
11.1 IDENTIFICACION DE LA COBERTURA VEGETAL.....	65
11.2 DEFINICIONES DE UNIDADES	67
11.2.1 BOSQUES	67
11.2.2 RASTROJOS.....	68
11.2.3 PASTOS.	69
11.2.4 SUELOS DESNUDOS.....	70
11.2.5 URBANO.	71
11.3 MAPA DE COBERTURA SUELO.	74
12. GEOTECNIA.....	75
12.1 TOMA DE MUESTRAS.....	75
12.2 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS.....	77

12.3 ENSAYOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	78
12.3.1 RESUMEN DE RESULTADOS.....	82
13. EVALUACIÓN DE AMENAZA.....	84
13.1 IDENTIFICACIÓN DE PARAMETROS EN EL ANALISIS DE AMENAZA	84
13.2 PONDERACIÓN DE LOS PARAMETROS.....	85
13.3 NIVELES DE AMENAZA	86
13.4 GENERACIÓN DEL MAPA DE AMENAZA	87
13.5 MAPA DE AMENAZA.	89
13.6 ANALISIS DEL MAPA DE AMENAZA.	90
13.7 MODELO DE AMENAZA 3D.....	91
CONOGRAMA.....	92
LOGROS ALCANZADOS.....	93
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES.....	95
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	96
ANEXOS.....	98
- ANEXO 1:ENSAYO DE LABORATORIO: “GRANULOMETRIA”	98
- ANEXO 2: ENSAYO DE LABORATORIO: “LIMITES DE ATTERBERG”.....	99
- ANEXO 3: CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS SEGÚN USCS. FUENTE: MANUAL DE CARRETERAS. VOLUMEN II: CONSTRUCCIÓN Y MANTENIEMIENTO, BAÑON, LUIS; BEVIA, GARCIA; JOSE FRANCISCO, 1999.....	105
- ANEXO 4: MAPA GEOLOGICO.....	106

- ANEXO 5: MAPA DE PENDIENTES..... 106
- ANEXO 6: MAPA GEOMORFOLOGICO 107
- ANEXO 7: MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELO..... 107
- ANEXO 8: MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A FENOMENOS DE REMOCION EN MASA..... 108
- ANEXO 9: ANALISIS DEL MAPA DE AMENAZA..... 108
- ANEXO 10: MODELO DE AMENAZA EN 3D..... 109

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Organigrama de la oficina Departamental para la Gestión del Riesgo.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2: Localización del área de estudio</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3: Área de estudio</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4: Esquema metodológico</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5: A) Caída de rocas (Varnes, 1978). B) Afloramiento de roca (Sedimentitas Pérmicas, “P”), con potencial de generar caídas de rocas</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6: A) Deslizamiento rotacional (Skinner & Porter, 1992). B) Afloramiento de roca (Metasedimentitas cámbricas y ordovícicas “εOms”) con potencial de generar deslizamientos tipo rotacional.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 7: A) Deslizamiento translacional de detritos (Skinner & Porter, 1992). B) Afloramiento de roca con planos muy continuos de estratificación, favorables a presentar deslizamientos por las superficies de los planos.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8: A) Separación lateral en roca (Varnes, 1978). B) Separación lateral en suelo (Varnes, 1978).....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9: Afloramiento de roca (Calizas y Shales Cretácicas “Kcsi”) con potencial de general separaciones laterales.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 10: A) Flujo de detritos (Skinner & Porter, 1992). B) Flujo de lodo (Skinner & Porter, 1992).....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11: Superficie sobre la cual se pueden presentar flujos de rocas o suelos</i>	<i>34</i>
<i>Figura 12: Infiltración en el Suelo.....</i>	<i>36</i>

Figura 13: Distribución cronológica de la precipitación Media Anual, estación San José de Oriente..... 40

Figura 14: Distribución cronológica de la precipitación Media Anual, estación Manaure 41

Figura 15: A) Áreas cubiertas por Bosques. B) Rastrojos en la zona de estudio. C) Pastos. D) Suelos desnudos dentro del área de estudio..... 73

LISTA DE FOTOGRAFIAS

<i>Fotografía 1: Afloramiento de filita ubicado al oriente de Manaure.</i>	<i>43</i>
<i>Fotografía 2: Conglomerado con cantos angulares y subredondeados dentro de una matriz arenosa roja perteneciente a la “Sedimentitas Pérmicas” (P).....</i>	<i>44</i>
<i>Fotografía 3: A) Conglomerado correspondiente a la Sedimentitas Pérmicas. B) Fragmento lítico de arenisca compacta de grano fino encontrado dentro del conglomerado correspondiente a la Sedimentitas Pérmicas.....</i>	<i>45</i>
<i>Fotografía 4: Calizas cretácicas aflorando al noroccidente del casco urbano de Manaure</i>	<i>47</i>
<i>Fotografía 5: Depósitos coluvio – aluviales sobre la cual se asienta la cabecera municipal de Manaure.....</i>	<i>48</i>
<i>Fotografía 6: Depósitos aluviales.</i>	<i>49</i>
<i>Fotografía 7: Unidades geomorfológicas identificadas en el área de Estudio.....</i>	<i>62</i>
<i>Fotografía 8: Ubicación adecuada de las fotografías aéreas.....</i>	<i>65</i>
<i>Fotografía 9: Observación de las fotografías aéreas</i>	<i>66</i>
<i>Fotografía 10: Proceso de fotointerpretación de las fotografías aéreas.....</i>	<i>66</i>
<i>Fotografía 11: Deslizamiento de detritos ubicado dentro de la zona de extracción de la muestra 1</i>	<i>75</i>
<i>Fotografía 12: Zona de extracción de la muestra 2.....</i>	<i>76</i>
<i>Fotografía 13: Extracción y transporte de la muestra de suelo.....</i>	<i>77</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Informe de Funciones</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 2: Cumplimiento de los objetivos planteados para la práctica</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 3: Histograma de precipitación mínima, media y máxima mensual multianual, estación San José de Oriente.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4: Histograma de precipitación mínima, media y máxima mensual multianual, estación Manaure</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5: Número de días de Lluvias Estación San José de Oriente y Manaure</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 6: Clasificación de macizo rocoso “Metasedimentitas de Manaure” (Filita).....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 7: Clasificación de macizo rocoso “Metasedimentitas de Manaure” (Cuarcita)</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 8: Clasificación de macizo rocoso “Calizas y shales cretácicas indiferenciadas” (Calizas)</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 9: Descripción de pendientes</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 10: Calculo del Ensayo Granulométrico de la muestra 1.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 11: Calculo del Ensayo Granulométrico de la muestra 2.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 12: Calculo del ensayo granulométrico de la muestra 3</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 13: Características de los suelos según la USCS. Anexo 3</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 14: Cronograma de actividades.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 15: Porcentaje de cumplimiento de los objetivos propuestos.....</i>	<i>93</i>

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Mapa geológico</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 2: Modelo de elevación digital del terreno (DEM).....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 3: Mapa de pendiente.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 4: Mapa Geomorfológico.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 5: Mapa de Bosques.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 6: Mapa de Rastrojos.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 7: Mapa de Pastos</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 8: Mapa de Suelos Desnudos</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 9: Mapa Urbano</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 10: Mapa de cobertura y uso de suelo.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 11: Mapa de Amenaza de movimientos en masas.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 12: Análisis del Mapa de Amenaza de movimientos en masas, 1:25.000.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 13: Modelo de Amenaza de movimientos en masas 3D.....</i>	<i>91</i>

LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Ensayos de laboratorio “Granulometría”</i>	98
<i>Anexo 2: Ensayos de laboratorio “Límites de Atterberg”</i>	99
<i>Anexo 3: Características de los suelos según USCS. Fuente: manual de carreteras. Volumen ii: construcción y mantenimiento, BAÑÓN, Luis; BEVIA, García; JOSE, Francisco, 1999</i>	105
<i>Anexo 4: Mapa Geológico</i>	106
<i>Anexo 5: Mapa de Pendientes</i>	106
<i>Anexo 6: Mapa Geomorfológico</i>	107
<i>Anexo 7: Mapa de Cobertura y Uso de Suelo</i>	107
<i>Anexo 8: Mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa</i>	108
<i>Anexo 9: Análisis del mapa de Amenaza</i>	108
<i>Anexo 10: Modelo de Amenaza en 3D</i>	109

INTRODUCCIÓN

La función de la oficina Departamental del Gestión del Riesgo de desastres es la articulación del proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre. Siguiendo con las responsabilidades de la oficina y como parte de ella durante la ejecución de este estudio, este proyecto generó una puerta de conocimiento sobre riesgos que es base fundamental para la identificación, priorización, manejo y reducción de las posibles amenazas; esto permitió aumentar la capacidad de respuesta y disminuir la vulnerabilidad de la población, brindando las herramientas necesarias a las autoridades a nivel departamental y regional, entregándoles el mapa de Zonificación de amenazas por procesos de remoción en masa que contribuye con el libre desarrollo de los habitantes del casco Urbano de Manaure, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Ley 1523 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo.

Para el desarrollo del Proyecto se empleó un tipo de investigación cuantitativa, que consiste en una investigación que emplea variables matemáticas para medir los resultados de manera concluyentes. Los aspectos cuantitativos abarcan la cuantificación de la amenaza, que se llevó a cabo por la asignación de valores numéricos a las variables influyentes a desencadenar los fenómenos de remoción en masa, obteniendo los niveles de amenaza clasificados por una generalización de rangos numéricos, obteniendo como resultado la información necesaria para la construcción del mapa de amenazas por procesos de remoción en masa en el casco urbano de Manaure.

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

BREVE RESEÑA HISTÓRICA

En 1989 con el decreto 919, inició la oficina de atención de desastres en el departamento del Cesar, la cual ha contado con la jefatura de seis funcionarios diferentes, hasta la actualidad. A partir de la Ley 1523 de 2012, pasa a ser la **OFICINA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES**, con sede única en el segundo piso del CRUE, en el Barrio las Delicias, la cual actualmente se encuentra bajo la dirección de la señora María José Páez Díaz.

ASPECTOS ESTRATEGICOS

La Oficina Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres no cuenta con una misión y visión específicas, pero tiene claras sus funciones y objetivos a cumplir, especificados en la Ley 1523 de 2012.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La oficina Departamental de Gestión del Riesgo actualmente está compuesta por un grupo de profesionales y técnicos, estos están organizados con bases a los tres procesos que componen la Gestión del Riesgo (Conocimiento, reducción y manejo). Actualmente la oficina se encuentra a cargo de la señora María José Páez Díaz.

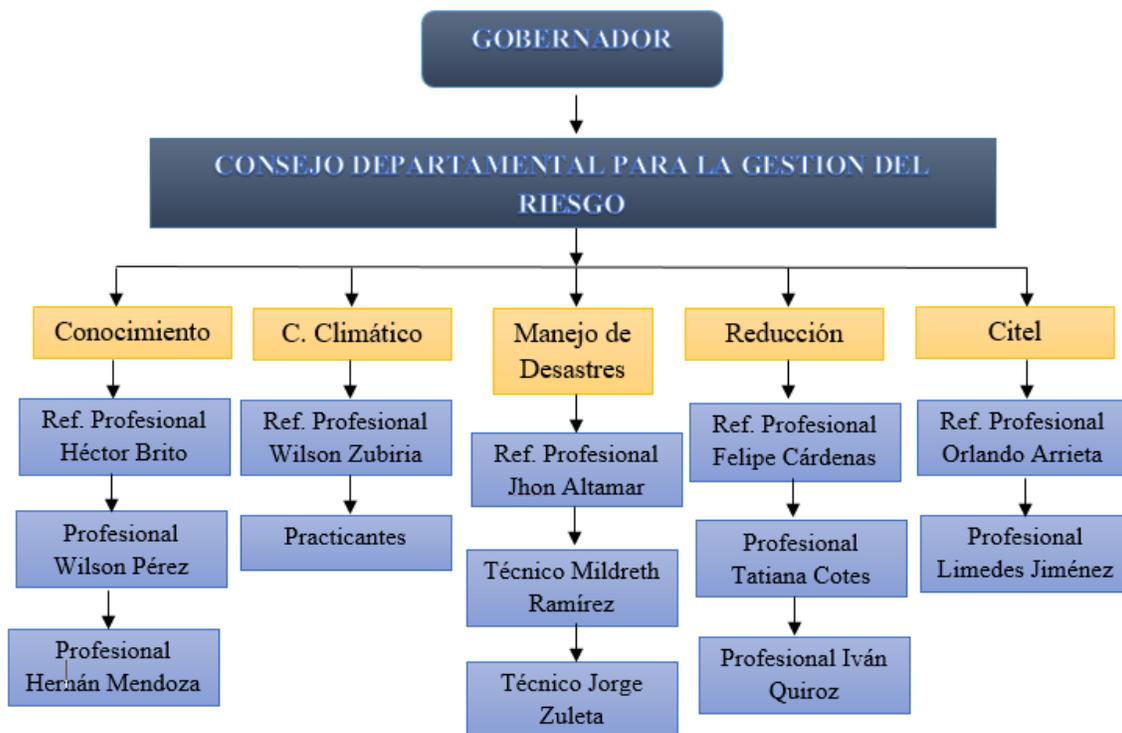


Figura 1: Organigrama de la oficina Departamental para la Gestión del Riesgo. Fuente: Elaborado por el Autor.

PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

La Oficina Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres (ODGRD) se encarga de la articulación del proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Lo anterior integra la destreza de diferentes áreas profesionales y técnicas del conocimiento que permiten el cumplimiento cabal de las funciones dispuestas por el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Las funciones de la Oficina Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres (ODGRD) se llevan a cabo por medio de tres procesos:

- 1- Proceso de conocimiento de riesgo:** Mediante el cual se identifican, evalúan y analizan las condiciones de riesgo a través de sus principales factores (amenaza, elementos expuestos vulnerabilidad), sus causas y sus actores causales. Incluye el monitoreo de estos factores, así como la comunicación del riesgo (*Guía para la Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*).
- 2- Proceso de reducción del riesgo:** Consiste en la aplicación de las medidas a intervenir las condiciones actuales de riesgo (intervención correctiva) y futuras (intervención prospectiva). Estas son las medidas que en la realidad hacen la prevención de desastres. Además, este proceso incluye la protección financiera para reponer el valor económico de las pérdidas (*Guía para la Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*).
- 3- Proceso de manejo de desastres:** Consiste en la aplicación de medidas orientadas a la preparación y ejecución de la respuesta a emergencias y posterior recuperación (*Guía para la Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*).

DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZÓ LA PRACTICA

La Oficina Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres (ODGRD) está conformada por medio de tres áreas definidas anteriormente (conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo del riesgo). Cada área está formada por un equipo de trabajo conformados por profesionales y técnicos capacitados para llevar a cabo los subprocesos que componen cada una de las áreas. Esta práctica se desarrolló dentro del área del conocimiento del riesgo en el subproceso del Análisis del riesgo. El conocimiento del riesgo se basa principalmente en la identificación, caracterización, análisis y monitoreo de los riesgo ya sean de origen geológicos, climáticos, hidrometeorológicos y antrópicos; con el fin de implementar acciones de reducción y manejo de desastres.

El ingeniero Ambiental y Sanitario, especialista en gestión ambiental, Wilson Subiría Peñaloza, fue el referente del área del Conocimiento encargado directo de la supervisión de las actividades desarrolladas dentro del tiempo en que se ejecutó las prácticas.

INFORME DE GESTIÓN

INFORME DE FUNCIONES			
Funciones Acciones específicas desarrolladas	Tiempo de ejecución	Recursos empleados	Impactos/Resultados obtenidos
Apoyo y representación de actividades de la oficina departamental de Gestión del riesgo.	6 Meses	Transporte hasta los lugares de realización de las actividades.	1- Participación en la semana Nacional de reducción del riesgo. 2- Participación como miembro logístico en el curso de Gestión del Riesgo, dictado en el municipio de Manaure por el Sena.
Apoyo Geológico en la verificación de solicitudes a la oficina.	6 Meses	Búsqueda de información Bibliográficas.	Apoyo Geológico en la toma de decisión sobre la aceptación de solicitud para la realización de pozo para la extracción de aguas subterráneas.
Análisis de Riesgo	6 meses	GPS, Brújula, martillo Geológico, cinta métrica, mapa topográfico, cámara fotográfica e informaciones bibliográficas como guías metodológicas etc.	Elaboración de un proyecto sobre el Análisis y Zonificación de Áreas Susceptibles a Fenómenos de Remoción en Masa en el Casco Urbano de Manaure.

Tabla 1: Informe de Funciones. Fuente: Elaborado por el autor.

LOGROS ALCANZADOS

Para los objetivos planteados en la práctica, Se realizó una tabla (tabla 2) para indicar el porcentaje de cumplimiento obtenido para cada uno de ellos.

CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS	
OBJETIVOS ALCANZADOS	CUMPLIMIENTO (%)
Analizar los sistemas Hidrológicos y geomorfológicos presentes en el área.	100%
Identificar las zonas Vulnerables a fenómenos de remoción en masa del área.	100%
Elaborar el mapa de la zonificación de Amenazas por movimientos en masas a partir de mapas cartográficos de las variables influyentes en este fenómeno en el municipio de Manaure.	100%

Tabla 2: Cumplimiento de los objetivos planteados para la práctica. Fuente: Elaborado por el Autor

IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE

Personalmente la oportunidad brindada en la realización de las prácticas, ayudo mucho a ganar seguridad y confianza en mí mismo, a crecer de valores como el respeto ante las opiniones de otros y a estar pensando siempre en generar un buen aporte para el servicio de los demás.

En lo académico, esta oportunidad me brindo la capacidad de ampliar mis conocimientos, generar nuevas habilidades y capacidades como persona, para aumentar o reforzar las que ya había desarrollado con los años de estudio durante la carrera.

En lo laboral, la mayor influencia es la de la experiencia, que es uno de los factores más importantes en la hoja de vida de un profesional. Así como también el de darse a conocer, demostrar que es capaz de cumplir con los objetivos y requerimientos que una empresa le asigne. Para terminar es muy importante expresar que fue una experiencia muy agradable aprender a sentir y vivir el día a día de un ambiente laboral, esto sin duda me permitió crecer un poco más como persona, como alumno y como futuro Ingeniero Geólogo.

LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones, el factor económico es sin duda la situación más importante que retraso un poco el cronograma de ejecución del proyecto durante las practicas; ya que la gestión de la compra de fotografías aéreas por parte de la oficina demoro un poco para el desembolso del dinero. El tema del transporte hacia el municipio de Manaure también limito con el avance de las tomas de datos en campo, demorando más con el procesos del análisis de ellos para la obtención de los objetivos trazados.

ANÁLISIS Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS
SUSCEPTIBLES A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN
MASA EN EL CASCO URBANO DE MANAURE,
DEPARTAMENTO DEL CESAR



Carlos David Oñate Araujo

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento del Cesar se encuentra limitado en la subregión norte por dos grandes sistemas orográficos: la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) al noroccidente y la Serranía del Perijá al oriente. Estos rasgos junto con el constante cambio climático y la actividad antrópica (ocasionadas por el hombre), controlan en gran parte la dinámica de los principales factores detonantes a la inestabilidad de suelos que son causantes de la alteración del orden tanto estructural, socioeconómicos y ambientales (GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DEPARTAMENTALES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO, 2012).

La subregión Norte del Cesar está conformada por los municipios de la Paz, San Diego, Agustín Codazzi, Manaure, Pueblo Bello y la ciudad de Valledupar (capital del departamento).

Dentro del enfoque de este proyecto, Manaure es el punto central del estudio, se encuentra ubicada hacia el Nororiente del departamento del Cesar con un área total de 126,4 kilómetros cuadrados (Km²) a una distancia de 34 Kilómetros (Km) con referencia a la ciudad de Valledupar. El 100% de todo su territorio se encuentra en la Serranía del Perijá; lo que implica que la gran mayoría de la población se encuentra en ella; según información brindada por el PLAN DEPARTAMENTAL DE GESTIÓN DEL RIESGO CESAR, 2012; alrededor de unos 10.193 habitantes de los 13.198 que constituyen la población total, se encuentran en la Serranía.

Teniendo en cuenta el mapa nacional de amenazas por movimientos en masas del servicio geológico colombiano (SGC) a escala 1:100.000; donde se demuestra que esta zona presenta un alto riesgo a sufrir este tipo de fenómenos de origen geológicos y al alto porcentaje (77,23%) de personas vulnerables, nace la necesidad de realizar un análisis de amenazas por eventos geotécnicos en el municipio de Manaure, debido a que estos fenómenos pueden ser causantes de grandes pérdidas tanto de vidas humanas, como

materiales e infraestructuras causando la interrupción de la tranquilidad social y económica de la población (PDGR CESAR, 2012).

2. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA DEL AREA

La zona de estudio se encuentra localizada al Nororiente del departamento del Cesar, entre las coordenadas: NORTE 1°640.000 – 1°644.000 y OESTE 1°114.000 – 1°120.000. Se encuentra a una distancia de 34 KM con respecto a la capital del departamento del Cesar (Valledupar) con carretera asfaltada.

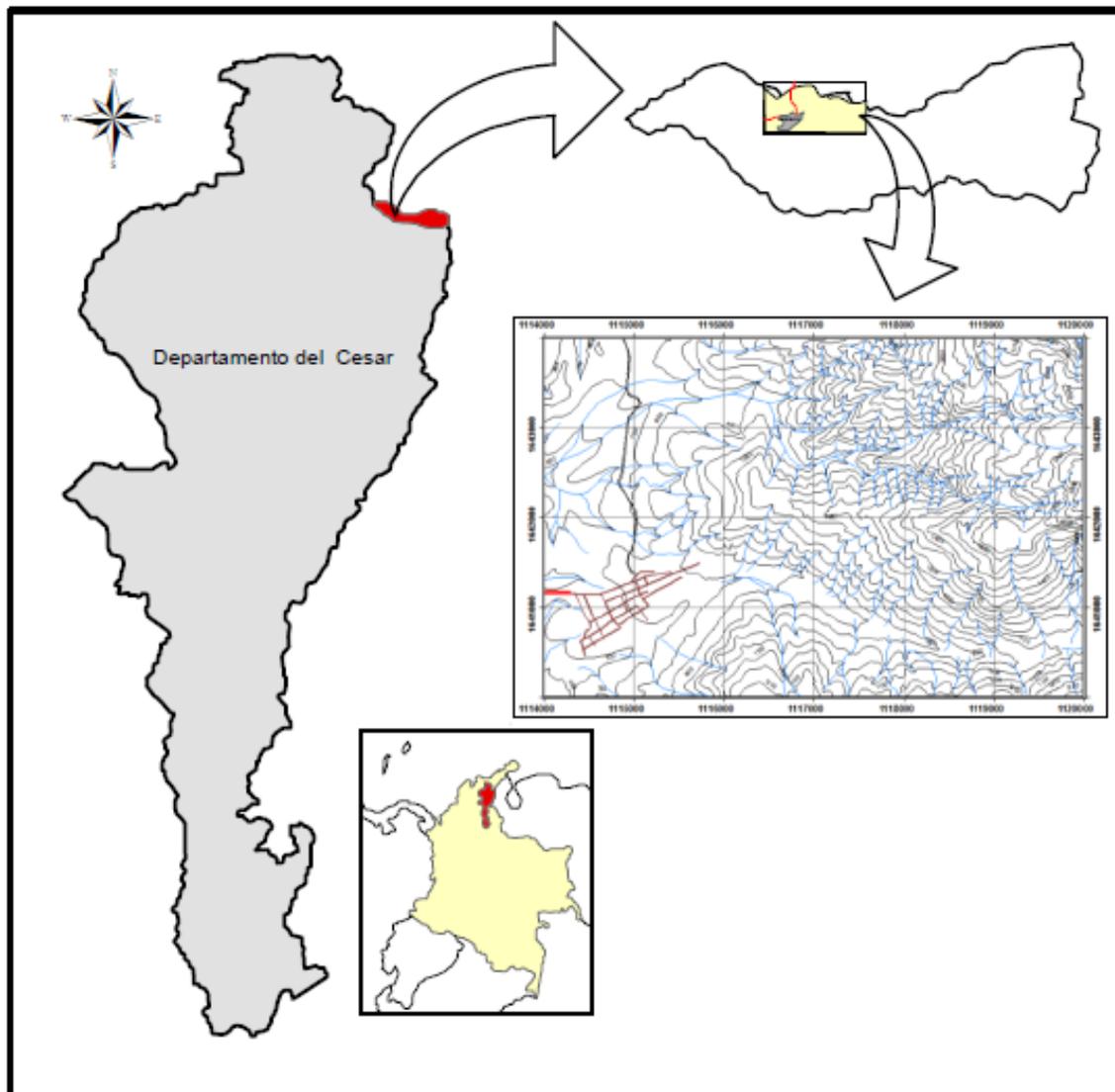


Figura 2: Localización del área de estudio. Fuente: Elaborado por el Autor.

Según la (ordenanza No. 019 de Noviembre de 1980) los límites del municipio de Manaure Balcón del Cesar son: Al norte con el departamento de la Guajira y el municipio de la Paz, partiendo de la convergencia del rio Manaure y el rio Pereira en el sitio denominado el Riecito; con este, agua arriba hasta Mercedes, siguiendo este aguas arriba hasta la finca denominada El cielo y de allí en línea recta hasta con la frontera con la Republica de Venezuela. Al Occidente con el municipio de La Paz, partiendo del arroyo ubicado entre la finca tierra Grata y el cementerio de San José de Oriente, siguiendo por este aguas abajo hasta la desembocadura en el paralelo a la carretera que va de la paz a Manaure atravesando el punto El morito, siguiendo hasta el rio Pereira. Al sur desde el nacimiento del arroyo el Pílon ubicado en la finca Tierra Grata hasta el cementerio de san José de oriente en dirección este, en línea recta hasta el pico del cerro del avión en los límites con la república de Venezuela.

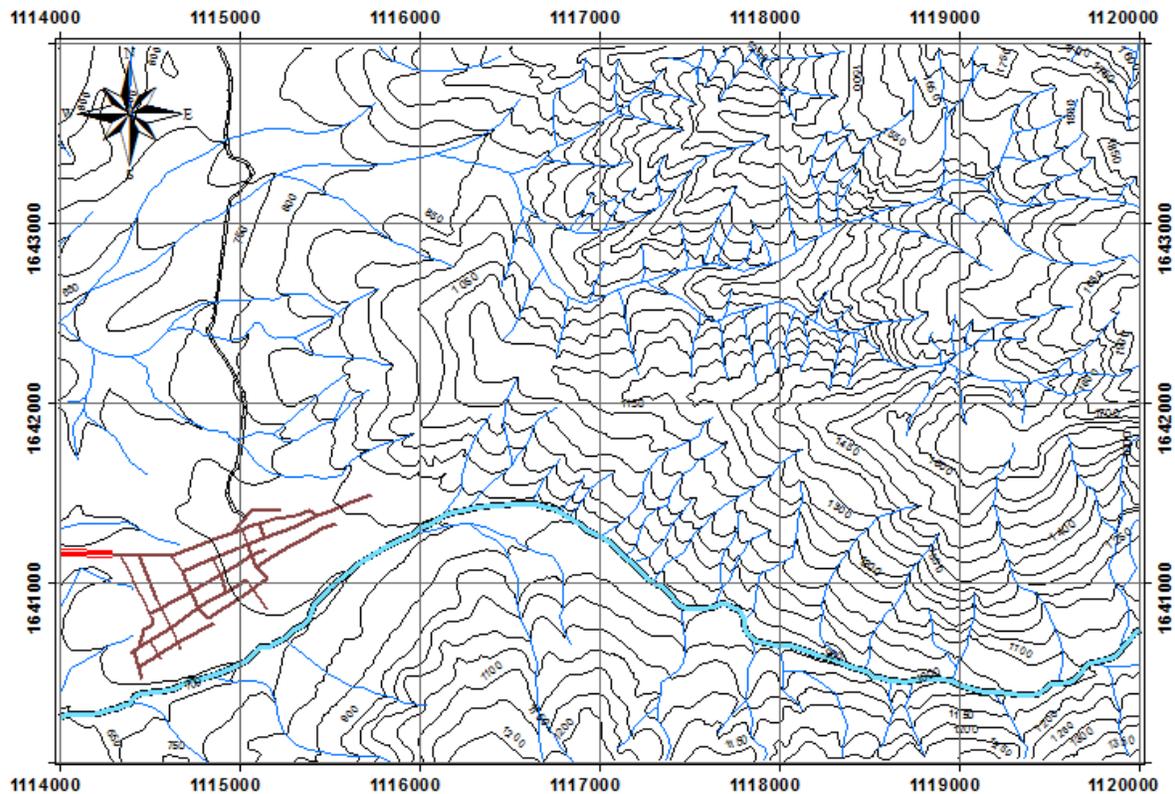


Figura 3: Área de estudio. Fuente: Elaborado por el Autor.

3. JUSTIFICACIÓN

Predecir la magnitud con que un fenómeno o evento puede ocurrir, es una de las tareas de mucha importancia hoy en día. Los desastres se han vuelto accidentes comunes debido al crecimiento acelerado de las comunidades actuales que las llevan a habitar zonas donde la naturaleza expone su mayor fuerza. También se produce por el cambio climático, que durante las últimas décadas se ha visto reflejado una variabilidad climática causada principalmente por el fenómeno del NIÑO y de LA NIÑA. Estos consisten en una alternancia de fenómenos totalmente inversos, mientras que en uno se desata una sequía extrema (NIÑO), el otro ataca con periodos extensos de precipitaciones (NIÑA). Una muestra es el fenómeno de la niña ocurrido entre los años 2010 y 2011 según un análisis emitido por el IDEAM, donde por procesos como inundaciones, deslizamientos de tierras y crecientes súbitas se generaron emergencias en gran parte del País.

Un ejemplo real de un desastre de gran magnitud, es lo ocurrido en Armero Colombia en 1985, donde una población fue devastada a consecuencia de los lahares producidos por la erupción del volcán Nevado del Ruiz. A raíz de esta tragedia, se vio reflejado la importancia de contar con estudios pertinentes sobre las amenazas y Riesgos a la que una población puede ser vulnerable. Es así donde inicia el gobierno nacional a implementar y gestionar propuestas para la prevención y atención de desastres que ha venido evolucionando a través de todos estos últimos años (ANTECEDENTES NORMATIVOS, PDGR CESAR, 2012).

Hoy en día esta evolución se ve reflejada en una herramienta de mucha importancia para garantizar una mejor calidad de vida a un sin números de personas y poblaciones vulnerables a los diferentes fenómenos naturales que desestabilizan el equilibrio dentro de una comunidad conocida como la gestión del riesgo de desastres. Es por tal motivo que se debe generar un análisis de riesgo establecida por la Ley 1523 del 2012 en donde cada municipio y departamento del país deben contar con un plan de gestión de riesgo implementando con ayuda de las entidades públicas y privadas, un plan de estrategias

alimentadas por la misma población, es decir está debe ser la principal fuente de información de los fenómenos a los que constantemente son vulnerables para generar una serie de información detallada que permita entender y dar a conocer cuáles son las posibles amenazas a la que a diario se exponen sin conocimiento alguno. Partiendo de esta idea, hay que tener en claro que los fenómenos naturales son eventos en el cual el hombre no puede evitar que sucedan, solo puede comprenderlos y entender de que siempre estará presente en su vida cotidiana.

Por esta razón, es necesario aplicar un estudio mucho más detallado debido a la Falta de información a los posibles escenarios de riesgo y amenazas. Esto demuestra la gran vulnerabilidad de la zona y la necesidad de generar soluciones y manejos a los diferentes procesos naturales que afectan al casco Urbano del municipio de Manaure. Es por esto que se llevara a cabo este proyecto profundizando en los procesos de remoción en masa con el propósito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible; ya que estos fenómenos pueden causar a la población múltiples daños o afectación produciendo un gran impacto negativo, generando tanto pérdidas de vida humanas, estructurales entre otras.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las amenazas por procesos de remoción en masas en el casco urbano del municipio de Manaure correspondiente a la subregión norte del departamento del Cesar.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar los sistemas Hidrológicos y geomorfológicos presentes en el área.
- Identificar las zonas Vulnerables a fenómenos de remoción en masa del área.
- Elaborar el mapa de la zonificación de Amenazas por movimientos en masas a partir de mapas cartográficos de las variables influyentes en este fenómeno en el municipio de Manaure.

RESULTADOS OBTENIDOS.

Con la realización de este estudio se obtuvieron 5 mapas distribuidos en dos etapas. En la primera etapa se construyeron los 4 mapas bases sobre la cual se trabajó para conseguir el resultado general de este proyecto; estos mapas consisten en: el mapa Geológico, el mapa de pendientes, el Geomorfológico y el mapa de Vegetación. La segunda etapa se obtuvo como resultado la obtención del mapa de amenazas por fenómenos de remoción en masas que es el objetivo general de este proyecto y por consiguiente el resultado final.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 ANTECEDENTES

Con el crecimiento constante al que actualmente se está viendo reflejado el municipio de Manaure, es necesario realizar un análisis y zonificación de las amenazas en las diferentes áreas por procesos de remoción en masa. En esta misma labor de investigación y consulta se encontró un trabajo que aporó información para la ejecución de este proyecto, este tiene como título **ACERCA DE LA GEOLOGÍA DE LA SERRANÍA DE PERIJÁ ENTRE CODAZZI Y VILLANUEVA: GEOLOGÍA COLOMBIANA NO.1**. Por **RADELLI, LUIGI**. En él, La Evolución Geológica de la Serranía del Perijá se divide en tres partes muy marcadas:

La primera parte corresponde con el Paleozoico; Durante el paleozoico inferior se produce una deposición de rocas de origen detríticas (areniscas cuarzosas y Cuarzo-feldespática), seguida a esta deposición se genera una importante sedimentación marina prevalecientemente calcárea (Devónico medio-permocarbonífero) y contemporáneamente se desarrolla un volcanismo que da lugar a frecuentes e importantes intercalaciones Tobaceas (Devoniano Tobaceo). La Sedimentación Permo-carbonífera se trata de calizas grises de origen Químico-organógenas, constituida casi completamente por calcita. El Devoniano Tobaceo Se trata de rocas ligeramente metamórficas de origen Tobaceo de grano fino, con superficies de esquistosidad brillantes debido a la presencia de abundante sericita, de color variable entre el negruzco, el verde y el rojizo. La parte superior del Paleozoico se produce una orogénesis con metamorfismo más o menos intenso afectando a los depósitos de origen detríticos (Areniscas cuarzosas y cuarzo-feldespáticas) y los depósitos del Devonico medio-permocarbonífero. La secuencias del paleozoico superior están constituida al E de Manaure y San José de Oriente, por rocas de color oscuro y grano finos, ricamente fosilíferas, con faunas de crinoideos y corales.

La segunda parte corresponde con el mesozoico; en el mesozoico se produce un cambio importante de las condiciones ambientales que demarca la transición del paleozoico al mesozoico. La sedimentación marina se sustituye durante mucho tiempo por una sedimentación subcontinental (Formación la Quinta, LQ), reapareciendo las facies francamente marinas solo con la transgresión cretácica. El establecimiento de estas nuevas condiciones depende de la erección de la cordillera erciniana, cuyos terrenos mesozoicos de origen continental son por lo tanto el producto de la erosión de la cordillera erciniana. Durante las primeras fases de la sedimentación subcontinental se verifican las últimas actividades del volcanismo que dan lugar a menores intercalaciones de tobas. Durante la sedimentación de la Quinta se produce un nuevo volcanismo esta vez básico, dando lugar a intercalaciones tobaceas y sucesivas subidas de lavas hacia el final de la sedimentación continental. El carácter de la formación es prevalementemente detrítico, pero además de las rocas de origen puramente detrítico, son muy abundantes las de origen volcánico y las rocas híbridas, que resultan de la mezcla íntima de una parte detrítica y de otra volcánica.

Para el Mesozoico superior – Cretácico un importante cambio paleogeográfico demarca una nueva transición. El ambiente continental que había dirigido durante mucho tiempo la sedimentación de la Quinta es invadido por un mar Cretácico, que empieza con la deposición de conglomerados y areniscas parecidas a las de la Quinta y por último con una importante sedimentación calcárea. Se trata de calizas gris-claras, ricamente fosilíferas.

La tercera parte corresponde a las formaciones recientes, conformando las grandes terrazas (típica la de Manaure) compuestas por cantos de diferentes clases (riodacitas, areniscas de la Quinta, etc.) y niveles de areniscas cuarzosas cuya deposición indican movimientos tectónicos recientes.

Un segundo informe titulado ***FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MANAURE, MUNICIPIO DE MANAURE (POMCA)*** presentado en el año 2010

en contrato entre la corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) y la universidad del Magdalena. Dicho proyecto tiene como propósito plantear la protección y conservación de los recursos naturales, donde se involucra a las comunidades en el manejo sostenible de los recursos naturales.

En ese trabajo se exponen diferentes aspectos metodológicos de suficiente alcance, que pueden ser aplicados a distintas estructuras socio-económicas, ambientales, geológicas, climatológicas entre otros; que logró incluir a la mayoría de los actores que se encuentran en el área de influencia del municipio. Este informe ayudó en la comprensión y conocimiento de la geología regional del municipio de Manaure, con la finalidad de dar el apoyo a todas las actividades correspondientes al levantamiento de datos.

Un tercer informe titulado ***EVALUACION DEL RIESGO GEOTECNICO EN LA CUENCA DEL RIO MANAURE MUNICIPIO DE MANAURE BALCON DEL CESAR DEPARTAMENTO DEL CESAR*** llevado a cabo por parte de la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) y la universidad del Magdalena en Agosto del 2011, los cuales vieron la necesidad de realizar estudios que permitan la determinación de la zonificación de eventos geotécnicos naturales de cuenca y el diseño de trabajos de

rehabilitación y de protección de las zonas que se determine estén bajo amenaza, además de esto determinar el conjunto de los valores y variables meteorológicas características de los estados y evoluciones del tiempo, estableciendo los valores de mayor parte de los elementos climatológicos básicos, su distribución espacial y temporal y el comportamiento del clima.

Toda esta información contribuyo al desarrollo de este proyecto mostrando paso a paso un diagnostico relacionado con variables sociales, económicas, ambientales y geológicas utilizando herramientas de alto alcance tales como observaciones en campo, y análisis de fuentes secundarias como informes, mapas físicos y digitales entre otros.

Un cuarto antecedente que colaboro notoriamente en la elaboración de este proyecto fue el *MAPA NACIONAL DE AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA, 2015 Y la GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, 2015* del Servicio Geológico Colombiano (anteriormente INGEOMINAS) el cual tuvo su origen en 1916, cuando se creó y organizó la Comisión Científica Nacional, a la que se le encomendó realizar la cartografía geológica, la exploración de los recursos minerales y el estudio del subsuelo. Este organismo actualmente Servicio Geológico Nacional cuenta con una gran cantidad de estudios realizados en diferentes zonas del país abarcando nuestra zona de estudio (Manaure-Cesar) aportando conocimientos y guías para proporcionar una visión general del patrimonio geológico y de la geo diversidad.

5.2 MARCO TEORICO

Amenaza: Es un factor de riesgo externo, representado por el peligro latente de que un fenómeno físico de origen natural o antrópico se manifieste produciendo efectos adversos a las personas, a los bienes y al ambiente (Guía Metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial). Para la (Ley 1523 del 2012) la amenaza es el peligro latente de que un evento físico de origen natural, causado o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas de vidas, lesiones o impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Desastre: Resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del estado y del

sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Ley 1523 del 2012). Según la (Guía Metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial) un desastre es una situación causada por un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que significa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y/o el medio ambiente. Es la situación resultante de la presencia efectiva de un evento, que como consecuencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos causa efectos adversos sobre los mismos.

Deslizamiento y/o remoción en masa: Para la (Cartilla de Gestión del riesgo de Desastres Departamento del Cesar, 2012), los Movimiento de masa (reptación, volcamiento, desplazamiento, hundimiento, colapso de caverna o minas, caída de rocas, desprendimiento de masa de suelo o de rocas) son el producto de la acción tectónica, características de los suelos y la acción del agua. Según la (Guía Metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial), Los deslizamientos se producen como resultado de cambios súbitos o graduales en la composición, estructura, hidrología o vegetación en un terreno en declive o pendiente. En muchos casos están íntimamente ligados a amenazas primarias, como el caso de un terremoto, o por saturación de aguas producto de un huracán o lluvias intensas.

Gestión del riesgo: Proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia de mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, rehabilitación y construcción (ley 1523 del 2012). Para (CORNARE), la Gestión del Riesgo consiste en una serie de actividades diseñadas para reducir las pérdidas de vida humanas y la destrucción de propiedades e infraestructuras.

Riesgo: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un periodo de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente el riesgo de desastre se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad (Ley 1523 del 2012). Para la (Guía Metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial), el riesgo es la probabilidad de que se presente un daño sobre un elemento o componente determinado, el cual tiene una vulnerabilidad intrínseca, a raíz de la presencia de un evento peligroso, con una intensidad específica.

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente (Ley 1523 del 2012). Es el factor de riesgo interno que tiene una población, infraestructura o sistema que está expuesto a una amenaza y corresponde a su disposición intrínseca de ser afectado o susceptible de sufrir daños. La probabilidad de que se produzcan daños sobre un sistema por la acción de un fenómeno natural o antrópico será mayor cuanto más sea su intensidad y la vulnerabilidad del mismo, y viceversa (Guía Metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial).

6. METODOLOGÍA

La metodología empleada en este proyecto para determinar las amenazas por procesos de remoción en masa en el casco urbano del municipio de Manaure, se basa en la combinación de diferentes métodos de recolección de datos como las investigaciones bibliográficas y las tomas de muestras mediante visitas de campo a la zona de estudio; donde se identificaron las variables influyentes en desencadenar los fenómenos de movimientos en masas (Geología, Geomorfología, cobertura y uso de suelos) que fueron posible reconocerlas mediante la obtención de trabajos o estudios ya realizados por parte de las entidades encargadas de generar estos tipos de información como la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR), el Servicio Geológico Colombiano (SGC) entre otras, que posteriormente se verificaron mediante los datos obtenidos en las salidas de campo. Esto demuestra que estarán soportadas por fuentes de información secundarias y por información obtenida y construida por el autor de este estudio.

Una vez obtenida toda la información necesaria, se procede al análisis de esta, mediante la aplicación de técnicas como Software (ArcGIS) que permitan interpretar y conducir a la construcción del conocimiento mediante mapas representativos de cada variables anteriormente mencionadas, que serán cruzados para obtener como producto un mapa final cuya representación sea las amenazas por movimientos en masas en el casco urbano de Manaure; resultado que se pretende obtener y presentar como objetivo final.

Con base a lo mencionado anteriormente, el orden de ideas mucho más detallado con que se presentó esta metodología sería la siguiente:

6.1 FUENTES DE INFORMACIÓN:

Para la realización de este proyecto, es necesario consultar información cuyas fuentes principales son brindadas por las entidades departamentales como el IGAC, SGC, INGEOMINAS, CORPOCESAR, IDEAM entre otros. También es necesario la toma de datos insitu en la zona de estudio que se llevara a cabo por parte del autor de este proyecto,

con la ayuda de los equipos de Campo como el martillo geológico para la extracción de muestras de roca en los afloramientos, lupa geológica para la identificación de los minerales, el Gps para la obtención de las coordenadas de los puntos exactos que se visiten y se saquen muestras de suelo o roca, Brújula para la toma de datos estructurales y dirección de los afloramientos entre otros equipos como el pico, pala y cinta métrica.

Por medio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), fue posible la obtención de los planos topográficos a escala 1:25000 y las fotografías aéreas correspondientes de la zona. El Servicio Geológico Colombia (SGC) junto con el Instituto de Hidrogeología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) se logró obtener unas guías metodológicas para la zonificación de la susceptibilidad de los terrenos a presentar fenómenos de remoción en masa; se accedió también al plan de ordenamiento y manejo ambiental de la subcuenca hidrográfica del río Manaure (POMCA) realizado por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) y la Universidad del Magdalena; trabajos de los cuales se logró una amplia visualización sobre el enfoque de este proyecto.

Como se demuestra, la metodología consiste principalmente en la obtención de información bibliográfica sobre temas como la geología, geomorfología, vegetación y suelo; luego se llevara a cabo una segunda fase que consiste en la verificación de toda esta información mediante salidas de campo a la Zona para poder garantizar unos buenos resultados.

6.2 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis y zonificación de áreas susceptibles a procesos de remoción en masa, se debe tener conocimiento sobre los factores condicionantes de este fenómeno; dentro de estos se encuentran la geología, la geomorfología, la cobertura de suelo (Vegetación) y el suelo. Para el procesamiento de la información de cada variable se llevó a cabo por medio de la ayuda de herramientas y equipos necesarios como los son: fotointerpretación de las fotografías aéreas, caracterización de macizos rocosos, ensayos de laboratorios y la

aplicación del software ArcGIS, cuyo fin principal es la realización de los diferentes mapas de las variables antes mencionadas.

La forma en que se pretende cuantificar cada uno de los factores en cada mapa de Zonificación, consiste en darle valores numéricos a cada una de las variables según sea el grado de alteración que este produzca a la contribución de este fenómeno. Este proceso se llevara a cabo con el apoyo de personal calificados para tratar de que estos valores sean lo más apropiados posibles. Como resultado de este paso, obtendremos mapas con distintos valores, cuyo fin consiste en combinarlos o cruzarlos y poder determinar las zonas en donde los valores de todas las variables coincidan a la susceptibilidad de que se produzca un fenómeno de remoción en masa.

6.3 ESQUEMA METODOLOGICO

El esquema que se desarrollara en este proyecto inicia principalmente con la búsqueda y recolección de información existente sobre el área de estudio. Dentro de esta información se encuentra: la ubicación Geográfica, número de habitantes con que cuenta el municipio, antecedentes de estudios geotécnicos realizados en el área, la geomorfología, hidrología climatología, geología, etc.

Una vez se cuente con toda esta información, se procederá a la elaboración del modelo digital del terreno mediante el programa ArcGIS y a la fotointerpretaciones de las fotografías aéreas brindadas por el IGAC, que será posible por medio de los estereoscopios. Esto permitirá determinar e identificar los procesos erosivos como cárcavas, flujos, surcos y deslizamientos de tierra. También se podrá identificar por medio de la fotointerpretación las diferentes coberturas de suelo o la vegetación como los bosques, rastrojos, pastos, cultivos y zonas descapotadas de vegetación.

Teniendo todos estos procesos localizados e información se realizara las visitas de campo correspondientes a la zona. Esta cuyo propósito consiste en la verificación de la

información geológica y geomorfológica. También se llevara a cabo la toma de muestras para su posterior identificación en el laboratorio y clasificación de macizos rocoso, donde se hará uso de los parámetros estandarizados por autores como por ejemplo la clasificación geomecanica de Macizos rocosos propuesta por BIENIAWSKI, clasificación de suelos por el método USCS y AASHTO.

Con toda la información recogida de los pasos anteriores, se podrá elaborar los mapas para cada factor antes mencionados (Geomorfológica, geología, cobertura de suelos), una vez se cuantifiquen cada uno de las variables mediante la asesorías de profesionales con experiencia y con base al criterios propios, se procederá a cruzar los mapas (interponer cada mapa uno encima del otro) con el fin de tener como producto el mapa de zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa; Objetivo trazado al inicio de este proyecto.

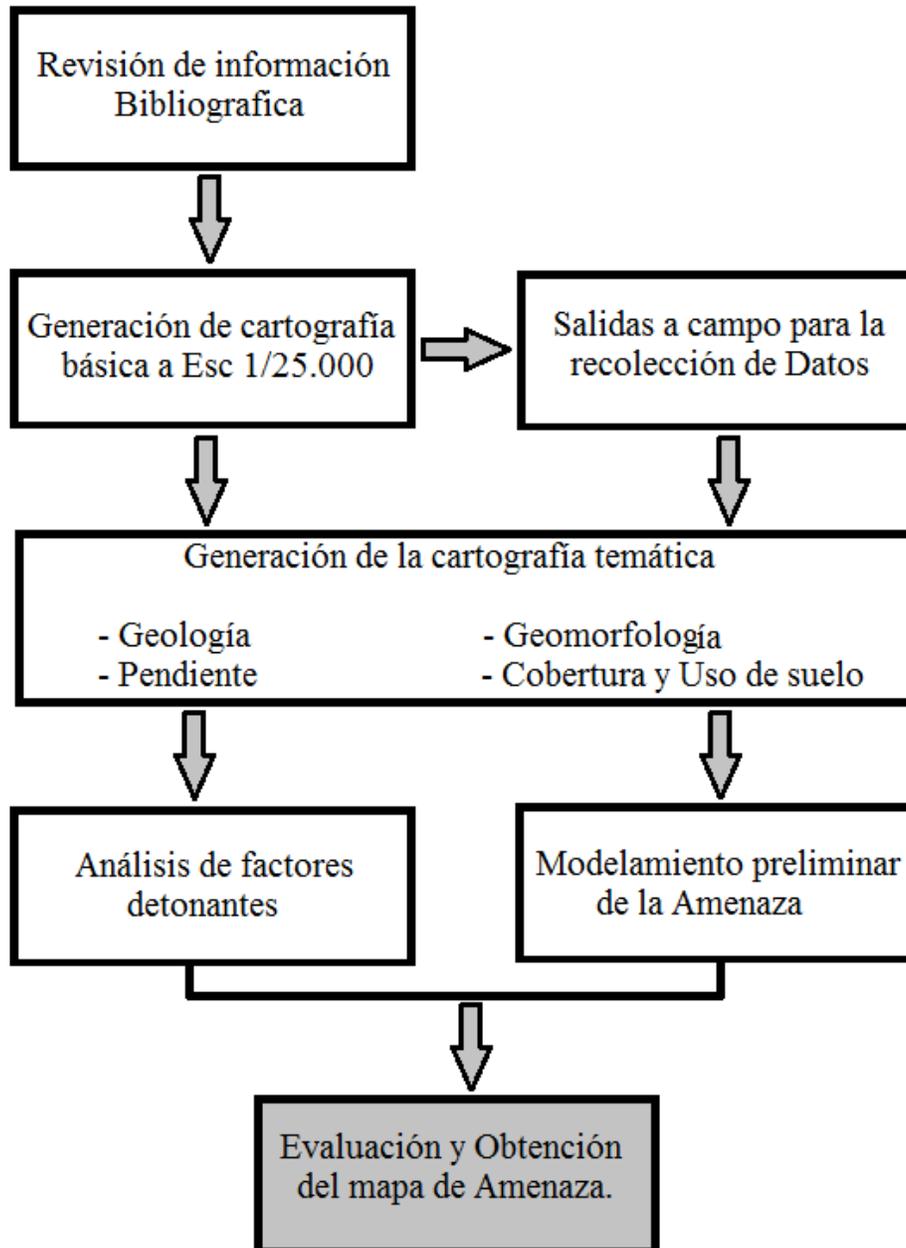


Figura 4: Esquema metodológico. Fuente: Elaborado por el Autor.

7. CLASIFICACION DE LOS MOVIMIENTOS EN MASAS

Los movimientos en masas son procesos dinámicos externos que modelan la superficie del terreno. Estos involucran movimiento pendiente abajo de los materiales que componen una ladera influenciada por la gravedad, que son detonados por lluvias, sismos y actividades antrópicas. Los movimientos en masas detonados por periodos de lluvias, se caracterizan generalmente por ser movimientos superficiales planares que se caracterizan por su pequeño espesor en donde la superficie de falla es sub paralela a la pendiente del área. Esto es consecuencia de la infiltración del agua de lluvia que produce un aumento de la presión de poros disminuyendo la resistencia al cortante, es decir es el producto del debilitamiento de las propiedades mecánicas de los materiales de una vertiente. También se pueden generar movimientos de masas más profundos a partir de fallas preexistentes donde el factor detonante es asociado por la pérdida de succión del suelo (Collins & Znidarcic, 2006) tomado en base al proyecto (UNA REVISIÓN SOBRE EL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS EN MASA DETONADOS POR LLUVIAS, Edier Aristizábal, Hernán Martínez, Jaime Ignacio Vélez, Junio de 2010).

Los factores que controlan la ocurrencia y distribución de los movimientos en masas pueden dividirse en dos:

- a) Variables condicionantes (tales como las propiedades de los suelos y la topografía).
- b) Variables Dinámicas o Detonantes (tales como el grado de saturación del suelo y la cohesión).

Dentro de las variables detonantes se refiere tanto a lluvias como sismos, siendo las lluvias las de mayor impacto para la activación de los movimientos en masa. La principal manifestación de los movimientos en masas son los deslizamientos, que pueden ocurrir como: Caídas, Volcamientos o basculamientos, separaciones Laterales, deslizamientos o flujos.

Las caídas se presentan por lo general en zonas con pendiente muy fuerte o escarpes, donde la masa del material se desprende y se mueven en caída libre dando saltos o ruedan ladera abajo. Los volcamientos se producen por la rotación de uno o más bloques alrededor de un punto de pivote. Las separaciones laterales son movimientos de extensión lateral acompañado por fracturamiento cortante o tensional. Los deslizamientos se presentan por deslizamientos de masas a lo largo de uno o más planos discretos; estos pueden ser rotacionales (Donde la superficie de ruptura es curva, la masa rota hacia atrás alrededor de un eje paralelo a la ladera) y translacional (la masa se mueve paralelo a la superficie del terreno). Los flujos son cuando una masa se mueve sin un plano discreto de ruptura. Cuando algún deslizamiento presenta más de un tipo de movimiento este es descrito como movimientos complejos (FUNDAMENTOS SOBRE DESLIZAMIENTOS, MORA, Rolando).

Los deslizamientos pueden presentar movimientos de solo rocas, suelos o una combinación de los dos. Los movimientos en masas se clasifican con base a diferentes características; generando un sistema de lenguajes estándar cuya aplicación facilita la comunicación y contribuye al desarrollo de generalizaciones válidas sobre la ocurrencia de los diferentes tipos de deslizamientos. A continuación se presentan los posibles tipos de movimientos en masas que por las características influyentes se pueden presentar en el área de estudio, haciendo uso de la clasificación propuesta por Varnes (1978) debido a que es una de la más utilizadas y se ajusta con las condiciones del terreno, haciéndola mucho más práctica y fácil su implementación en el área. Esta involucra el tipo de movimiento y la naturaleza del material.

7.1 CAIDAS

Las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla (Cruden & Varnes, 1996). El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996).

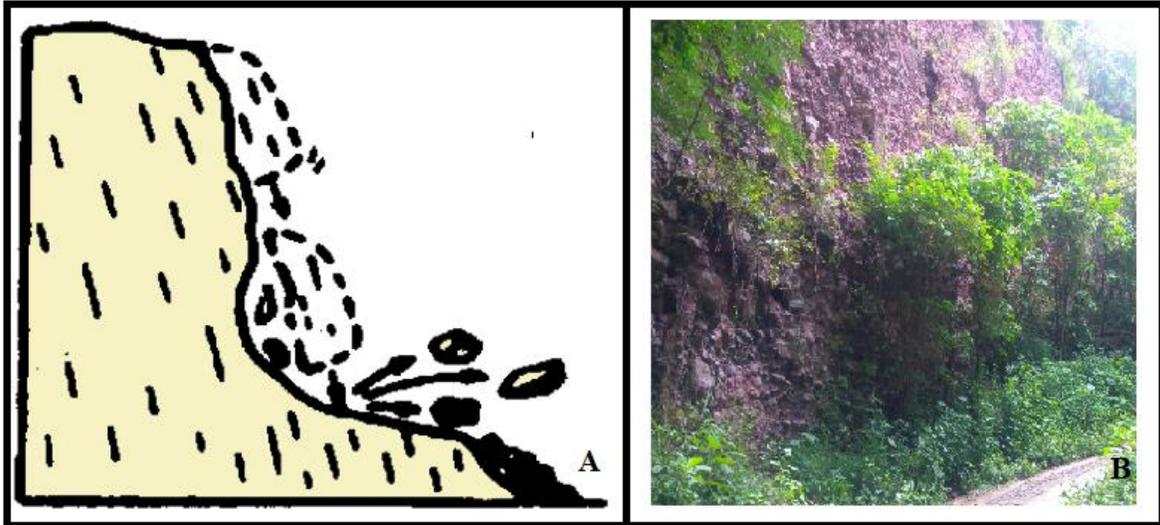


Figura 5: A) Caída de rocas (Varnes, 1978). B) Afloramiento de roca (Sedimentitas Pérmicas, “P”), con potencial de generar caídas de rocas. Fuente: El autor.

Solo cuando la masa desplazada es socavada, las caídas son precedidas por pequeños deslizamientos o movimientos de basculamiento que separan el material de la masa no perturbada (Cruden & Varnes, 1996).

7.2 DESLIZAMIENTOS

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante (Cruden & Varnes, 1996).

Inicialmente, el movimiento no ocurre simultáneamente a lo largo de lo que, eventualmente, será la superficie de ruptura; el volumen de material desplazado se incrementa a partir de un área de falla local (Cruden & Varnes, 1996).

Muchas veces, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más tarde será el escarpe principal del deslizamiento (Cruden & Varnes, 1996).

El material desplazado puede deslizarse más allá de la punta de la superficie de ruptura, cubriendo la superficie original del terreno, la cual, a su vez, se convierte en superficie de separación (Cruden & Varnes, 1996).

7.2.1 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL

Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material (Cruden & Varnes, 1996). La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe (Cruden & Varnes, 1996).

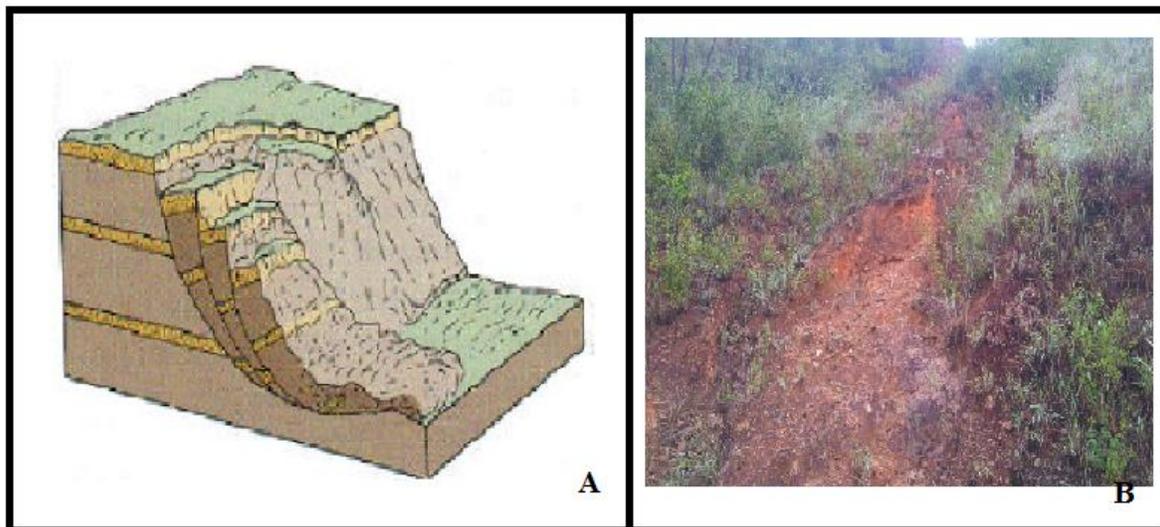


Figura 6: A) Deslizamiento rotacional (Skinner & Porter, 1992). B) Afloramiento de roca (Metasedimentitas cámbricas y ordovícicas “εOms”) con potencial de generar deslizamientos tipo rotacional. Fuente: El autor.

El escarpe principal es prácticamente vertical y carente de soporte, por lo que se pueden esperar movimientos posteriores que causen retrogresión del deslizamiento a la altura de la corona (Cruden & Varnes, 1996).

7.2.2 DESLIZAMIENTO TRANSLACIONAL

La masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno (Cruden & Varnes, 1996).

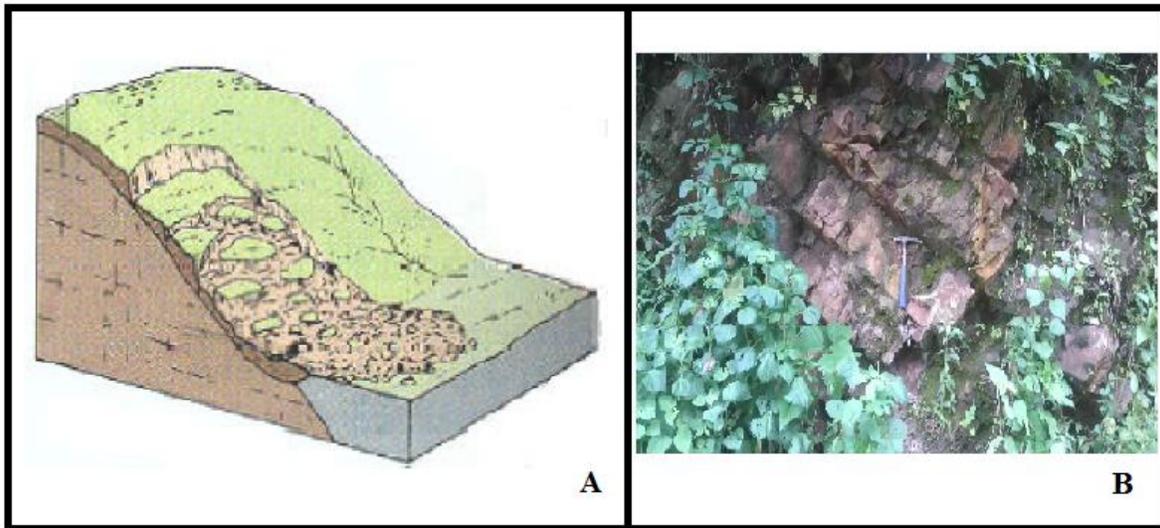


Figura 7: Deslizamiento translacional de detritos (Skinner & Porter, 1992). **B)** Afloramiento de roca con planos muy continuos de estratificación, favorables a presentar deslizamientos por las superficies de los planos. Fuente: El autor.

La superficie de ruptura usualmente se orienta a lo largo de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación o el contacto entre roca y suelos residuales o transportados (Cruden & Varnes, 1996). En los deslizamientos translacionales la masa desplazada puede también fluir, convirtiéndose en un flujo de detritos ladera abajo (Cruden & Varnes, 1996).

7.3 SEPARACIONES LATERALES

La separación lateral se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando (Cruden & Varnes, 1996).

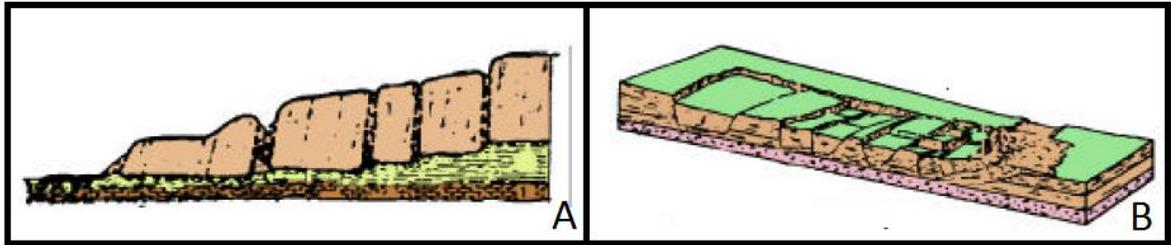


Figura 8: *A) Separación lateral en roca (Varnes, 1978). B) Separación lateral en suelo (Varnes, 1978).*

La superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando (Cruden & Varnes, 1996). Claramente estos movimientos son complejos, pero debido a que son muy comunes en ciertos materiales y situaciones geológicas, es mejor reconocerlos como un tipo separado de movimiento (Cruden & Varnes, 1996).



Figura 9: *Afloramiento de roca (Calizas y Shales Cretácicas “Kcsi”) con potencial de general separaciones laterales. Fuente: El autor.*

7.4 FLUJOS

Un flujo es un movimiento espacialmente continuo, en el que las superficies de corte son de corta duración, de espaciamiento corto y usualmente no se preservan; la distribución de velocidades en la masa que se desplaza se compara con la de un fluido viscoso (Cruden & Varnes, 1996).

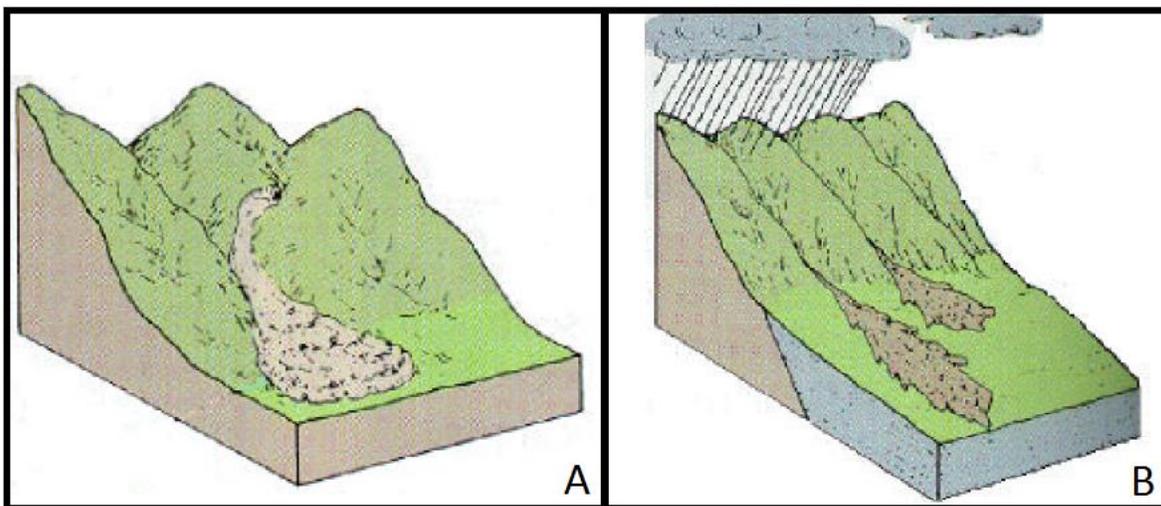


Figura 10: A) Flujo de detritos (Skinner & Porter, 1992). B) Flujo de lodo (Skinner & Porter, 1992)

El límite inferior de la masa desplazada puede ser una superficie, a lo largo de la cual se desarrolla un movimiento diferencial apreciable o una zona gruesa de corte distribuido (Cruden & Varnes, 1996). Es decir, existe una gradación desde deslizamientos a flujos, dependiendo del contenido de humedad, la movilidad y la evolución del movimiento (Cruden & Varnes, 1996).

Los deslizamientos de detritos pueden convertirse en flujos de detritos extremadamente rápidos o avalanchas de detritos, en la medida en que el material desplazado pierde cohesión, aumenta de contenido de humedad o encuentra pendientes más fuertes (Cruden & Varnes, 1996).

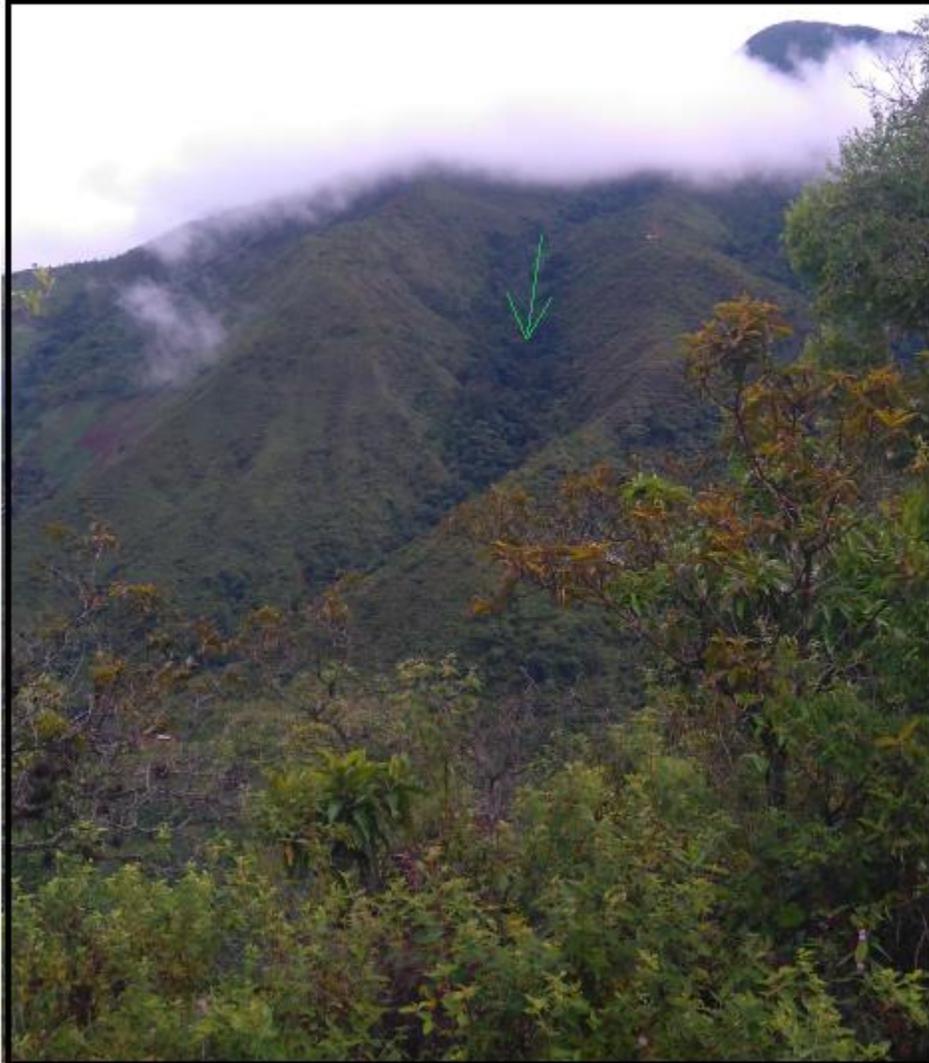


Figura 11: Superficie sobre la cual se pueden presentar flujos de rocas o suelos. Fuente: Tomada por el autor.

8 HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA

El análisis hidrológico, es de gran importancia para tener en cuenta sobre estudios de susceptibilidad de áreas a fenómenos de remoción en masa, ya que es muy frecuente que durante los periodos de precipitación o luego de fuertes lluvias estos fenómenos ocurran; esto sucede debido al ciclo hidrológico del agua. Se entiende por ciclo hidrológico del agua al movimiento constante del agua en diferentes estados. En general el agua asciende por evaporación se condensa y cae hacia la superficie de la tierra por precipitación ya sea en lluvia, granizo o nieve; una parte de esta por infiltración genera escorrentías subterráneas y acuíferos y la otra parte genera escorrentías superficiales.

Dentro de este ciclo, el factor de mayor relevancia es la precipitación, que es el volumen o altura de agua de lluvia que cae sobre un área en un periodo de tiempo. Las precipitaciones son importantes porque ayudan a mantener el balance atmosférico, sin estas, todas las tierras del planeta serian desiertos.

La precipitación ocurre cuando las diminutas gotas que conforman las nubes se juntan unas con otras formando gotas de mayor tamaños aumentando su peso y terminan precipitándose hacia la superficie por la acción de la gravedad.

Una vez el agua alcanza el suelo, esta trata de infiltrarse por medio de los poros del suelo. Este proceso depende fundamentalmente del agua disponible a infiltrar, la naturaleza del suelo, el estado de la superficie y las cantidades de agua y aire inicialmente presentes en su interior. La infiltración comienza cuando las capas superiores del suelo se van humedeciendo de arriba hacia abajo a medida que el agua infiltra desde la superficie. Esto conlleva a una alteración gradual de la humedad. Las infiltraciones producidas generalmente por precipitaciones o lluvias no son capaces de saturar todo el suelo, es decir solo saturan la parte superior o la parte del suelo más próxima a la superficie, conformando un perfil donde la humedad decrece a medida que aumenta la profundidad.

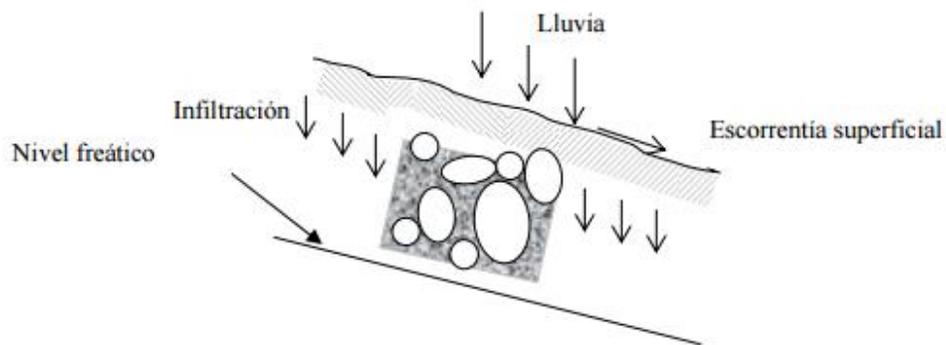


Figura 12: Infiltración en el Suelo. Fuente: Biblioteca Virtual UDEP.

Cuando ya la precipitación ha disminuido, cesando el aporte del agua en la superficie hasta no haber infiltración, este perfil húmedo se invierte; debido a que el agua se redistribuye obteniendo como resultado valores de humedad mayores en las capas de suelo más profundas y valores de humedad menores para las capas de suelos más superficiales

Cuando los niveles de humedad natural del suelo no son tan profundos, este perfil húmedo no siempre se comporta de esta manera. Esto se debe a que el suelo se satura mucho más rápido creando así las escorrentías superficiales. Cuando la precipitación termina, es decir el aporte del agua en la superficie es nula, la capacidad de infiltración del suelo crece debido a que este pierde humedad ya sea por evapotranspiración o por el movimiento del agua hacia las capas más profundas del suelo (BIBLIOTECA UDEP, CAPITULO 3: INFILTRACIÓN).

Todo este proceso explicado anteriormente conlleva a que la masa del suelo experimente cambios que aumentan la posibilidad de experimentar movimientos de materiales que antes se encontraban en equilibrio, debido al forzamiento que el agua ejerce a las partículas del suelo que las induce a separarse; es así como los periodos de lluvia inducen la ocurrencia de los fenómenos de remoción en masa.

Debido al cambio climático que está sufriendo el planeta, todos estos factores se ven intensificado trayendo consigo una variabilidad climática reflejada en el departamento del Cesar por los fenómenos de “El Niño” y “La Niña”, produciendo impactos tantos negativos como positivos.

8.1 PRECIPITACION

La siguiente información climatológica es tomada con base a los estudios realizados en el proyecto **FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL DE LA SUB-CUENCA HIDROGRÁFICAS DEL RÍO MANAURE, MUNICIPIO MANAURE** llevado a cabo por parte de la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) y la universidad del Magdalena en el año 2010.

En este se empleó información registrada y publicada por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM en donde se evalúan la información de los datos registrados en las estaciones Manaure (pluviométrica), Nuevo Prado (Limnimétrica), San José de Oriente (Climatológica Ordinaria).

8.1.1 ANALISIS MENSUAL DE PRECIPITACIÓN

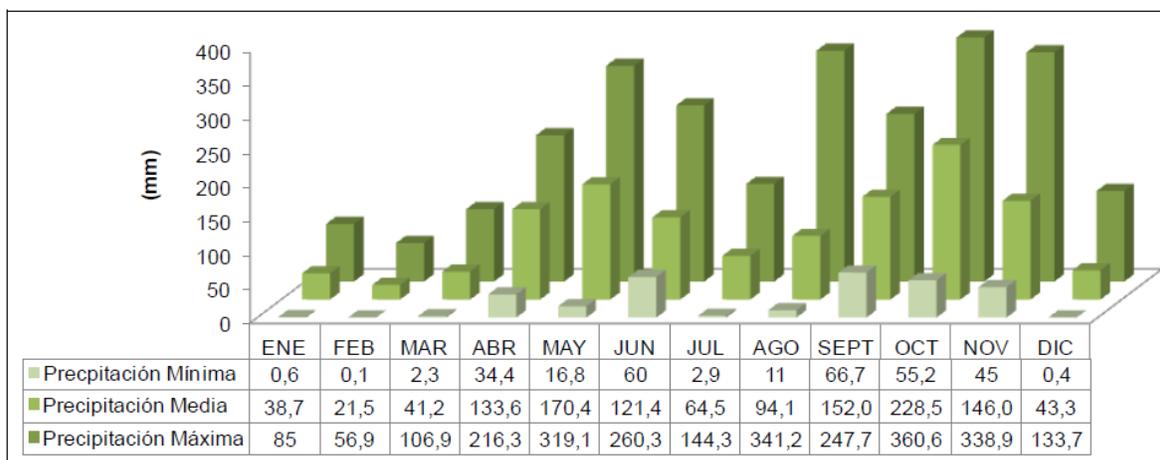


Tabla 3: Histograma de precipitación mínima, media y máxima mensual multianual, estación San José de Oriente. Fuente: FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL DE LA SUB-CUENCA HIDROGRÁFICAS DEL RÍO MANAURE, MUNICIPIO MANAURE, 2010.

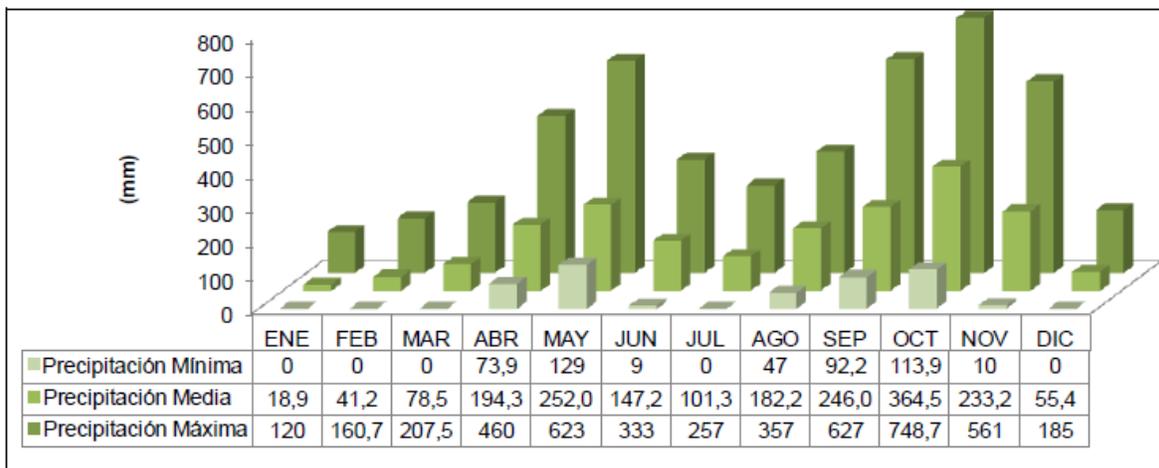


Tabla 4: Histograma de precipitación mínima, media y máxima mensual multianual, estación Manaure. Fuente: FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL DE LA SUB-CUENCA HIDROGRÁFICAS DEL RÍO MANAURE, MUNICIPIO MANAURE, 2010.

Con base a las tablas 3 y 4 que presentan los diagramas de precipitación media multianual de las Estaciones San José de Oriente y Manaure, se puede definir que la precipitación en la cuenca del río Manaure tiene un comportamiento Bimodal en su distribución, siendo los meses de Abril, Mayo y Junio los más lluvioso para el primer semestre y Agosto, septiembre, octubre y Noviembre para el segundo semestre del año. El segundo semestre del año es el más lluvioso. Estos dos periodos de lluvias están alternados por dos periodos en donde la precipitación es baja, donde la primera va desde el mes de Diciembre a Marzo y la segunda en el mes de Julio.

Otras de las características más importante de las lluvias aparte de los meses más lluviosos en el año, son los números de días durante el cual este fenómeno se presenta en un mismo mes, ya que de acuerdo a la permanencia de lluvias durante mayor periodo de tiempo aumenta mucho más la probabilidad de ocurrencia de fenómenos como los movimientos en masas o inundaciones. Con base a la tabla 5 donde se presentan los números de días de lluvias registradas por las estaciones San José de Oriente y Manaure, el promedio

anual de lluvias para la estación San José de Oriente es de 16 días en los meses de Septiembre y octubre y de 21 días para la estación Manaure en el mes de Octubre.

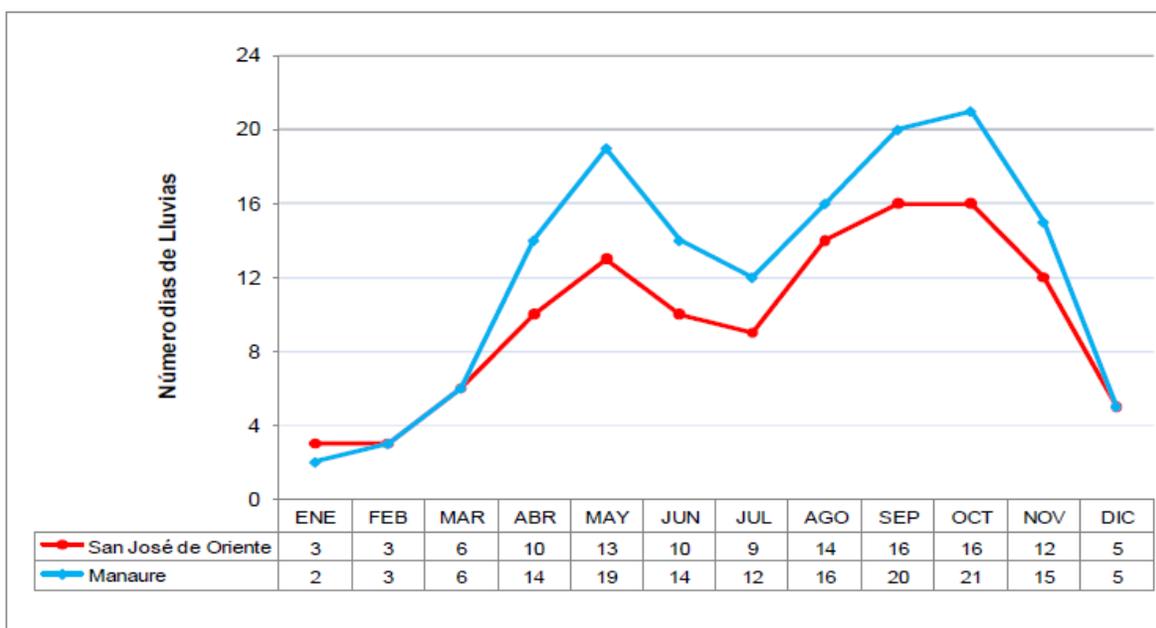


Tabla 5: Número de días de Lluvias Estación San José de Oriente y Manaure. Fuente: FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO AMBIENTAL DE LA SUB-CUENCA HIDROGRÁFICAS DEL RÍO MANAURE, MUNICIPIO MANAURE, 2010.

8.1.2 ANALISIS ANUAL DE PRECIPITACIÓN

Con base a la estación San José de Oriente, la cuenca del río Manaure presenta una precipitación máxima de 1930,2 mm/año y precipitaciones mínimas de 0,0 mm, la precipitación media anual fue mayor a 1000 mm/año. Cabe resaltar que esta estación cuenta con un registro discontinuo de 14 años por lo tanto es insuficiente para realizar un análisis en cuanto a la distribución cronológica.

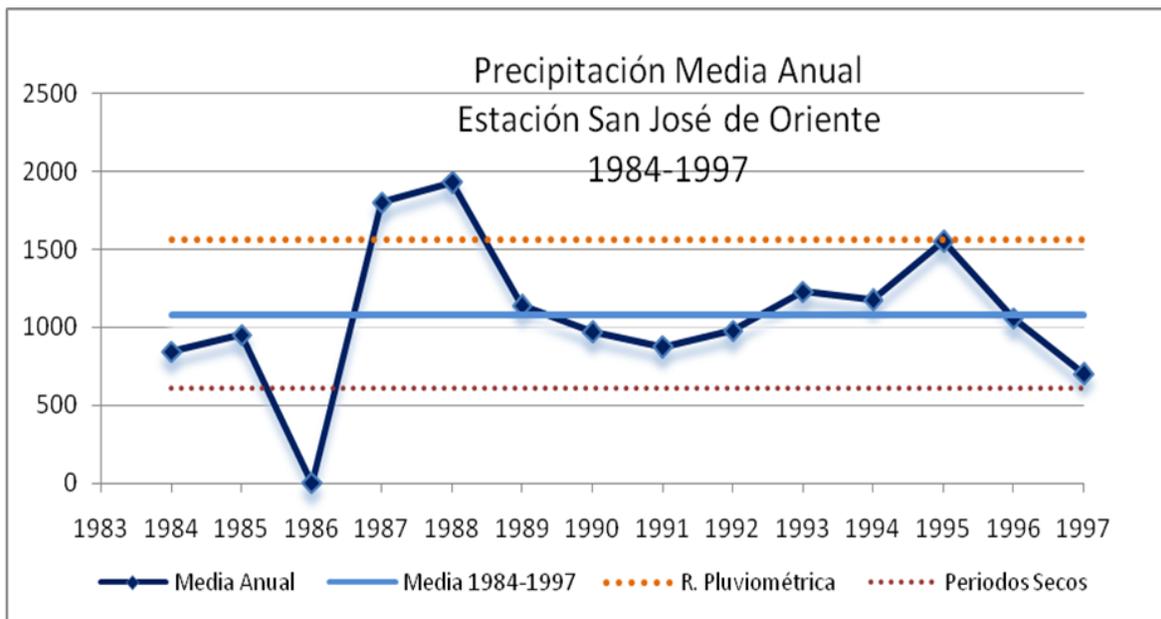


Figura 13: Distribución cronológica de la precipitación Media Anual, estación San José de Oriente. Fuente: EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOTÉCNICO EN LA CUENCA DEL RIO MANAURE MUNICIPIO DE MANAURE BALCON DEL CESAR DEPARTAMENTO DEL CESAR. 2011; obtenida por información publicada en el IDEAM.

Con base a la figura 13, se observa que para el año de 1986 se presentó un periodo seco registrado en esta estación; para los años 1984, 1985, 1990, 1991, 1992 y 1997 la precipitación estuvo por debajo de la media anual para los años de 1987, 1988, 1989, 1993, 1994, 1995 y 1996 se situó por encima de la media anual.

Con respecto a la estación Manaure, si se cuenta con datos para realizar un análisis con base a su distribución cronológica, ya que cuenta con registros continuos de 34 años faltando solo algunos datos en el año 1975.

Con base a la figura 14 se observa que para los años 1975, 1976, 1997, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008 se presentó periodos secos y para los años 1977, 1978, 1979, 1980, 1985, 1986, 1989, 1991, 2002 la precipitación estuvo por debajo de la media anual.

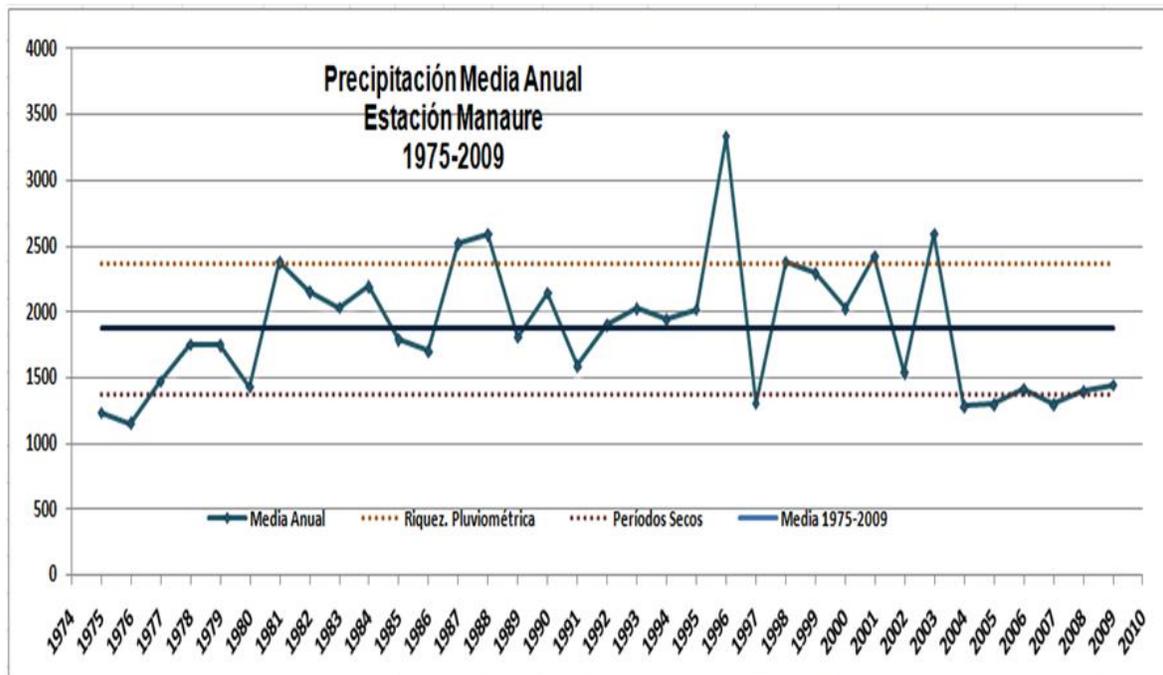


Figura 14: Distribución cronológica de la precipitación Media Anual, estación Manaure. Fuente: EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOTÉCNICO EN LA CUENCA DEL RIO MANAURE MUNICIPIO DE MANAURE BALCON DEL CESAR DEPARTAMENTO DEL CESAR. 2011.

9. ESTRATIGRAFIA

Las unidades litoestratigráficas identificadas en la zona de estudio ilustración 1 contienen rocas desde el Paleozoico inferior hasta el cuaternario, constituidas por rocas metamórficas, sedimentarias y depósitos coluvio – aluviales y aluviales.

El Paleozoico inferior está representado por rocas metasedimentarias que afloran hacia la parte central del área. Las rocas del Paleozoico superior incluyen una secuencia sedimentaria principalmente calcárea que aflora al oriente de Manaure. El cretácico está conformado por rocas sedimentarias carbonatadas aflorando hacia la parte occidental de área de estudio. En el cuaternario se encuentran depósitos Coluvio – aluviales y aluviales conformando una serie de terrazas de composiciones variables, aflorando al occidente y centro del área de estudio. A continuación se describen estas unidades de roca, de más antiguas a más jóvenes; basada en información encontrada en el proyecto GEOLOGÍA DE LA PLANCHAS 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 Y 40. PROYECTO: “EVOLUCIÓN GEOHISTÓRICA DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA” y de información obtenidas por visitas de campo por parte del autor de este proyecto.

Paleozoico

9.1 Metasedimentitas Cámbricas y Ordovícicas (εOms): Radelli (1962) describe de manera informal dos fajas de rocas paleozoicas delimitadas por fallas subverticales, que afloran en la Serranía de Perijá. La primera de estas fajas aflora al oriente de Manaure y la segunda al oriente del Socorro. Tschanz et al. (1969), describen informalmente como “rocas sedimentarias cámbricas y ordovícicas”, a las rocas que afloran en la parte más baja del bloque estructural oriental de la Falla Manaure y a las rocas que afloran entre las fallas de La Media Luna y San José, cerca de El Rincón.

Los afloramientos al oriente de Manaure son descritos por Forero (1970), como una serie metamórfica, con filitas en la base, seguidas de cuarcitas y meta arcosas y filitas cuarzosas al tope. Las filitas son de color oscuro y se caracterizan por presentar altos porcentajes de clorita y sericita; las cuarcitas descansan sobre las filitas sin discordancia

aparente y corresponden a bancos potentes de cuarcita blanca y dura, en su base se encuentra un banco de arenisca ferruginosa, en las cuarcitas se presentan algunas interposiciones de bancos filíticos, las meta arcosas, corresponden a rocas débilmente metamorfoseadas, de grano muy grueso, en parte conglomeraticas, con alto contenido de feldespatos y fragmentos de rocas.



Fotografía 1: Afloramiento de Filita ubicado al oriente de Manaure. Fuente: El autor.

En la zona de estudio esta unidad hace parte de las estribaciones occidentales más bajas de la serranía del Perijá, conformando relieves de pendiente medias a altas. Sus mejores afloramientos se encuentran al oriente de Manaure en la vía que conduce de la población de Manaure con las veredas Canadá, San Antonio y el 5 y hacia el sector que corresponde con el cerro de las cruces. En la mayoría de sus afloramientos presenta un alto grado de meteorización observándose procesos de oxidación avanzados más que todo hacia el sector del cerro de las cruces.

9.2 Sedimentitas Pérmicas (P): El término “Calizas de Manaure”, fue utilizado por Trumpy (1945; 1949), Miller & Williams (1945) y Thompson & Miller (1949), para describir a los sedimentos Pérmicos que afloran al oriente de Manaure. Autores como Wokittel (1957), Radelli (1962) y Forero (1969; 1970), han contribuido al conocimiento del sistema Pérmico de la Serranía de Perijá.

Consiste en un conglomerado basal de espesor variable (2- 15 m), compuesto por cantos angulares y subredondeados de arenisca roja y caliza, en una matriz arenosa calcárea roja, supra yaciendo a los conglomerados se encuentran areniscas de grano fino color pardo oscuro, algo micáceas, estas areniscas presentan interposiciones ocasionales de shale e infrayacen a areniscas calcáreas de color gris oscuro, por encima de estas se encuentra un paquete de margas arenosas color gris oscuro, de 40 m de espesor y sobre estas yacen calizas silicificadas, muy duras y fosilíferas, las calizas y calizas silicificadas están interestratificadas ocasionalmente con areniscas amarillas y arcillolitas verdes. Forero, (1970).



Fotografía 2: Conglomerado con cantos angulares y subredondeados dentro de una matriz arenosa roja perteneciente a la “Sedimentitas Pérmicas” (P). Fuente: El autor.

Por asociaciones faunísticas, diversos autores asignan para estos sedimentos una edad Pérmica. Miller & Williams (1945).

En la zona de estudio esta unidad se encuentra aflorando en la parte E de las metasedimentitas de Manaure, hace parte de las estribaciones occidentales de la serranía del Perijá, conformando relieves de pendiente medias a altas. Sus afloramientos se encuentran en la vía que conduce de la población de Manaure con la vereda Hondo del rio, donde se observó que presenta taludes muy inclinados y de elevadas altura como se muestra en la fotografía 2.



Fotografía 3: A) Conglomerado correspondiente a la Sedimentitas Pérmicas. B) Fragmento lítico de arenisca compacta de grano fino encontrado dentro del conglomerado correspondiente a la Sedimentitas Pérmicas.

Fuente: El autor.

Cretácico

9.3 Calizas y shales cretácicas indiferenciadas (Kcsi): Tschanz et al. (1969), mencionan que la unidad de “Calizas y shales cretácicas indiferenciadas”, es una caliza con un nivel de shale intermedio, que consiste de rocas equivalentes a la parte superior del Grupo Cogollo y a la Formación La Luna que incluye todas las rocas del Aptiano al Coniaciano medio. Estos

autores señalan además, que el Grupo Cogollo incluye a las Formaciones Lagunitas y Aguas Blancas, las cuales son unidades informales denominadas por geólogos del petróleo en el Área de Ranchería.

Tschanz et al. (op. cit.), en el área de los Valles de Cesar y Ranchería, dividieron la considerada por ellos secuencia cretácica miogeosinclinal en dos unidades cartografiables, basados en un cambio abrupto topográfico natural en el tope de las rocas equivalentes a la Formación La Luna. A la unidad inferior la llamaron “Calizas y shales cretácicas indiferenciadas” -K1-, y a la unidad superior -K2- Shale (Formación) Molino (Colón) (Umir). Para la unidad inferior (Kcsi) estos autores dan un espesor de 1800 a 2150 pies (550 a 655 m) en el Valle del Ranchería a cerca de 2300 pies (700 m) en el Valle del Cesar.

La unidad de “Calizas y shales cretácicas indiferenciadas” (Kcsi) de unos 1800 pies a 2300 pies de espesor (Tschanz et al. 1969), es decir, de unos 550 m a 700 m de espesor, está compuesta por calizas (mudstones, wackestones y packstones) -algunas terrígenas-, lodolitas calcáreas (generalmente fósiles), arenitas calcáreas, limolitas calcáreas, limolitas silíceas, arenitas feldespáticas y sublíticas, chert negro, lodolitas limosas a arenosas calcáreas, limolitas a arenitas de grano muy fino calcáreas, ocasionalmente arenitas cuarzosas; en general de colores gris, gris oscuro, crema, y de alteración amarillo y ocre, con abundantes fósiles o fragmentos fósiles de bivalvos, gasterópodos, amonitas, ostreidos, foraminíferos, etc., y con concreciones calcáreas que varían en diámetro desde unos centímetros hasta varios decímetros.



Fotografía 4: Calizas Cretácicas (Kcsi) aflorando al noroccidente del casco Urbano de Manauere. Fuente: El autor.

La unidad de “Calizas y shales cretácicas indiferenciadas” (Kcsi) es discordante sobre unidades litológicas del Cámbrico-Ordovícico (Metasedimentos del Cámbrico y Ordovícico), del Devónico-Carbonífero (“Rocas sedimentarias del Devónico y del Carbonífero de la Cuchilla de Carbonal”).

Esta unidad Kcsi se observó en contacto normal neto sobre la Formación Río Negro (Krn) del Cretácico basal. Sin embargo, como ya se había mencionado, este contacto de naturaleza aparentemente normal, podría corresponder en realidad a una paraconformidad, debido a la posible existencia de un hiato estratigráfico entre estas dos unidades. El contacto de la unidad de “Calizas y shales cretácicas indiferenciadas” (Kcsi) con la Formación Molino (Km), que se le superpone, es concordante.

Con base en el estudio de amonitas, tiene un rango de edad desde el Aptiano inferior hasta el Coniaciano y consiste en rocas equivalentes a la parte superior del Grupo Cogollo

(que a su vez se divide en las Formaciones Lagunitas y Aguas Blancas) y a la Formación La Luna (con sus respectivos miembros Laja y Manaure) (Tschanz et al. 1969).

Cuaternario

9.4 Depósitos Coluvio-aluviales: Depósitos de poco transporte con cantos heterométricos embebidos en matriz arenoarcillosa, con aportes aluviales y principalmente coluviales, su principal exponente es justamente el cono aluvio-coluvial si se quiere sobre el que se asienta la cabecera municipal de Manaure Balcón del Cesar, por supuesto reposa discordantemente sobre las demás unidades.



Fotografía 5: Depósitos Coluvio – Aluviales (Qcal) sobre la cual se asienta la cabecera Municipal de Manaure. Fuente: EL autor.

9.5 Depósitos de llanura aluvial: Corresponde a los depósitos típicamente aluviales que se localizan en la vega baja del río Manaure, desarrolla algunos niveles de terraza y ocupa casi toda la parte baja de la cuenca. Los clastos que conforma estos depósitos presentan variaciones litológicas muy diversas, rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias, llamado la

atención de frecuentes Skarn que dan cuenta de los procesos de metamorfismo que ha sufrido la cuenca alta.



Fotografía 6: Depósitos aluviales (Qal). Fuente: El autor.

9.6 CLASIFICACION DE MACIZO ROCOSO

Para evaluar cada una de las formaciones presentes en el área, se hace una clasificación de macizo rocoso; Basándose en la clasificación de macizos rocosos propuesta por Bieniwsky presentada en 1973 y modificada en 1989. El parámetro que define la clasificación es el denominado índice RMR (ROCK MASS RATING), que indica la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural a partir de los siguientes parámetros:

- 1.-Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.
- 2.-R.Q.D. Grado de fracturación del macizo rocoso.
- 3.-Espaciado de las discontinuidades.

4.-Condiciones de las discontinuidades, el cual consiste en considerar los siguientes parámetros:

- Abertura de las caras de la discontinuidad.
- Continuidad o persistencia de la discontinuidad.
- Rugosidad.
- Alteración de la discontinuidad.
- Relleno de las discontinuidades.

5.-Presencia del Agua, en un macizo rocoso, el agua tiene gran influencia sobre su comportamiento, la descripción utilizada para este criterio son: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

6.-Orientación de las discontinuidades.

Con base a estos parámetros se logra obtener una aproximación del comportamiento geotécnico de cada unidad de roca.

9.6.1 METASEDIMENTITAS CÁMBRICAS Y ORDOVÍICAS (EOMS)

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	Comp. Simple
		Compresión Simple	100 - 50
	Puntuación		7
2	RQD		25% - 50%
	Puntuación		6
3	Separación entre diaclasas		0,6 – 2m
	Puntuación		15
4	Estado de las Discontinuidades		
	Longitud		1 – 3m
	Puntuación		4
	Abertura		1 – 5mm

		Puntuación	1		
		Rugosidad	Ligeramente rugosa		
		Puntuación	3		
		Relleno	Ninguno		
		Puntuación	6		
		Alteración	Moderadamente alterada		
		Puntuación	3		
5	Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo		
		Relación: Presión de Agua/Tensión principal mayor	0		
		Estado General	Seco		
	Puntuación		15		
		Suma Total	60		
CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
PUNTUACIÓN	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Tabla 6: Clasificación de macizo rocoso “Metasedimentitas de Manaure” (Filita). Fuente: Elaborado por el Autor.

Con base a la tabla 6, el macizo rocoso presenta una calidad Media (clase III) con una puntuación de 60. El macizo estudiado se encuentra hacia el oriente de Manaure en el sector conocido como el cerro de las cruces.

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	Comp. Simple		
		Compresión Simple	>250		
		Puntuación	15		
2	RQD		25% - 50%		
	Puntuación		6		
3	Separación entre diaclasas		0,06 – 0,2m		
	Puntuación		8		
4	Estado de las Discontinuidades				
	Longitud		1 – 3m		
	Puntuación		4		
	Abertura		0,1 – 1,0mm		
	Puntuación		3		
	Rugosidad		Ligeramente rugosa		
	Puntuación		3		
	Relleno		Ninguno		
	Puntuación		6		
	Alteración		Ligeramente alterada		
Puntuación		5			
5	Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo		
		Relación: Presión de Agua/Tensión principal mayor	0		
		Estado General	Seco		
	Puntuación		15		
		Suma Total	65		
CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
PUNTUACIÓN	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Tabla 7: Clasificación de macizo rocoso “Metasedimentitas de Manaure” (Cuarcita). Fuente: Elaborado por el Autor.

Con base a la tabla 7, el macizo presenta una Calidad Buena (Clase II) con una puntuación de 65. Este macizo se encuentra hacia el sector del cerro de las cruces a unos 800 metros aproximadamente de la cabecera municipal de Manaure.

9.6.2 CALIZAS Y SHALES CRETÁICAS INDIFERENCIADAS (KCSI):

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	Comp. Simple
		Compresión Simple	250 - 100
		Puntuación	12
2	RQD		25% - 50%
	Puntuación		6
3	Separación entre diaclasas		0,06 – 0,2m
	Puntuación		8
4	Estado de las Discontinuidades		
	Longitud		>20m
	Puntuación		0
	Abertura		1 – 5mm
	Puntuación		1
	Rugosidad		Ligeramente rugosa
	Puntuación		3
	Relleno		Ninguno
	Puntuación		6
	Alteración		Ligeramente alterada
Puntuación		5	
5	Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo
		Relación: Presión de Agua/Tensión principal mayor	0
		Estado General	Seco
	Puntuación		15
		Suma Total	56

CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
PUNTUACIÓN	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Tabla 8: Clasificación de macizo rocoso “Calizas y shales cretácicas indiferenciadas” (Calizas). Fuente: Elaborado por el Autor.

Con base a la tabla 8, el Macizo rocoso presenta una calidad media (clase III) con una puntuación de 56. El macizo rocoso clasificado se encuentra ubicado en la margen derecha de la vía que conduce de Manaure a la Paz.

9.7 MAPA GEOLOGICO

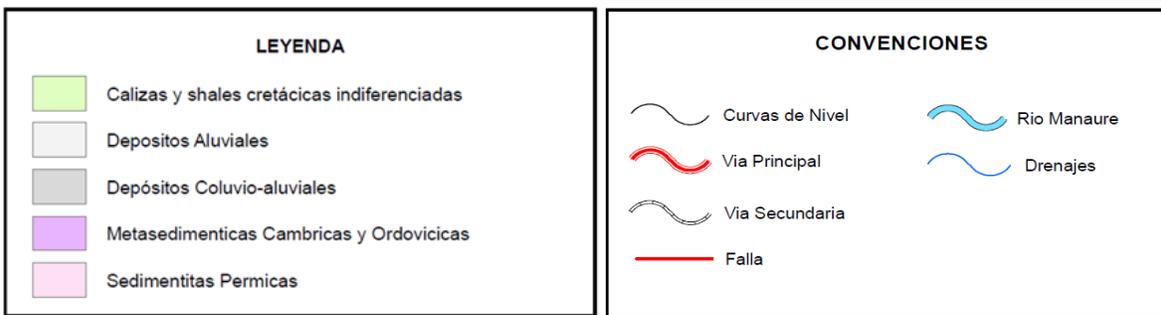
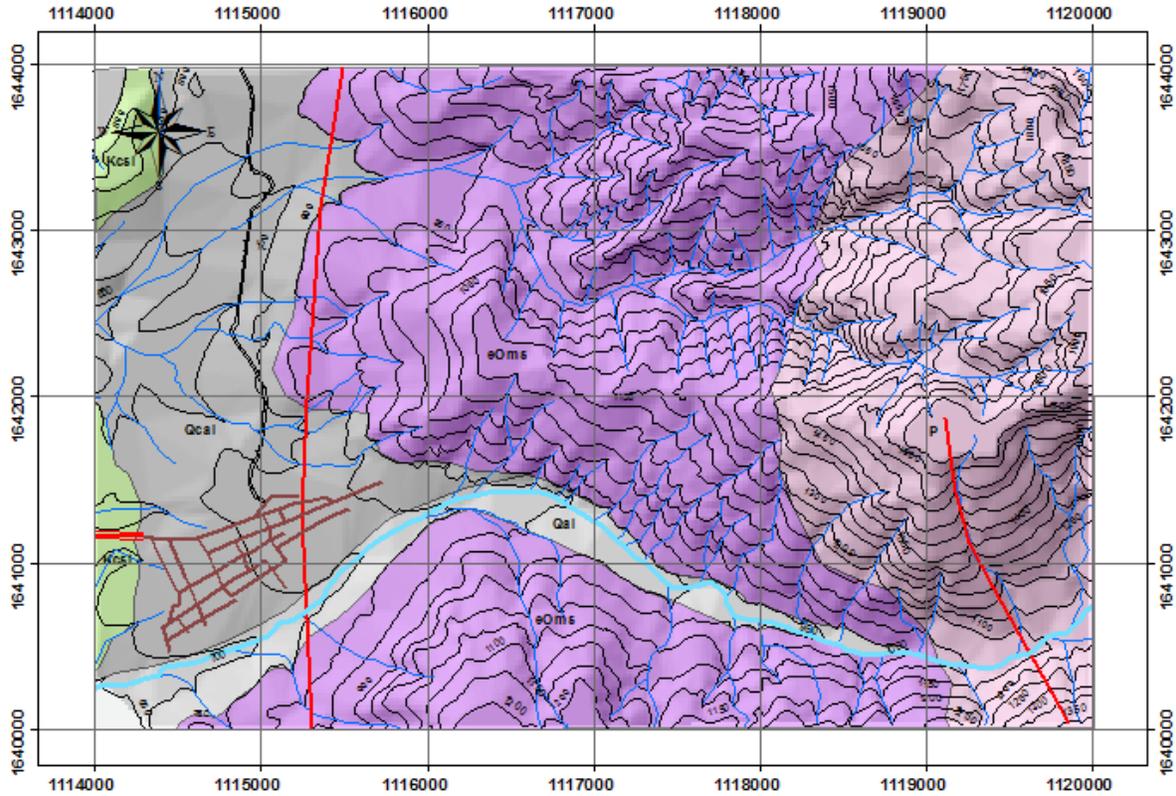


Ilustración 1: Mapa geológico 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

10. GEOMORFOLOGIA

10.1 PENDIENTE

Para la elaboración del mapa de pendiente se realizó un modelo de elevación digital en ArcGIS, el mapa obtenido se pasó a formato RASTER, donde se tomó como base las descripciones y rangos estandarizados adoptados por la FAO y el INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZI (IGAC) para llevar a cabo la reclasificación de los rangos de pendientes. En la [tabla 9](#) se describe cada uno de los rangos tomados para la construcción del mapa, especificándose los valores en porcentajes agrupados, el símbolo, las descripciones, los procesos y condiciones que caracterizan los terrenos.

PENDIENTE	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	PROCESOS CARACTERISTICOS Y CONDICIONES DEL TERRENO
0-3 %	a	A nivel / casi a nivel	Denudación no apreciable; por su condición transitable y laborable, es objeto de uso agrícola, solamente se dificulta su uso bajo condiciones secas.
3-7 %	b	Ligeramente inclinada / Ligeramente ondulada	Aunque escasos en las áreas con reemplazos forestales existen movimientos en masa de diferentes clases y baja velocidad, especialmente solifluxión y erosión

			laminar y surcos.
7-12 %	c	Moderadamente Inclinada / Moderadamente ondulada / Ligeramente quebrada	Condiciones similares al rango anterior con aumento de la concentración hídrica por efectos de la mayor pendiente.
12-25 %	d	Fuertemente inclinada / Fuertemente ondulada / Moderadamente quebrada	Movimientos en masa de todo tipo, especialmente solifluxión, reptación erosión en surcos, ocasionalmente deslizamientos. Ante cambios en el uso del suelo existen peligros de erosión del suelo y deslizamientos.
25-50 %	e	Fuertemente quebrada / Ligeramente escarpada	Procesos denudacionales intensivos de diferentes clases zonas con reemplazos forestales evidencias claras de erosión del suelo.
50-75 %	f	Moderadamente escarpada	Desprendimiento de rocas, coluviación.
75-100 %	g	Fuertemente escarpada (Incluye escarpes sub verticales y verticales)	Caída de rocas, por efectos de tectonismo y bioclastia.

Tabla 9: Descripción de pendientes; tomada del proyecto *ELABORACION DEL MAPA DE RIESGO POR EVENTOS GEOTECNICOS EN LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DE LA CORRIENTE HIDROGRAFICA DEL RIO GUATAPURI. 2010.*

10.2 MAPA DE ELEVACION DIGITAL

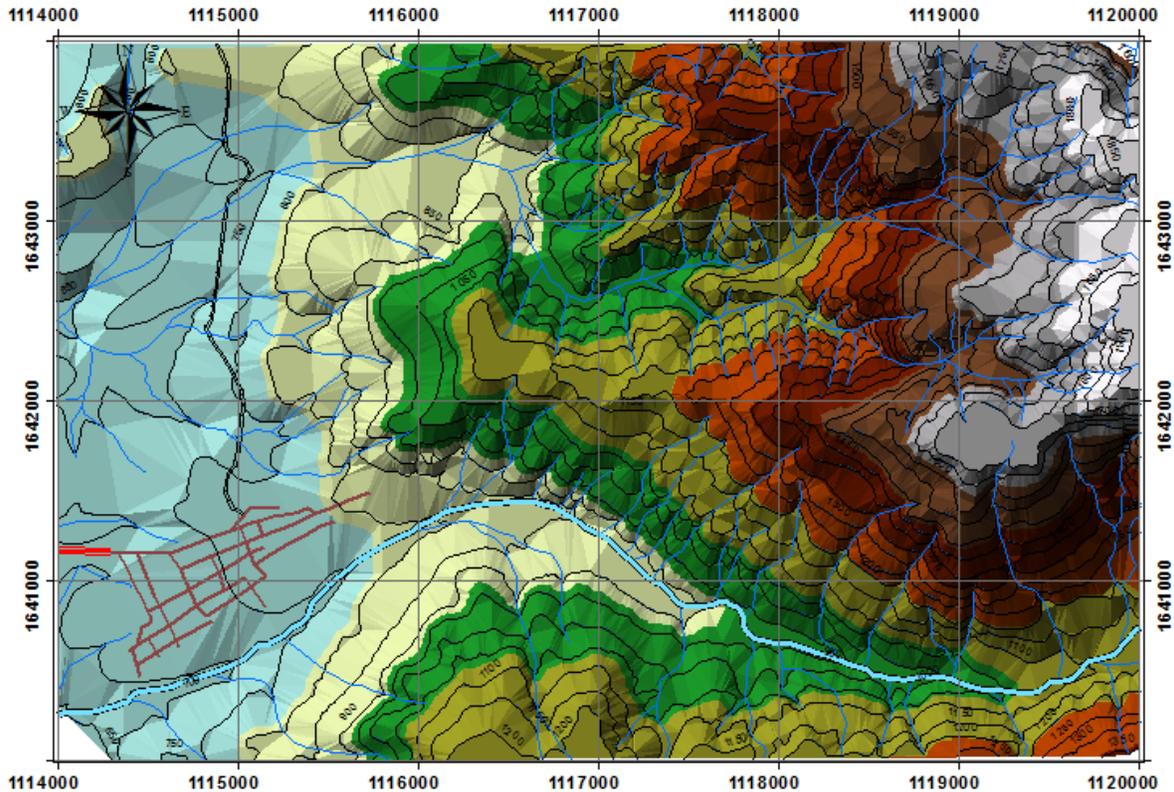


Ilustración 2: Modelo de elevación digital del terreno (DEM), 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

10.3 MAPA DE PENDIENTES

Como resultado de la digitalización de la parte inferior derecha de la plancha topográfica 27IVD a escala 1:25000, la implementación de los rangos de pendientes antes descritos y la fotointerpretación del área, se obtuvo el mapa de pendiente de la zona que representa la distribución espacial de estas expresiones morfológicas Ilustración 3.

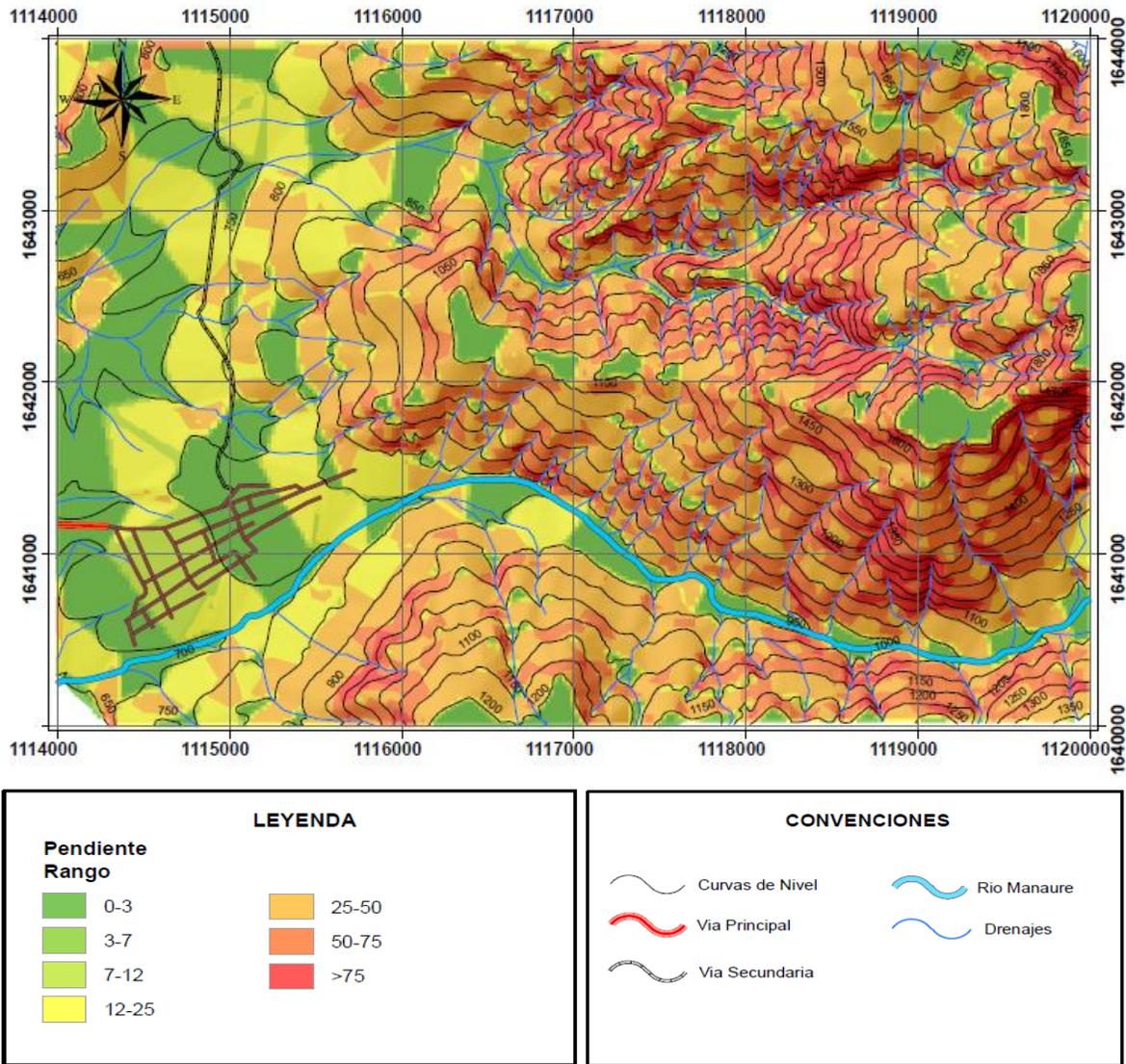


Ilustración 3: Mapa de pendiente, 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

10.4 PAISAJE FLUVIO DENUDACIONAL

Se manifiesta con procesos erosivos gravitacionales e hídricos o una combinación de los dos, productos de los procesos exógenos. Bajo condiciones climáticas secas, estos procesos generan fenómenos de erosión laminar, surcos y cárcavas. Por otra parte bajo condiciones climáticas húmedas se ve mucho más favorecidos los fenómenos de meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios.

10.4.1 LADERAS DENUDACIONALES EN METASEDIMENTITAS

Este paisaje se encuentra hacia la parte oriental del área, presentando suelos con perfiles de oxidación. Estos suelos alterados han generados pequeños deslizamientos poniendo en manifiesto la alta susceptibilidad de esta unidad a los fenómenos de remoción en masa.

10.4.2 VERTIENTES FLUVIOEROSIANLES

Se caracteriza por presentar laderas largas y muy altas con inclinaciones muy abruptas de materiales con sustratos muy débiles, lo cual explica los horizontes de meteorización profundos. Dentro del área de estudio esta unidad presenta poca consolidación que junto con las características anteriores demuestran la susceptibilidad de generar movimientos en masa con volúmenes de material alto.

10.5 PAISAJE FLUVIAL

Dominado por la acción de corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. Debido al transporte líquido y sólido de los ríos, se generan geoformas producto de los procesos erosivos y de la acumulación del material; dentro de las cuales se destacan Abanicos de piedemonte, las Vegas aluviales de divagación, los Albardones (o

dique aluvial), las Llanuras aluviales de inundación, las Terrazas aluviales, los Conos torrenciales y las Ciénagas fluviales.

10.5.1 CONO ALUVIAL

Esta geoforma está compuesta por materiales transportados por el río Manaure, que luego de venir encañonado, por el cambio de pendiente deposita los materiales debido a la pérdida de su gradiente hidráulico generando una geoforma en forma de cono compuestas por pendientes bajas. Sobre esta geoforma se asienta la cabecera municipal de Manaure balcón del Cesar.

10.5.2 VALLECITO ALUVIAL

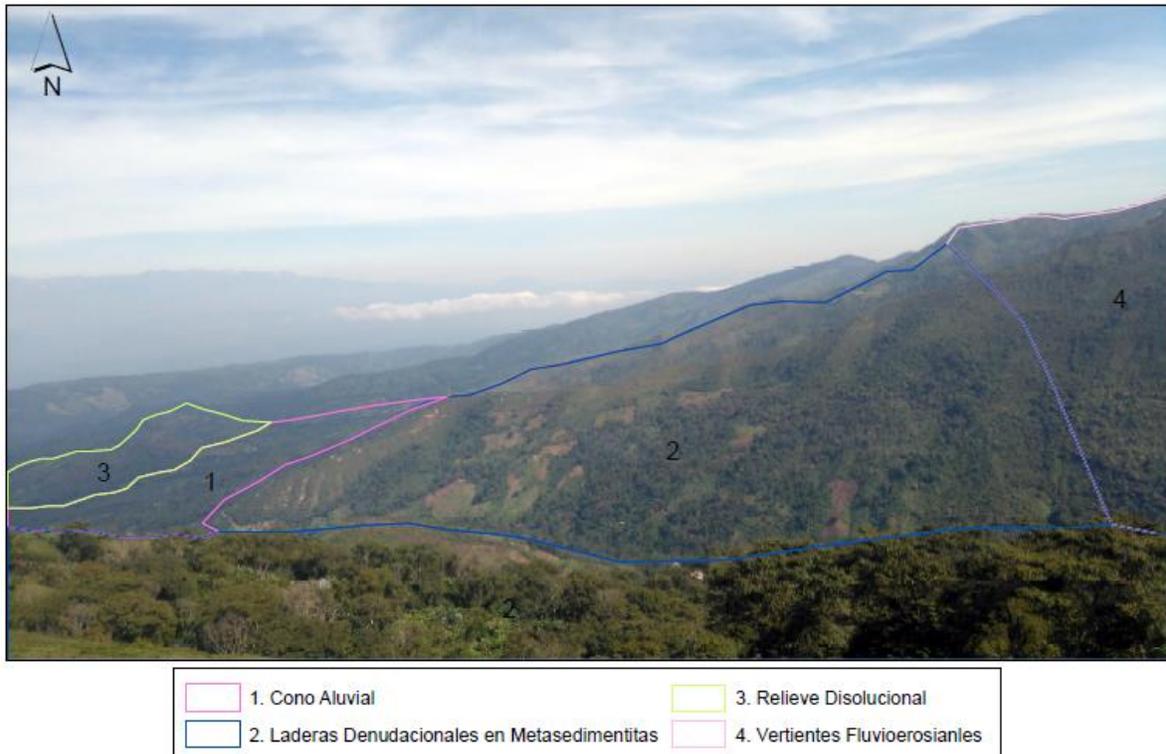
Esta geoforma está compuesta por materiales no consolidados o de poca consolidación, que han sido transportados y depositados por el río, generando una serie de pequeñas terrazas, sobrevega, cono o llanuras de inundación. En la zona de estudio esta geoforma se presenta por todo el trayecto del río Manaure donde es posible observar numerosas terrazas de poca altura.

10.6 PAISAJE DISOLUCIONAL

Principalmente está controlado por procesos de disolución de rocas carbonatadas. El grado de desarrollo cárstico varía en función del tipo de roca, su espesor, plegamiento y la disponibilidad de agua. Dentro de las geoformas que más comúnmente se presentan en este paisaje son las dolinas, los valles carsticos y los sistemas de drenajes internos con la formaciones de cavernas no apreciables en la superficie.

10.6.1 RELIEVE DISOLUSIONAL

En el área de estudio estos procesos son pocos notorios en superficie, en algunos afloramientos de roca (Calizas), se logró identificar pequeños procesos de disolución dentro de la roca, formando pequeños sistemas de drenajes internos. Por información de algunos lugareños se logró obtener las existencias de algunas cavernas pequeñas dentro del área de estudio.



Fotografía 7: Unidades geomorfológicas identificadas en el área de Estudio. Fuente: Tomada por el autor.

10.7 MAPA GEOMORFOLOGICO

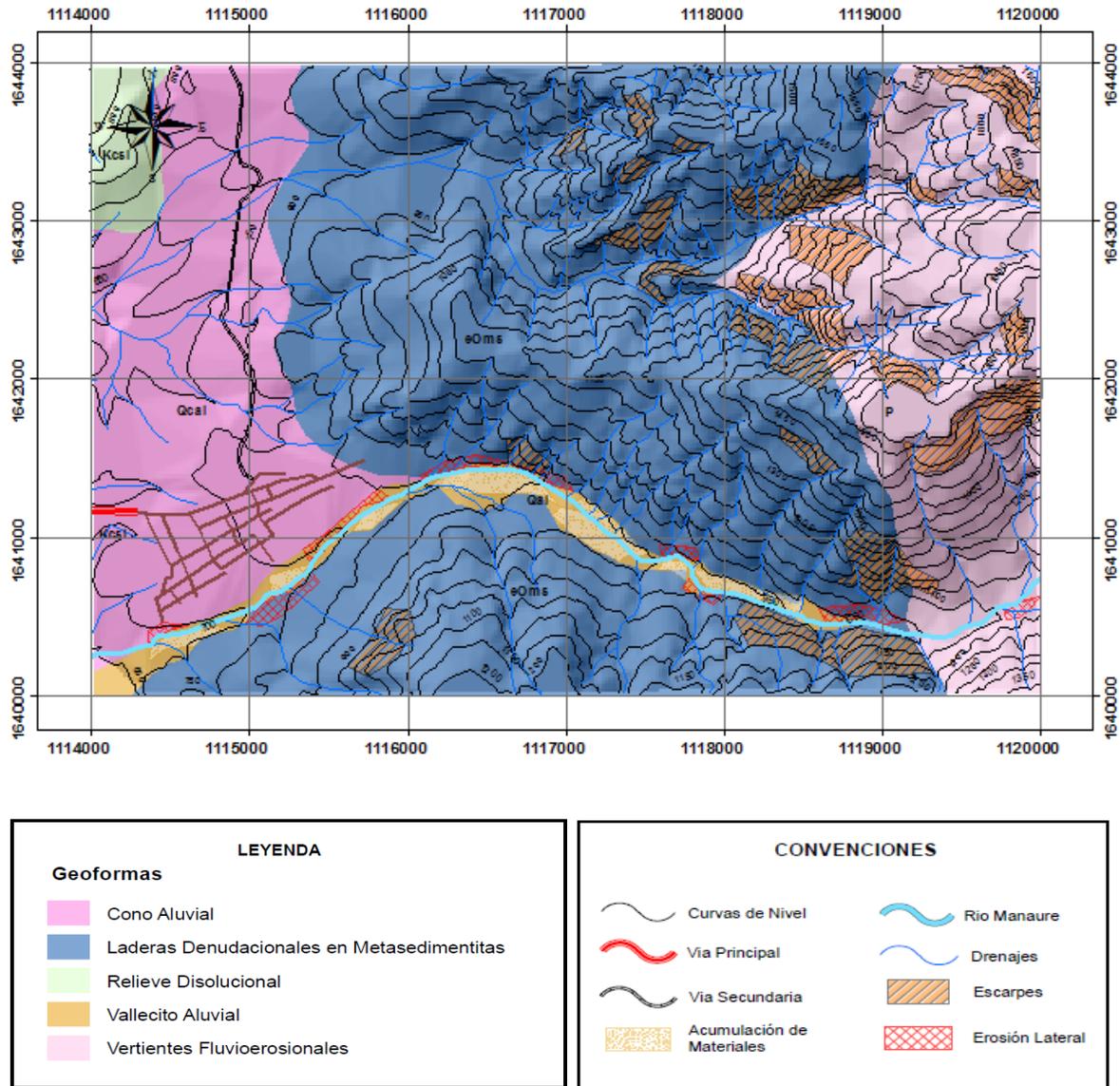


Ilustración 4: Mapa Geomorfológico, 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

11. COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

Con el tiempo se ha demostrado el efecto positivo que la vegetación trae consigo para evitar la erosión de los suelos, las fallas superficiales y los deslizamientos. Esto demuestra el papel transcendental que esta cumple en la ocurrencia de los deslizamientos en una ladera.

La vegetación influye de manera considerable en la consistencia del suelo, debido al entramado mecánico que las raíces producen en él; de igual manera determina el contenido de agua en la superficie. Dentro de las funciones que esta ejerce sobre el suelo, se pueden mencionar el aumento en la capacidad de infiltración, El anclaje de los suelos superficiales a mantos más profundos, el aumento del peso sobre el talud, la interceptación del agua de las lluvias, la extracción de la humedad, la retención de las partículas del suelo, entre otras.

Por el contrario, si el suelo se encuentra sin cobertura vegetal se vuelve muy susceptible a la erosión (Desprendimiento del material, transporte y depositación del mismo). De igual manera la capacidad de absorción del agua es mucho menor aumentando de manera considerable la infiltración del agua al material que conforma la ladera o el talud, saturándolo mucho más rápido volviéndolo susceptible a deslizarse.

La vegetación con mayor densidad de follaje amortigua más eficientemente el golpe de la lluvia y disminuye la erosión. En hierbas y pastos la densidad y volumen del follaje actúan como un colchón protector contra los efectos erosivos del agua de escorrentía; tomada con base al proyecto (ELABORACIÓN DEL MAPA DE RIESGO POR EVENTOS GEOTECNICOS EN LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DE LA CORRIENTE HIDROGRAFICA DEL RIO GUATAPURI. OTERO Orlando, VIDES Ricardo, 2010).

Como conclusión de lo expuesto anteriormente, el efecto más importante que la vegetación ejerce sobre el suelo es la protección contra la erosión en todos los casos y tipos de esta. Teniendo en cuenta esto se puede definir un orden jerárquico con base al control de la erosión, obteniendo como resultado que donde hay árboles mucho más

grandes la erosión será mucho menor y a medida que la vegetación pierda tamaño y volumen la erosión será mucho más intensa.

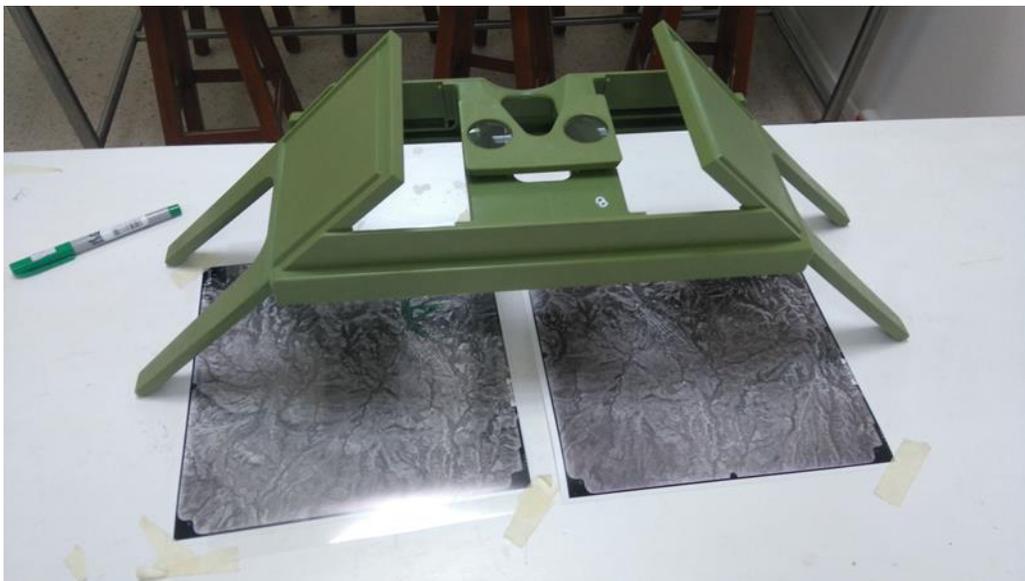
En la zona de estudio se identificaron cuatro tipos de cobertura vegetal que son:

- Bosques
- Rastrojos
- Pastos
- Suelos Desnudos

Se resalta que dentro del área de estudio se encuentran pequeñas zonas de cultivos de cacao y café, cuyas características de estas plantas la clasificamos como un tipo de cobertura vegetal de rastrojos.

11.1 IDENTIFICACION DE LA COBERTURA VEGETAL

Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal se procedió con la compra de fotografías aéreas de la zona de estudio, obtenidas por medio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Una vez obtenidas se procedió con la fotointerpretación de ellas que se llevó a cabo en el laboratorio de la Fundación Universitaria del Área Andina.



Fotografía 8: Ubicación adecuada de las fotografías aéreas. Fuente: El autor.



Fotografía 9: Observación de las fotografías aéreas. Fuente: El autor.



Fotografía 10: Proceso de fotointerpretación de las fotografías Aéreas. Fuente: El autor.

Como resultado de la fotointerpretación se identificaron las áreas con los distintos tipos de cobertura vegetal como se muestra en la Ilustración 10. Como se puede observar la mayor parte del área está formada por vegetación de pasto, seguido por bosques y rastrojos y en menor proporción por suelos desnudos y suelos urbanos.

11.2 DEFINICIÓN DE UNIDADES

Las siguientes definiciones de las unidades de cobertura vegetal se realizaron con base a las definiciones planteadas en el proyecto **EVALUACION DEL RIESGO GEOTECNICO EN LA CUENCA DEL RIO MANAURE, 2011**.

11.2.1 BOSQUES

Se define de esta forma la cobertura de vegetación arbórea, que presenta intervención, con una alta actividad clorofílica, este tipo de vegetación corresponde a las zonas Boscosas donde la vegetación es muy abundante y los arboles generalmente poseen tamaños superiores a los 8 metros. En la zona de estudio este tipo de vegetación es la segunda con mayor área ocupada.

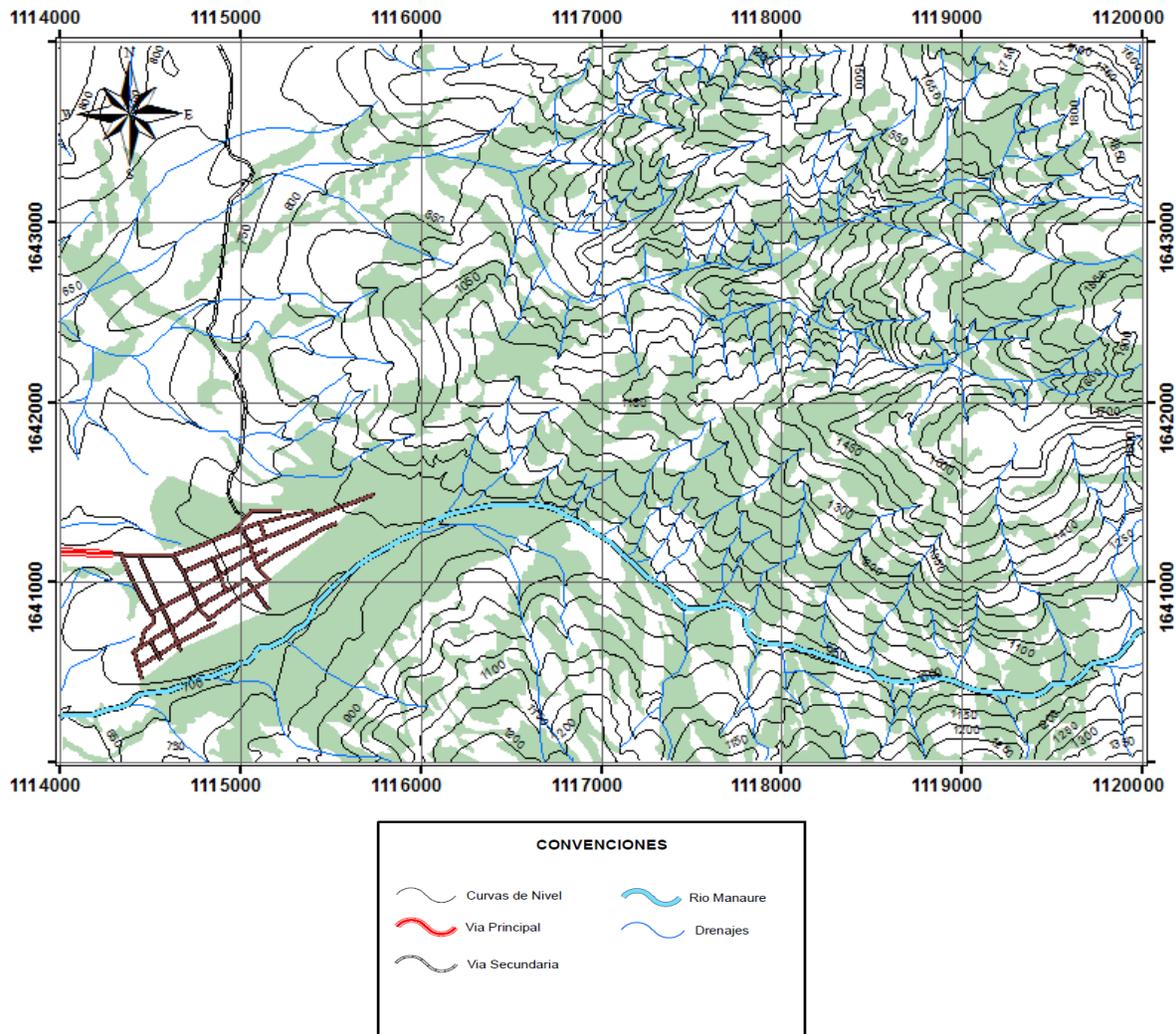


Ilustración 5: Mapa de Bosques, 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

11.2.2 RASTROJOS

Las áreas con arbustales o herbazales leñosos que se registran espectralmente con más actividad clorofílica que el pasto pero menos que los bosques se clasificaron como rastrojo.

En la zona de estudio los rastrojos son el tercer tipo de vegetación con mayor área ocupada. Es de importancia resaltar que dentro de esta unidad se incluye también como se había mencionado antes, los cultivos de Café y Cacao.

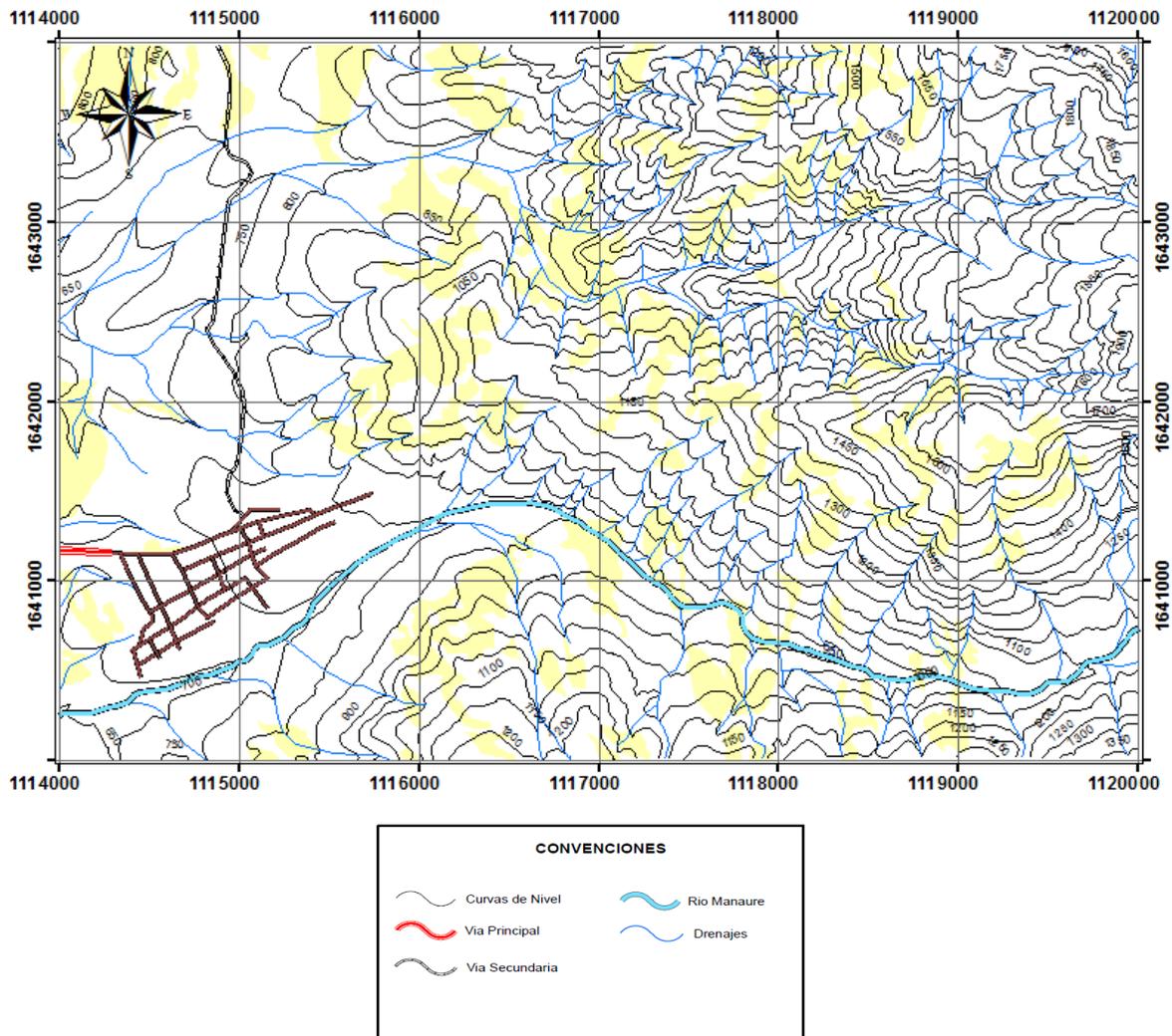


Ilustración 6: Mapa de Rastrojos 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

11.2.3 PASTOS

Las marcas espectrales para los polígonos de pastos, herbazales o terrenos en descanso empleados normalmente en ganadería extensiva, es importante resaltar que dentro de esta unidad se incluyen algunos tipos de herbazales, Dentro de la zona de estudio esta es la categoría más ampliamente difundida sobre el área.

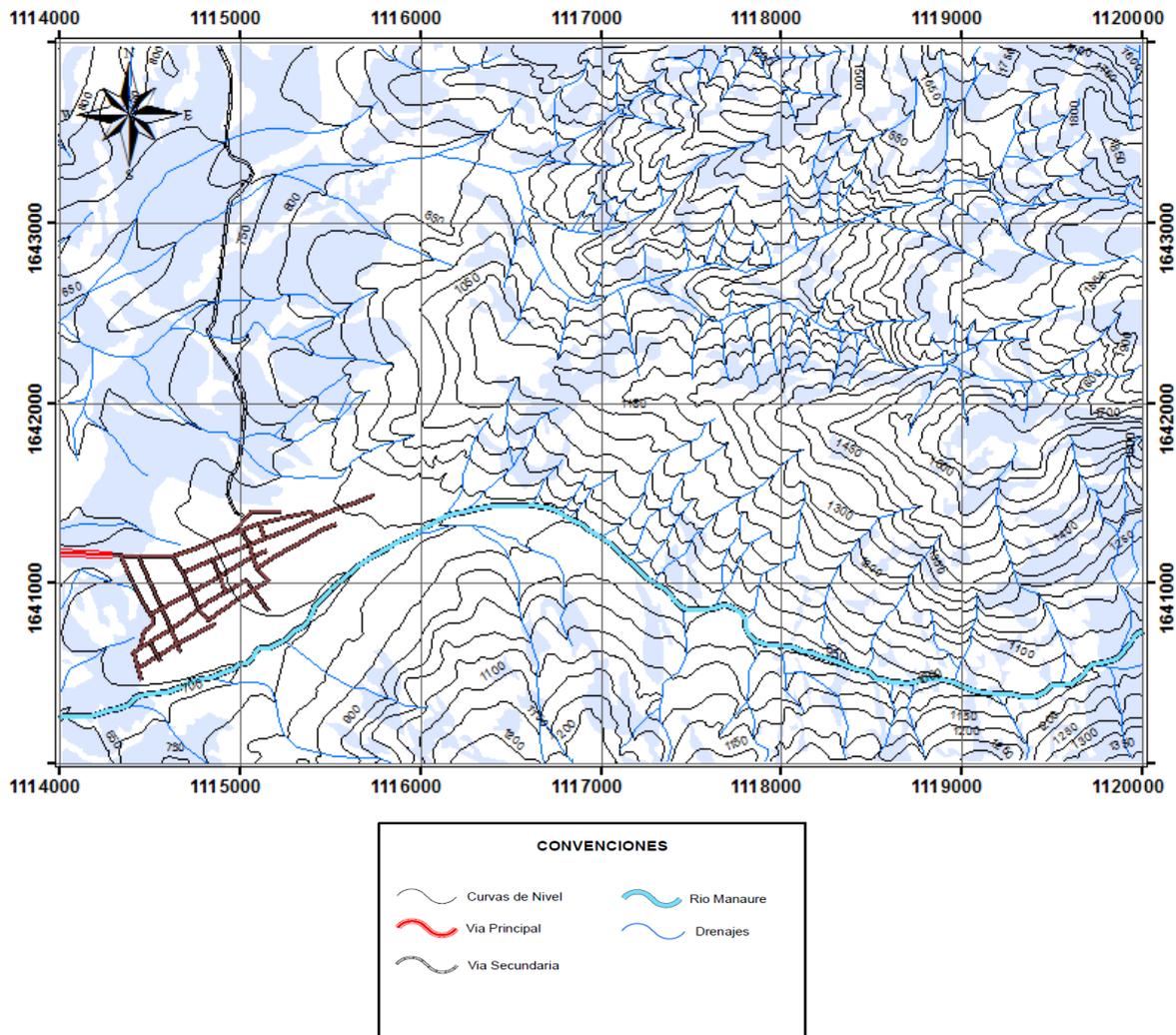


Ilustración 7: Mapa de Pastos 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

11.2.4 SUELOS DESNUDOS

Dentro de esta unidad se encuentran los suelos desnudos o suelos sin ninguna clase de vegetación en la superficie, es decir que no poseen ningún tipo de actividad clorofílica ya sea por preparación del terreno o por fenómenos de erosión laminar o en masa que han dejado la superficie libre de vegetación. Dentro de la zona de estudio, esta categoría es una de las de menor área ocupa y es la de mayor incidencia negativa en la estabilidad de los suelos.

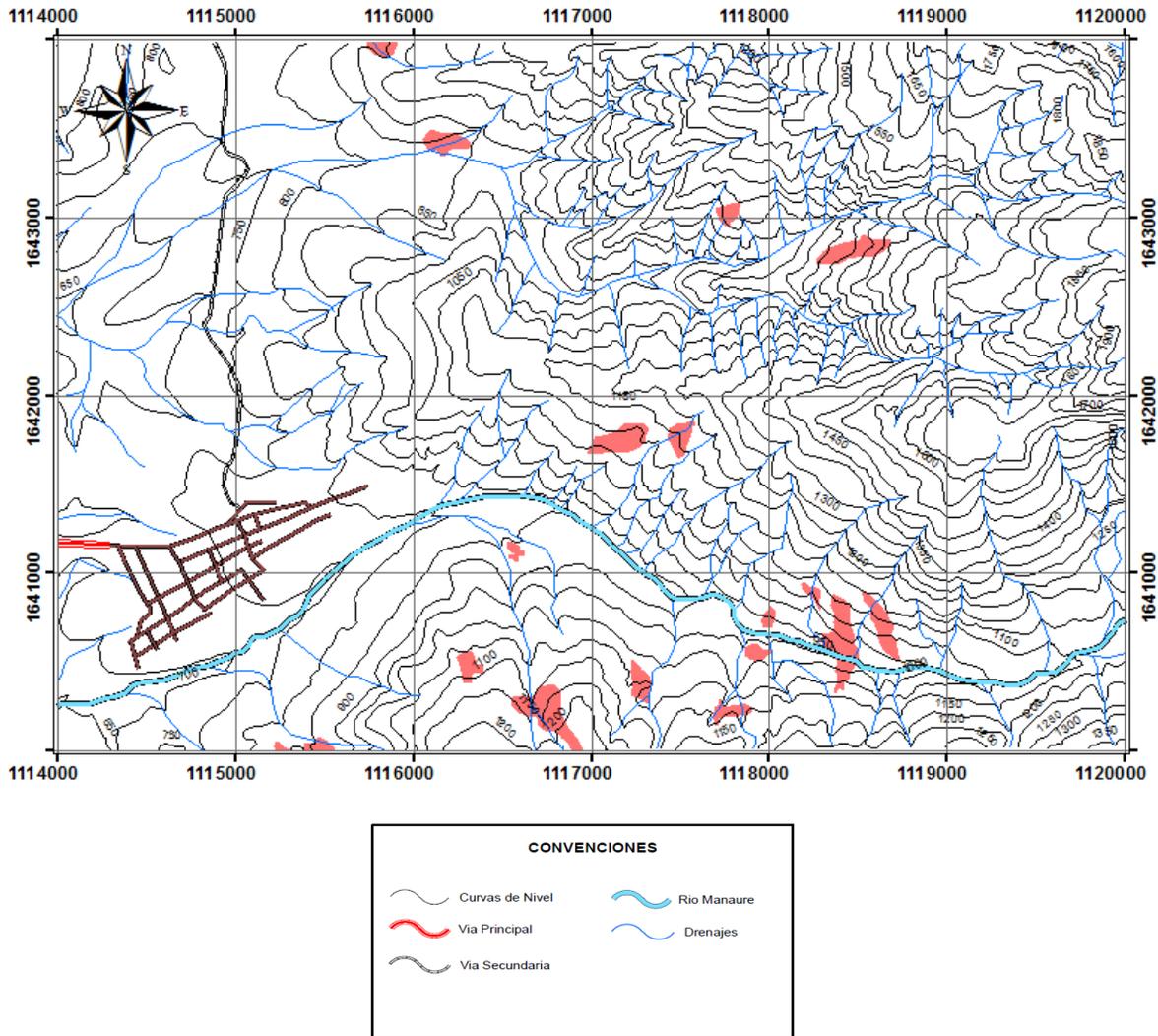


Ilustración 8: Mapa de Suelos Desnudos 1:25:000. Fuente: Elaborado por el Autor.

11.2.5 URBANO

Esta unidad corresponde al área limitada por el perímetro urbano que conforma el municipio de Manaure Balcón del Cesar. Este tipo de cobertura es menos susceptible que los pastos y suelos desnudos a los deslizamientos.

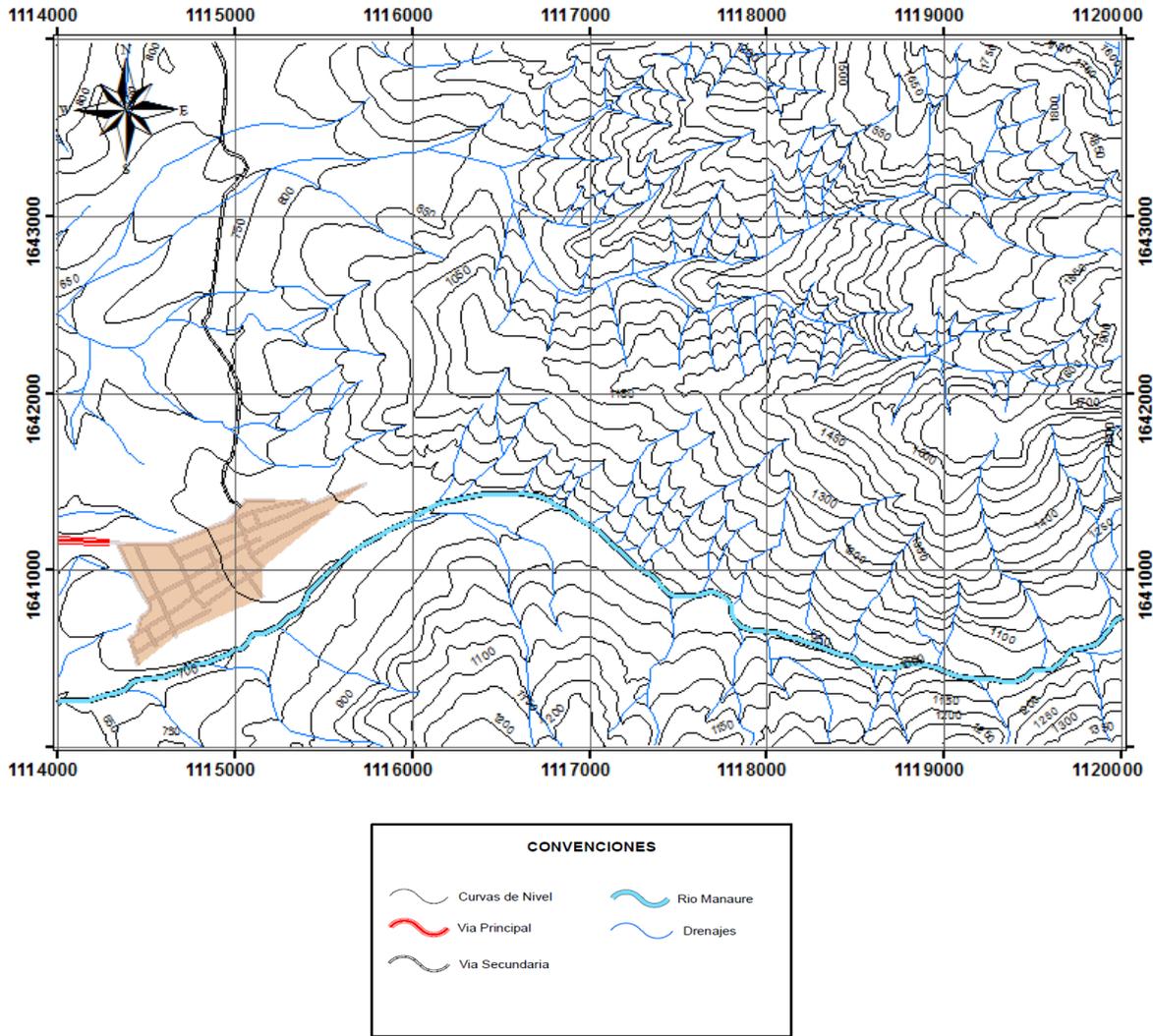


Ilustración 9: Mapa Urbano 1:25:000. Fuente: Elaborado por el Autor.



Figura 15: A) Áreas cubiertas por Bosques. B) Rastrojos en la zona de estudio. C) Pastos. D) Suelos desnudos dentro del área de estudio. Fuente: Tomadas por el autor.

11.3 MAPA DE COBERTURA SUELO

Luego de definir los diferentes tipos de vegetación que se encontraron en la zona de estudio, se obtiene el mapa general de cobertura vegetal y uso del suelo por medio de la unión de las aéreas de cada cobertura.

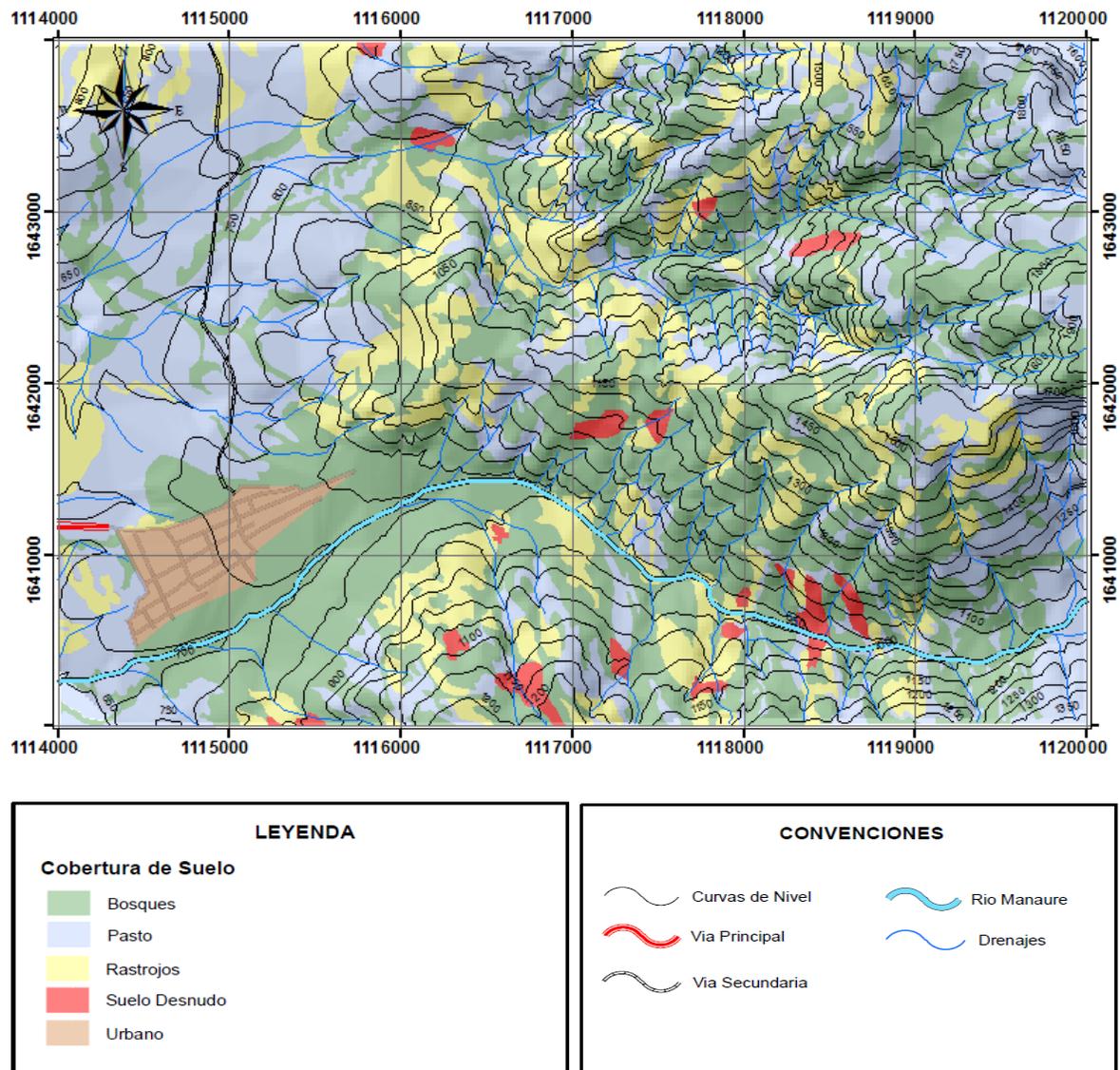


Ilustración 10: Mapa de cobertura y uso de suelo, 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

12 GEOTECNIA

Los suelos cumplen un papel muy importante en la obtención de los niveles de amenaza por procesos de remoción en masa; a continuación se presentan estudios aplicados a suelos presentes dentro del área de estudio analizándose así sus características y comportamiento, de igual manera se clasifican según la USCS y AASHTO.

12.1 TOMA DE MUESTRAS

Los puntos de la extracción de muestras se definieron con base a los lugares donde se apreciaron deslizamientos al momento que se realizaba la cartografía geológica. Con base a esto se tomaron 3 muestras de suelos.

La muestra número 1 se obtuvo del sector conocido como el cerro de las cruces, en esta zona ocurren constantemente pequeños deslizamientos de suelos y rocas sin mayores consecuencias hasta el momento. *Fotografía 11.*



Fotografía 11: Deslizamiento de detritos ubicado dentro de la zona de extracción de la muestra 1.

La muestra número 2 fue extraída en la margen izquierda de la vía que conduce de la cabecera municipal del casco Urbano de Manaure con la vereda Hondo del Rio. Esta zona fue escogida por presentar taludes muy abruptos *fotografía 11*, conformado por materiales pocos consolidados, lo cual lo convierte en una zona muy favorable a generar deslizamientos de suelos con gran potencial de afectar la vía.



Fotografía 12: Zona de la extracción de la muestra 2. Fuente: El autor.

La muestra número 3 se obtuvo de la margen izquierda de la vía que conduce de la cabecera municipal del casco Urbano de Manaure con el municipio de la Paz. En esta Zona no se apreció fenómenos de remoción en masa, Pero se decidió extraer una muestra de suelo para obtener información sobre el tipo de suelo que compone esta zona.

12.2 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

Para el proceso de extracción de muestras se procede con la siguiente serie de pasos con el fin de conservar la muestra de suelo en su estado natural.

- 1- Retiro de materia orgánica
- 2- Se excava alrededor de un metro y medio para obtener una muestra de suelo fresca.
- 3- Se moldea un cubo con dimensiones de alrededor de unos 30 cm X 30 cm X 30 cm.
- 4- Se extrae la muestra y se envuelve en papel película.
- 5- La muestra extraída se introduce en una caja para su posterior transporte.
- 6- Se procede a marcar la muestra con el punto de extracción.
- 7- Se finaliza con el guardado de la muestra en un lugar seguro donde se evite algún movimiento o golpe brusco para su movilización al laboratorio.



Fotografía 13: Extracción y transporte de la muestra de suelo. Fuente: El autor.

12.3 ENSAYOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Obtenidas las muestras de suelo, se procede con el transporte hacia el laboratorio ubicado en la sede de la Fundación Universitaria del Área Andina de Valledupar. En ella los suelos son sometidos a ensayos de granulometría y límites de Atterberg, para obtener su clasificación por medio del método de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el método del sistema unificado de clasificación.

MUESTRA #1

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 ½	0	0	100
2"	0	0	100
1 ½	84,2	2,2	97,8
1	265	6,9	90,9
3/4.	232,8	6,1	84,8
1/2.	401,1	10,5	74,3
3/8.	339	8,9	65,4
#4	663,1	17,4	48
#10	667,5	17,5	30,5
#40	717,8	18,8	11,7
#200	410,5	10,7	1
FONDO	32	0,8	0,2

Tabla 10: Calculo del Ensayo Granulométrico de la muestra 1. Fuente: Elaborado por el Autor

METODO USCS:

Con base a la *tabla 10* se concluye que:

- El % de suelo que pasa por el tamiz #200 no es mayor al 50%, por lo tanto es un suelo grueso.

- El % de suelo grueso que pasa por el tamiz #4 no supera el 50%, esto indica que se trata de una grava (G).
- Como el % de suelo que pasa por el tamiz #200 es inferior al 5%, se obtiene el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc). Si se cumple la condición de que el Cu sea mayor o igual a 4 pero menor a 6 y el Cc este entre 1 y 3, el suelo es una grava bien graduada (GW), si no se cumple entonces el suelo es una grava mal graduada (GP). El Cu no cumplió la condición (Cu=227), por lo tanto el suelo es una grava mal graduada, mezcla de arena y grava con poco finos o sin ellos (GP).

METODO AASHTO

- Con base a la tabla AASHTO se conoce que se trata de un suelo granular ya que menos del 35% pasa por el tamiz #200.
- Con el índice de plasticidad y limite liquido se obtiene que se trata de un suelo **A-2-6** gravas y arenas limosas y arcillosas, ya que el Limite liquido es menor a 40 y el índice de plasticidad mayor a 11.

MUESTRA #2

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2	0	0	100
2"	0	0	100
1 1/2	0	0	100
1	0	0	100
3/4.	0	0	100
1/2.	3,2	0,39	99,61
3/8.	2,8	0,35	99,26
#4	14,5	1,80	97,46
#10	60,2	7,46	90
#40	58,0	7,18	82,82
#200	112,9	13,98	68,84
FONDO	555,9	68,84	0

Tabla 11: Calculo del Ensayo Granulométrico de la muestra 2. Fuente: Elaborado por el Autor.

METODO USCS:

- El % de suelo que pasa por el tamiz #200 es mayor al 50%, por lo tanto es un suelo fino.
- Como se trata de un suelo fino se obtiene el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad para recurrir a la carta de plasticidad. En ella se observa si el punto se encuentra por encima o por debajo de la línea A.
- Como el punto se encuentra por encima de la línea A, se obtiene que es una Arcilla de baja plasticidad (CL).

METODO AASHTO:

- Con base a la tabla AASHTO se trata de un suelo fino ya que más del 35% pasa por el tamiz #200.
- Con el índice de plasticidad y límite líquido se obtiene que se trata de un suelo arcilloso **A-6**, ya que el Límite líquido es menor a 40 y el índice de plasticidad mayor a 11.

MUESTRA #3

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2 1/2	0	0	100
2"	171,8	5	95
1 1/2	0	0	95
1	330,8	9,6	85,4
3/4.	108,9	3,2	82,2
1/2.	290,1	8,4	73,8
3/8.	179,7	5,2	68,6
#4	464,2	13,5	55,1
#10	620,4	18	37,1
#40	748,7	21,8	15,3
#200	431,6	12,6	2,7
FONDO	87,3	2,5	0,2

Tabla 12: Calculo del ensayo granulométrico de la muestra 3. Fuente: Elaborado por el Autor

METODO USCS:

- El % de suelo que pasa por el tamiz #200 no es mayor al 50%, por lo tanto es un suelo grueso.
- El % de suelo grueso que pasa por el tamiz #4 supera el 50%, esto indica que se trata de una arena (S).

- Como el % de suelo que pasa por el tamiz #200 es inferior al 5%, se obtiene el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc). Si se cumple la condición de que el Cu sea mayor o igual a 6 y el Cc este entre 1 y 3, el suelo es una arena bien graduada (SW), si no se cumple entonces el suelo es una arena mal graduada (SP). El Cu y el Cc cumplen la condición (Cu=332 y Cc=1,50), por lo tanto el suelo es una Arena bien graduada, arena con grava con poco finos o sin ellos (SW).

METODO AASHTO

- Con base a la tabla AASHTO se conoce que se trata de un suelo granular ya que menos del 35% pasa por el tamiz #200.
- Con el índice de plasticidad y limite liquido se obtiene que se trata de un suelo **A-2-4** gravas y arenas limosas y arcillosas, ya que el Limite liquido es menor a 40 y el índice de plasticidad menor a 10.

12.3.1 RESUMEN DE RESULTADOS

MUESTRA #1			
SIMBOLO	COMPORTAMIENTO MECANICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	DENSIDAD OPTIMA
GP	Bueno a excelente	Excelente	1.76 - 2.08
MUESTRA #2			
SIMBOLO	COMPORTAMIENTO MECANICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	DENSIDAD OPTIMA
CL	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60 - 2.00
MUESTRA #3			
SIMBOLO	COMPORTAMIENTO MECANICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	DENSIDAD OPTIMA
SW	Bueno	Excelente	1.76 - 2.08

Tabla 13: Características de los suelos según la USCS. Anexo 3. Fuente: Elaborado por el autor.

Con Base a estos resultados se puede observar que las muestras número 1 (GP) y numero 3 (SW) presentan características muy similares, presentando un comportamiento mecánico de Bueno a excelente y una capacidad de drenaje alta, es decir que en estado compactado son permeables. Además presentan una resistencia al corte Buena (para el caso del suelo GP, muestra número 1) y excelente (para el caso del suelo SW, muestra número 3).

Para la muestra número 2 (CL), presenta un comportamiento mecánico de malo a aceptable y una capacidad de drenaje mala, es decir es un suelo casi impermeable. Su resistencia al corte en estado compacto es muy regular.

Con estas características se logró obtener información suficiente para llevar a cabo la ponderación y cuantificación del grado de influencia que ejercen los tipos de suelos en la zona de estudio.

13 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

Se entiende como amenaza el peligro latente de que un evento físico de origen natural, causado o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones o impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Guía Metodológica para la elaboración de planes Departamentales para la Gestión del riesgo).

Para evaluar la amenaza se debe tener en cuenta una serie de factores tanto internos como externos; Dentro de los factores internos, se hace referencia a aquellas características propias del medio físico del área como lo son:

- El grado de meteorización y alteración de las rocas o suelos.
- Las propiedades Geomecánica de los materiales.
- El grado de fracturamiento.
- Mineralogía y propiedades físicas de los materiales.

Dentro de los factores externos encontramos:

- Cortes de suelos o rocas.
- Vibraciones inducidas por el hombre como explosiones o por agentes externos como el impacto de meteoritos.
- Aumentos en el régimen hídrico.
- Sobrecargas en el terreno.

13.1 IDENTIFICACIÓN DE PARAMETROS EN EL ANALISIS DE AMENAZA

Para la zonificación de amenazas por procesos de remoción en masa, se tienen en cuenta unas series de parámetros que interactúan conjuntamente, con base a esta interacción, es posible o no la ocurrencia de Movimientos en masas ya que cada uno tiene una influencia

directa para la generación de estos fenómenos. Dentro de esos parámetros encontramos la Geología, geomorfología, climatología e hidrología, geotecnia, sismología, cobertura y uso de suelos. Con el estudio de la Geología lo que se pretende obtener básicamente es una caracterización de las unidades geológicas con el fin de definir la resistencia de los materiales frente a los procesos erosivos y de remoción en masa. Con la Geomorfología se busca una caracterización de las génesis de las geoformas presentes en el área con el fin de identificar y caracterizar los procesos morfodinámicos con base a los tipos de procesos erosivos que intervienen en el área. En la climatología e hidrología se pretende obtener una clasificación climatológica, a partir de la información obtenida de los histogramas de precipitaciones utilizadas para el análisis de las lluvias y definir los periodos en que estas se presentan dentro del área de estudio. Con la geotecnia se obtiene la clasificación y caracterización geomecánica de los suelos y rocas con el fin de determinar zonas con comportamientos geotécnicamente homogéneos. Por último con la cobertura y uso de suelos lo que se pretende es definir cada uno de los tipos de vegetación existente en el área de estudio, es decir, identificar cuáles zonas están cubiertas por Bosques, rastrojos, pastos y zonas desnudas (Sin vegetación).

Es de mucha importancia resaltar que no todos los parámetros son tomados con el mismo peso, debido a que unos son más influyentes que otros para generar o minimizar la ocurrencia de los fenómenos de remoción en masa. En ese orden los de mayor peso para la definición de la susceptibilidad de las áreas a que se presenten movimientos en masas son el geológico y el geomorfológico debido a que son parámetros propios de la zona y no pueden ser modificables por el hombre como es el caso de la cobertura vegetal.

13.2 PONDERACION DE LOS PARAMETROS

Luego de definir y analizar cada una de las variables influyentes en la generación de fenómenos de remoción en masa, se procede con la asignación de valores teniendo en cuenta el peso que cada una de ellas ejerce sobre la ocurrencia de estos fenómenos. Para la asignación de los valores existen una serie de métodos que nos permiten aplicar un conjunto

de procedimientos de manera ordenada para la obtención de resultados. Estos métodos son: El método Empírico, método estadístico, método determinístico y el método heurístico.

El método escogido para la obtención del objetivo general del proyecto y de los niveles de amenazas en la zona fue el método Heurístico, debido a que se consideró el más apropiado con base a las características del estudio; este método se fundamenta principalmente en el conocimiento del área de estudio por medio de revisiones de toda información existente y de levantamientos en el terreno. Con base a toda esta información recogida y obtenida durante todo el análisis se les asignan valores numéricos a cada una de las variables en los mapas para su posterior cruce, obteniendo resultados muy acordes con la realidad.

13.3 NIVELES DE AMENAZA

Para los Niveles de Amenaza se decidieron escoger 5 niveles, debido a que no existe un estándar Nacional y existen una amplia gama de Variables que van desde los niveles de amenaza muy baja a muy altas. Los Niveles de amenazas empleados para la clasificación en este estudio, se tomaron con base a la clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento de MORA-VAHRSON (MORA, R, ET AL., 1992), que definen cada nivel de la siguiente manera:

- **Nivel de amenaza muy alta:** Zonas donde la probabilidad de deslizamiento es muy alta en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Se deben realizar estudios de detalle y medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.
- **Nivel de amenaza alta:** Zonas donde la probabilidad de deslizamiento es muy alta en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Se deben realizar estudios de detalle y medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.
- **Nivel de amenaza media:** Zonas donde no se deben permitir la construcción de infraestructura si no se mejora la condición del sitio.

- **Nivel de amenaza baja:** Zonas estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en casos especiales. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de media a muy alta.
- **Nivel de amenaza muy baja:** Zonas estables, no se requieren medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de media a muy alta.

13.4 GENERACION DEL MAPA DE AMENAZA

La generación del mapa de amenaza se desarrolla en el programa arcGIS 10.1. El primer paso es asignarle la ponderación a cada una de las variables en los mapas. Esta ponderación se realiza con base a un rango numérico que va desde cero (0) a cinco (5), siendo cinco (5) el valor con mayor susceptibilidad y cero (0) con menor susceptibilidad a generar procesos de remoción en masa.

Los valores asignados por cada variable en los mapas son los siguientes:

1- MAPA GEOLOGICO

- Metasedimentitas Cámbricas y Ordovícicas (εOms) **3**
- Sedimentitas Pérmicas (P) **4**
- Calizas y shales cretácicas indiferenciadas (Kcsi) **1**
- Depósitos Coluvio-aluviales (Qcal) **2**
- Depósitos de llanura aluvial (Qal) **5**

2- MAPA DE PENDIENTES

- 0 a 3 % **1**
- 3 a 7 % **1**
- 7 a 12 % **2**
- 12 a 25 % **2**
- 25 a 50 % **3**
- 50 a 75 % **4**
- 75 a 100 % **5**

3- MAPA GEOMORFOLOGICO

- Laderas Denudacionales en Metasedimentitas **3**
- Vertientes Fluvioerosionales **4**
- Cono Aluvial **2**
- Vallecito Aluvial **5**
- Relieve Disolucional **1**

4- MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELOS

- Bosques **1**
- Rastrojos **3**
- Pastos **4**
- Suelos Desnudos **5**
- Urbano **2**

El segundo y último paso es la asignación de los pesos a cada uno de los mapas, que fueron asignados por conceptos propios del autor, tomando como base los porcentajes empleados en la Guía metodológica para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masas del IDEAM del año 2012. Estos pesos son en porcentajes distribuyendo el 100 % en cada uno de los mapas (Geología, Geomorfología, pendiente y cobertura y uso de suelo), teniendo en cuenta que los de mayor porcentajes serán los de Geología y geomorfología por ser variables propias del terreno que no pueden ser modificadas; en caso contrario con la cobertura de suelo que pese a ser una variable propia de la zona, puede llegar hacer modificada por la actividad antrópica.

Los porcentajes asignados para cada uno de los mapas son los siguientes:

- Mapa Geológico **30 %**
- Mapa de Pendiente **15 %**
- Mapa Geomorfológico **30 %**
- Mapa de Cobertura y Uso de Suelo **25 %**

13.5 MAPA DE AMENAZA

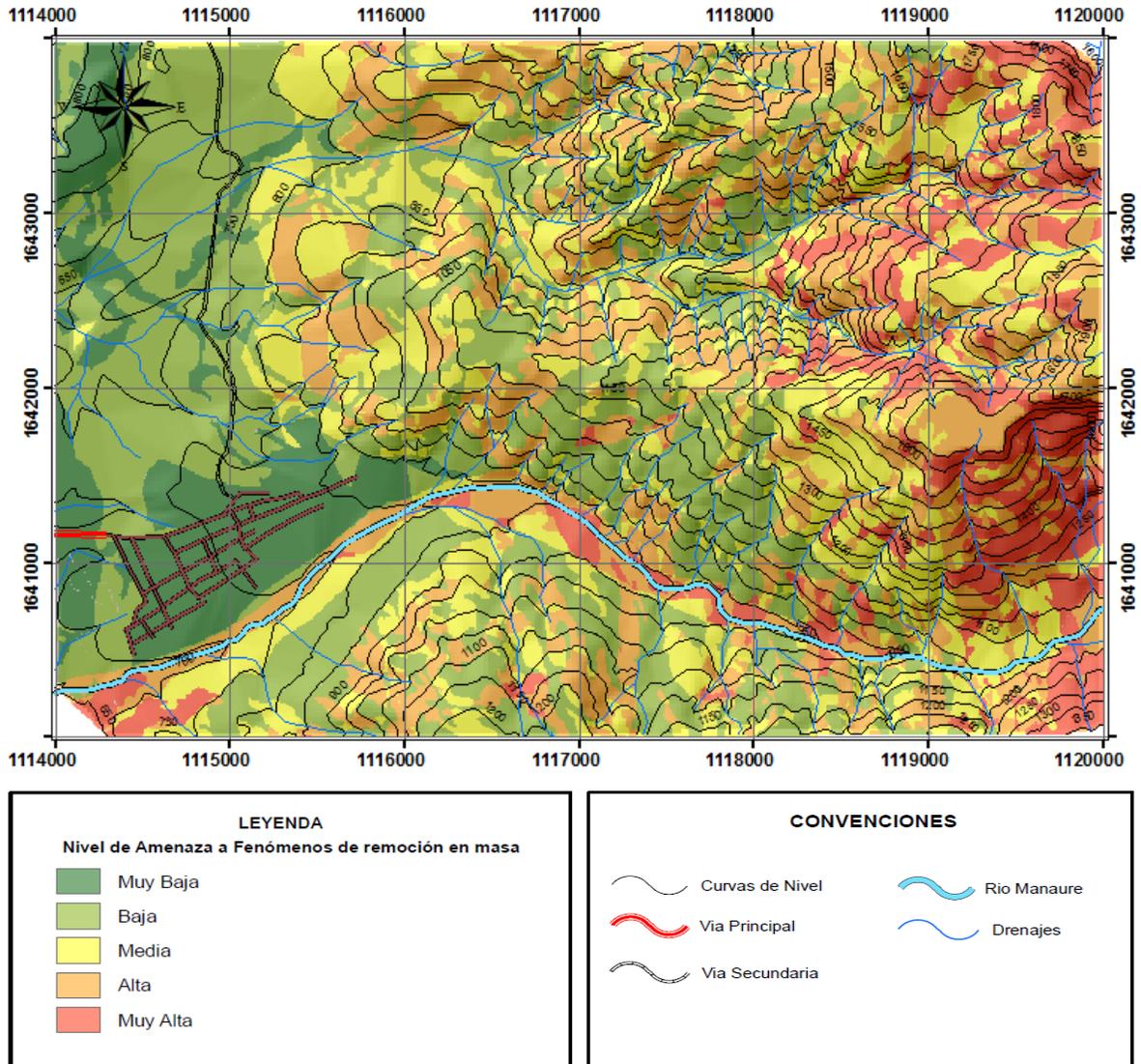


Ilustración 11: Mapa de Amenaza de movimientos en masas, 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

13.6 ANALISIS DEL MAPA DE AMENAZA DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.

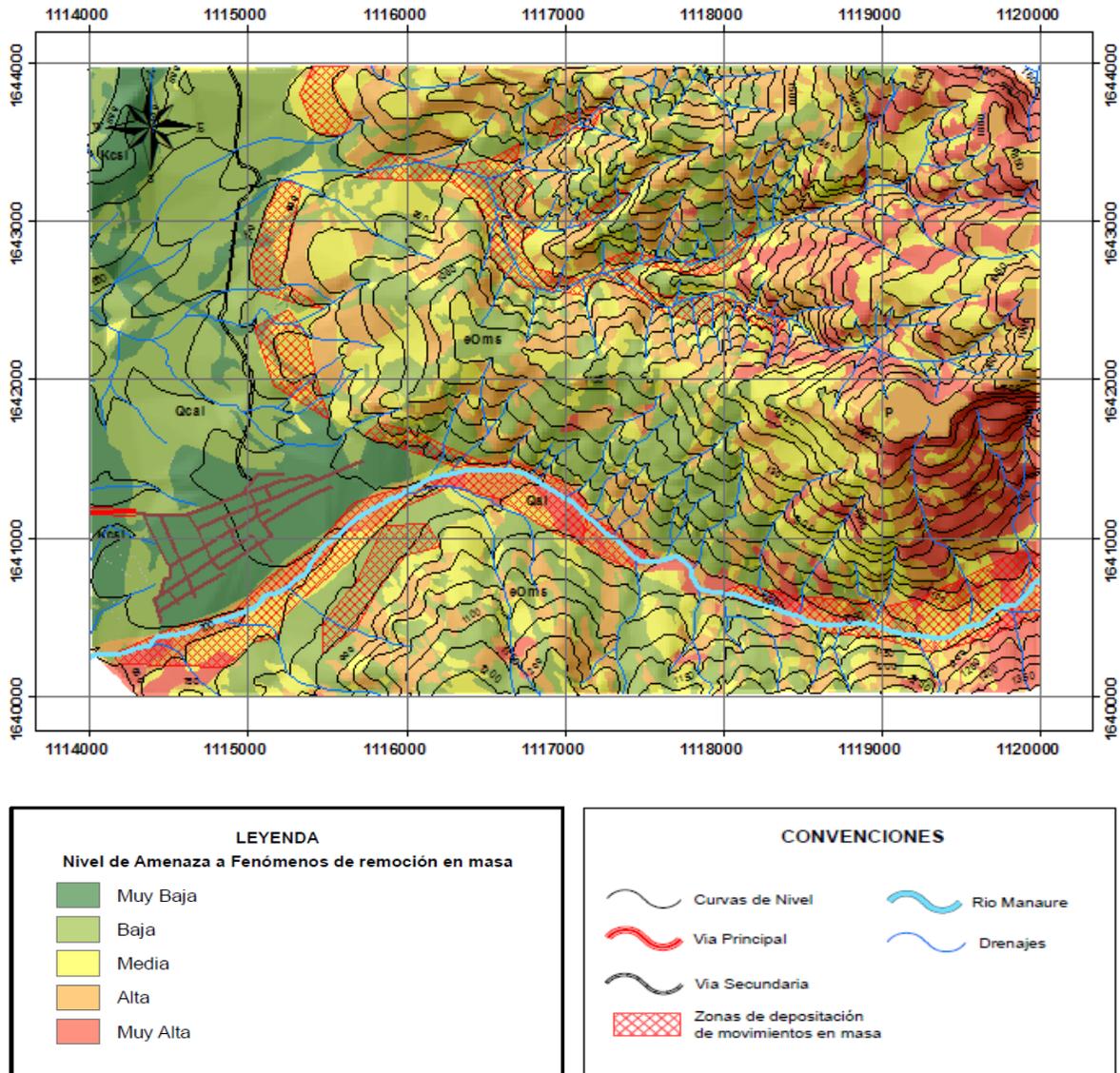


Ilustración 12: Análisis del Mapa de Amenaza de movimientos en masas, 1:25.000. Fuente: Elaborado por el Autor.

13.7 MODELO DE AMENAZA DE REOMOCION EN MASA 3D

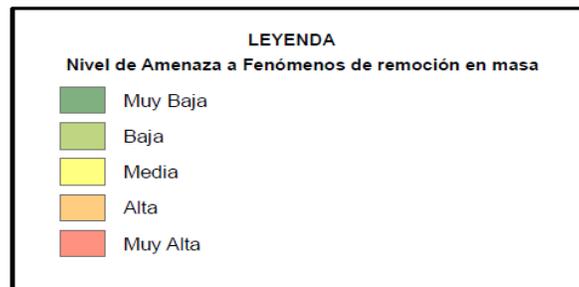
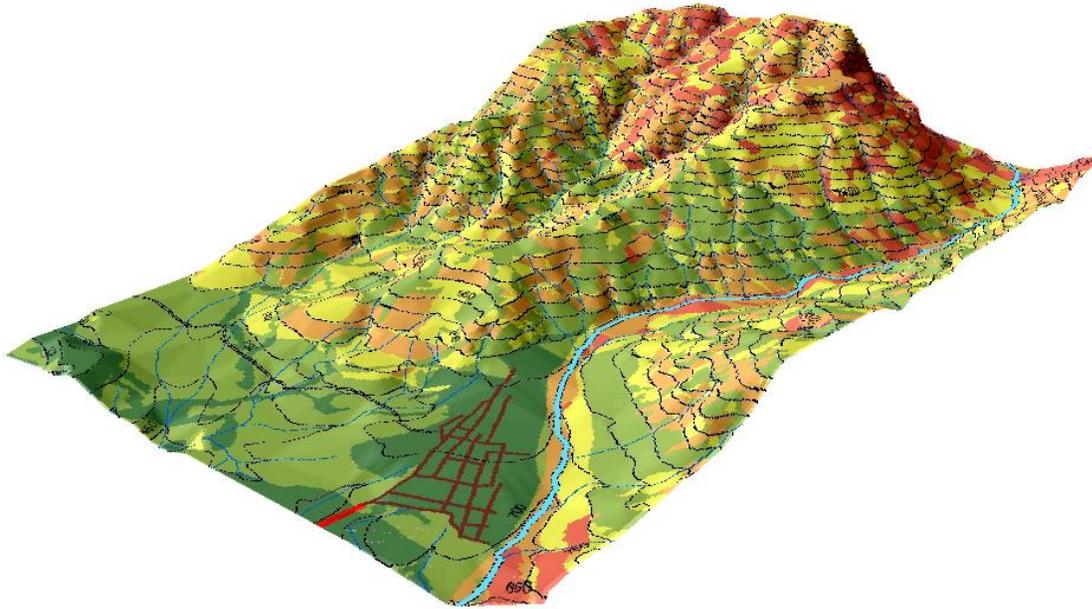


Ilustración 13: Modelo de amenaza por remoción en masa en 3D. Fuente: Elaborado por el autor.

CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Conocimiento de la metodología de trabajo de la Oficina Departamental de Gestión del Riesgo.	■	■	■	■								
Asignación del proyecto y de las actividades a realizar dentro de la oficina (ODGDR).				■	■	■	■					
Búsqueda y selección de información bibliográfica acordes con el proyecto.						■	■	■				
Elaboración y entrega de la propuesta de grado a la Oficina y a la Universidad.							■	■	■	■	■	■
ACTIVIDADES	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Desarrollo del contenido de investigación de la propuesta de planteada.	■	■	■	■								
Salidas a Campo para la recolección de datos físicos.			■	■	■	■	■	■				
Salidas a Campo para la recolección de datos físicos y reuniones con el asesor temático.							■	■				
Análisis de datos obtenidos en las salidas de campo.								■	■	■	■	■
ACTIVIDADES	ENERO				FEBRERO				MARZO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Correcciones con base a los requerimientos del asesor temático.	■	■	■	■								
Elaboración de mapas y del informe final.			■	■	■	■	■	■				
Presentación del informe al asesor temático.							■	■	■	■		
Entrega final de la investigación.										■	■	■

Tabla 14: Cronograma de actividades. Fuente: Elaborado por el autor.

LOGROS ALCANZADOS

CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS	
OBJETIVOS PROPUESTOS	CUMPLIMIENTO (%)
Analizar los sistemas Hidrológicos y geomorfológicos presentes en el área.	100%
Identificar las zonas Vulnerables a fenómenos de remoción en masa del área.	100%
Elaborar el mapa de la zonificación de Amenazas por movimientos en masas a partir de mapas cartográficos de las variables influyentes en este fenómeno en el municipio de Manaure.	100%
Determinar las amenazas por procesos de remoción en masas en el casco urbano del municipio de Manaure.	100%

Tabla 15: Porcentaje de cumplimiento de los objetivos propuestos. Fuente: Elaborado por el autor.

CONCLUSIONES

- Las unidades de roca en la zona, conformada por las metasedimentitas Cámbricas y Ordovícicas y las sedimentitas pérmicas, presenta un grado de alteración y oxidación altas.
- La cobertura de vegetación de la zona en forma general es buena, ya que es una de variables que influyen en la reducción de la amenaza en determinadas áreas donde sus otras características se encuentran muy mal calificadas. Lo cual se vio reflejado en la obtención de amenazas un poco más bajo de lo que se esperaban obtener en los puntos más críticos.
- En la zona de estudio de manera general se pueden apreciar dos zonas muy marcadas con base a la amenaza. Una zona donde la amenaza es de baja a muy baja ubicada hacia el oeste del área, donde se asienta el casco Urbano de Manaure, y la otra zona donde la amenaza se encuentran en intervalos de Media a alta hacia la parte este donde comienza el pie de monte de la Serranía del Perijá.
- Para los periodos de lluvias se aprecia que son intensos, lo cual aumentaría mucho más las amenazas de procesos de remoción en masa más que todo para el segundo semestre del año entre los meses de octubre y septiembre.
- El área conformada por el casco Urbano de Manaure se encuentra en una zona segura con respecto a la generación de Movimientos en masas que puedan afectar a la comunidad.
- Con respecto a otro fenómeno natural como las avalanchas, el casco urbano del municipio de Manaure presenta una posición muy favorables a sufrir este tipo de fenómeno de origen Geológico, debido a que se encuentra sobre un cono donde el principal aporte de sus materiales es precisamente por agente fluvial, lo que indica que en el pasado esa zona estuvo influenciada por corrientes de agua.

RECOMENDACIONES

- Implementar una obra de mitigación, sobre la margen izquierda de la vía que conduce de la cabecera municipal de Manaure con la vereda Hondo el Rio, entre la altura del Kilómetro 3 a 4; ya que esta zona presenta una amenaza alta de presentar procesos de remoción en masa y se encuentran grandes taludes al borde de la vía, pudiéndose ver afectada en caso de esta, la comunicación entre la población de Manaure con las veredas ubicadas hacia la parte alta del Municipio.
- Realizar un control y monitoreo sobre las zonas donde los resultados de amenaza son medios, altos y muy altos, para evitar posibles obras de expansión urbana.
- Realizar actividades de conciencia a la comunidad sobre el cuidado de la vegetación, mostrando los perjuicios y beneficios que trae las actividades de deforestación o deterioro de la cobertura vegetal en base a los procesos de remoción en masa.
- Implementar un sistema de monitorio y de alertas tempranas hacia las partes más alta de la cuenca del rio Manaure, para prevenir o dar avisos a la comunidad para la evacuación de las zonas próximas al rio Manaure en caso de la materialización de una avalancha.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ARISTIZABAL, Edier; MARTINEZ, Hernán; VELEZ, Jaime. Una revisión sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias. Junio de 2010.
- BAÑON, Luis; BEVIA, Garcia; JOSE Francisco, Características de los suelos según uscs. Manual de carreteras. VOLUMEN II: CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO, 1999.
- BIENIAWSKI, 1989. Clasificación geomecánica RMR.
- CASTRO, Miriam. Aplicación del método de zonificación de mora-vahrson en la determinación de la susceptibilidad a deslizamientos. El caso del proyecto rn-01-a, ca-01 occidente km. 127- aldea pixabaj, Noviembre, 2013.
- CHINCHILLA, Rolando. Fundamentos sobre Deslizamientos.
- CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No. 19-6-0061-0-2010 SUSCRITO ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR “CORPOCESAR” Y LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA. Formulación del plan de ordenamiento y manejo ambiental de la subcuenta hidrográfica del río Manaure, municipio de Manaure, 2010.
- GIGA, Grupo de investigación en geología aplicada. Clasificaciones geomecanica de los macizos rocosos según: BIENIAWSKI, BARTON, HOEK Y BROWN, ROMANA. Universidad de los Andes, 2012.
- GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y CONSULTORÍA EN MEDIO AMBIENTE, HIDRÁULICA Y FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE. Evaluación del riesgo geotécnico en la cuenca del rio Manaure municipio de Manaure balcón del cesar departamento del cesar. Agosto, 2011.
- INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES-IDEAM. Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escalas 1:100000. Bogotá, D.C., Diciembre de 2013.

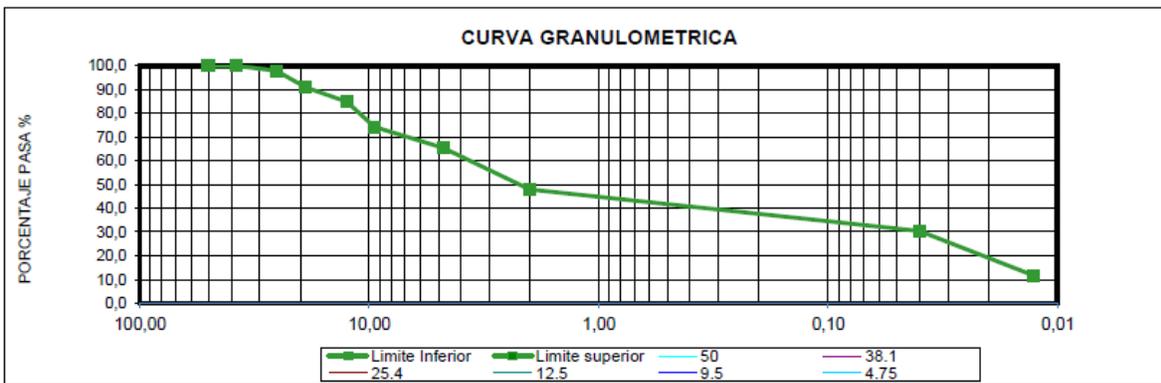
- INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES-IDEAM. Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa. Bogotá, D.C., 2012.
- INVEMAR-INGEOMINAS-ICPECOPETROLGEOSEARCHLTDA. Geología de la planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. proyecto: “evolución geohistórica de la sierra nevada de santa marta”, Bogotá D.C., octubre de 2007.
- MUJICA, Scarleth; PACHECO, Henry. Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. Mayo de 2013.
- OTERO, Orlando; VIDES, Ricardo. Elaboración del mapa de riesgo por eventos geotécnicos en la parte media de la cuenca de la corriente hidrográfica del río guatapuri. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2010.
- SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO-SGC. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masas. Bogotá, D.C., Colombia, Mayo, 2015.
- SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CONTROL DE EROSIÓN. Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real, 2002.
- SUAREZ, Jaime. Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo. Deslizamientos: análisis geotécnico, Capítulo 13.
- UNIDAD NACIONAL PARA LE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES. Formulación del plan municipal de gestión del riesgo, versión 1. Bogotá, D.C., Julio de 2012.
- RADELLI, LUIGI. Acerca de la geología de la Serranía de Perijá entre Codazzi y Villanueva: Geología colombiana No.1.

ANEXOS

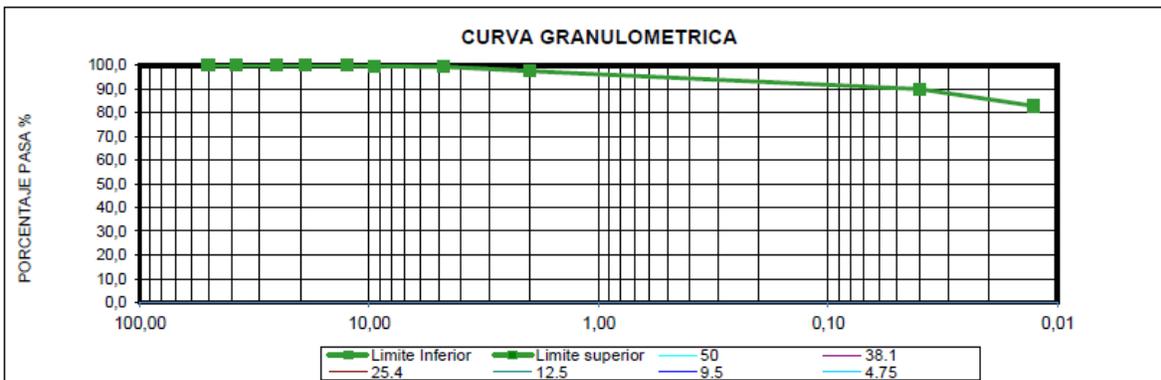
ANEXOS 1: ENSAYO DE LABORATORIOS: “GRANULOMETRIA”

Muestra #1

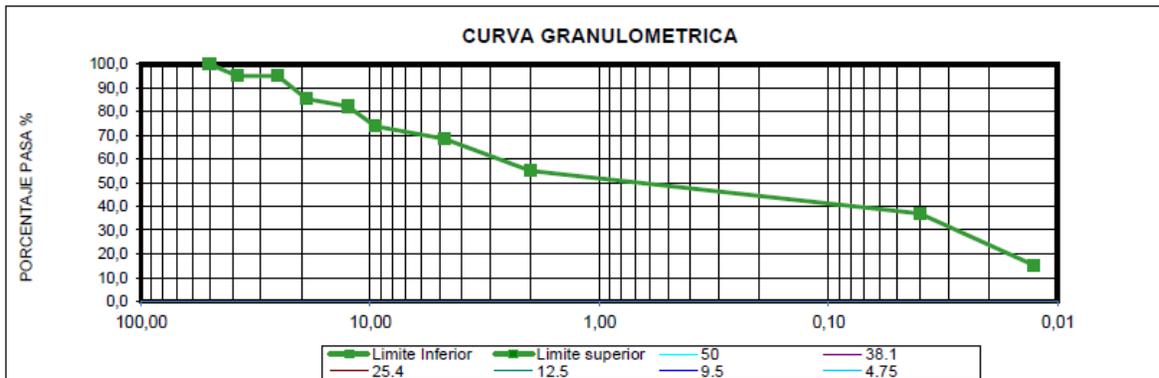
Curva Granulométrica



Muestra #2



Muestra #3



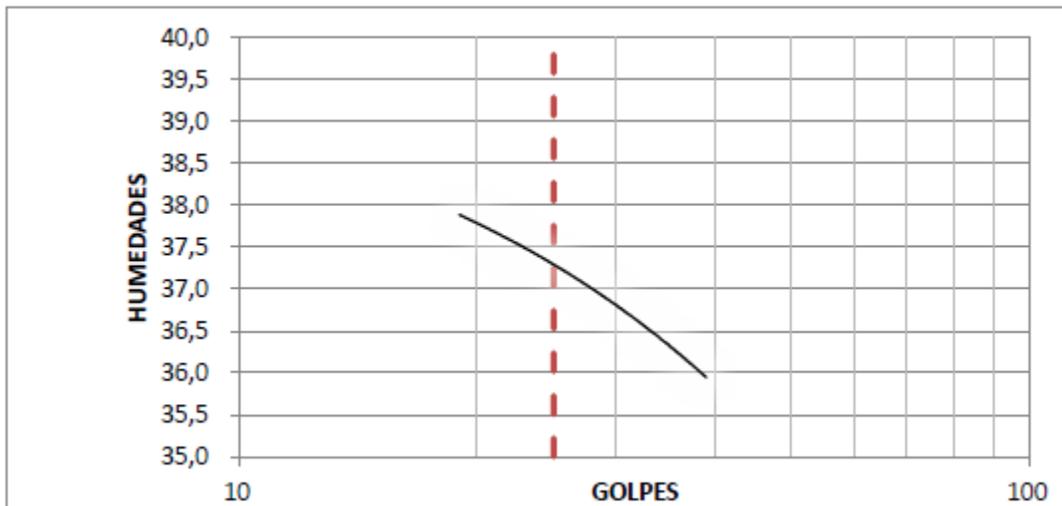
ANEXO 2: ENSAYO DE LABORATORIO “LIMITES DE ATTERBERG”

Muestra #1

Limite líquido y Limite Plástico

LIMITE LIQUIDO				
No. DE GOLPES	19	26	37	
RECIPIENTE No.				
PESO RECIP.+ MAT. HUMEDO (g)	35,1	33,8	29,9	
PESO RECIP.+ MAT. SECO (g)	31,3	30,4	26,9	
PESO DEL AGUA (g)	3,8	3,4	3,0	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	21,2	21,4	18,6	
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	10,1	9,0	8,3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	37,9	37,2	36,1	

LIMITE PLASTICO				
RECIPIENTE No.				
PESO RECIP. + MAT. HUMEDO (g)	20,8	20,7	20,2	
PESO RECIP. + MAT. SECO (g)	20,6	20,5	19,9	
PESO DEL AGUA (g)	0,2	0,2	0,3	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	19,8	19,7	18,8	
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	0,8	0,8	1,1	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25,0	25,0	27,3	

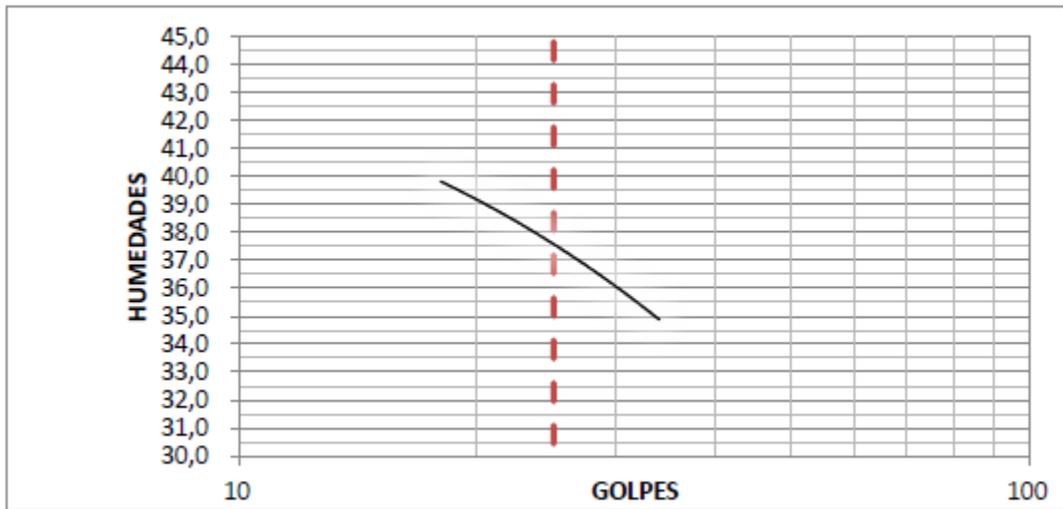


LIMITE LIQUIDO	37,3
LIMITE PLASTICO	25,8
IND. PLASTICIDAD	11,5

Muestra #2

LIMITE LIQUIDO				
No. DE GOLPES	18	25	32	
RECIPIENTE No.				
PESO RECIP.+ MAT. HUMEDO (g)	32,3	35,1	32,5	
PESO RECIP.+ MAT. SECO (g)	28,7	31,9	29,2	
PESO DEL AGUA (g)	3,6	3,2	3,3	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	19,7	23,3	19,9	
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	9,0	8,6	9,3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	40,0	37,2	35,6	

LIMITE PLASTICO				
RECIPIENTE No.				
PESO RECIP.+ MAT. HUMEDO (g)	21,2	21,1	23,2	
PESO RECIP. + MAT. SECO (g)	21,0	20,9	23,0	
PESO DEL AGUA (g)	0,2	0,2	0,2	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	20,0	19,9	22,0	
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	1,0	1,0	1,0	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20,0	20,0	20,0	

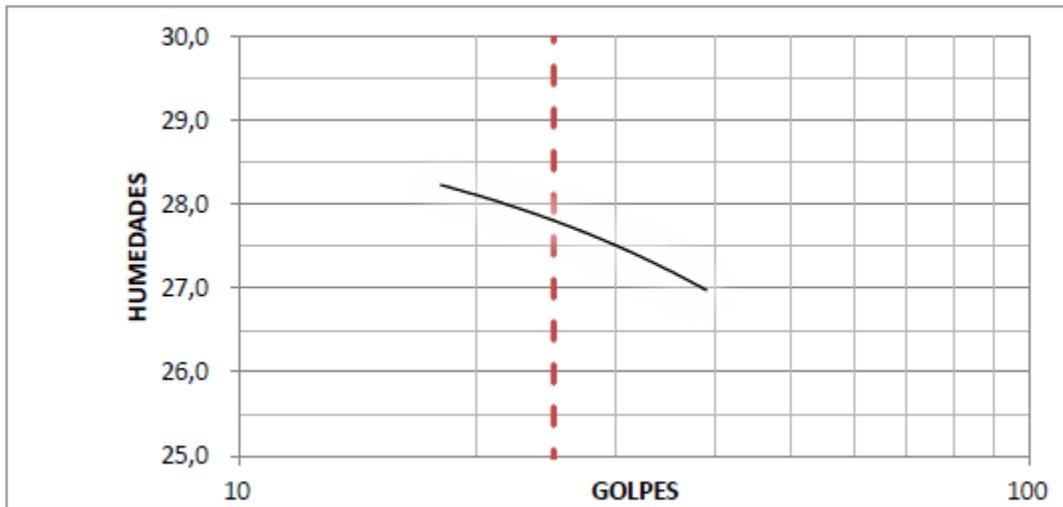


LIMITE LIQUIDO	37,5
LIMITE PLASTICO	15,0
IND. PLASTICIDAD	22,5

Muestra #3

LIMITE LIQUIDO				
No. DE GOLPES	18	27	37	
RECIPIENTE No.				
PESO RECIP. + MAT. HUMEDO (g)	37,4	35,2	32,9	
PESO RECIP. + MAT. SECO (g)	33,3	32,0	30,0	
PESO DEL AGUA (g)	4,1	3,3	2,9	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	18,6	20,2	19,3	
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	14,7	11,8	10,7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28,2	27,7	27,1	

LIMITE PLASTICO				
RECIPIENTE No.				
PESO RECIP. + MAT. HUMEDO (g)	25,3	23,0	24,9	
PESO RECIP. + MAT. SECO (g)	25,0	22,8	24,5	
PESO DEL AGUA (g)	0,3	0,2	0,4	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	23,4	21,7	22,4	
PESO DEL MATERIAL SECO (g)	1,6	1,1	2,1	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18,8	18,2	19,0	

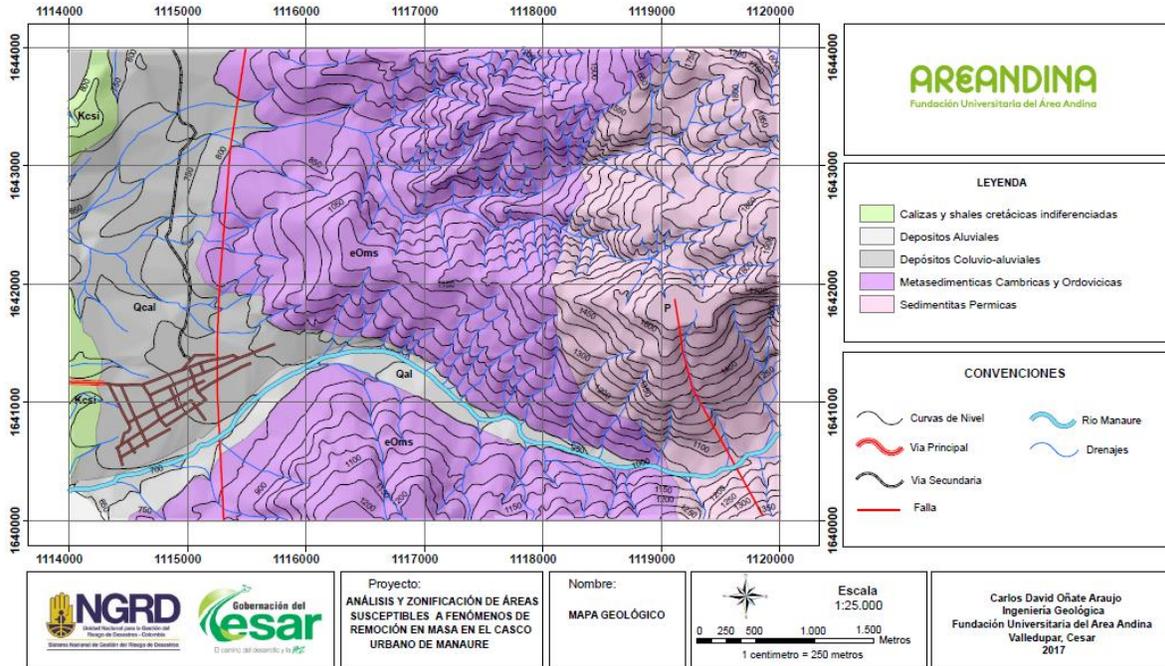


LÍMITE LÍQUIDO	27,8
LÍMITE PLÁSTICO	18,7
IND. PLÁSTICIDAD	9,1

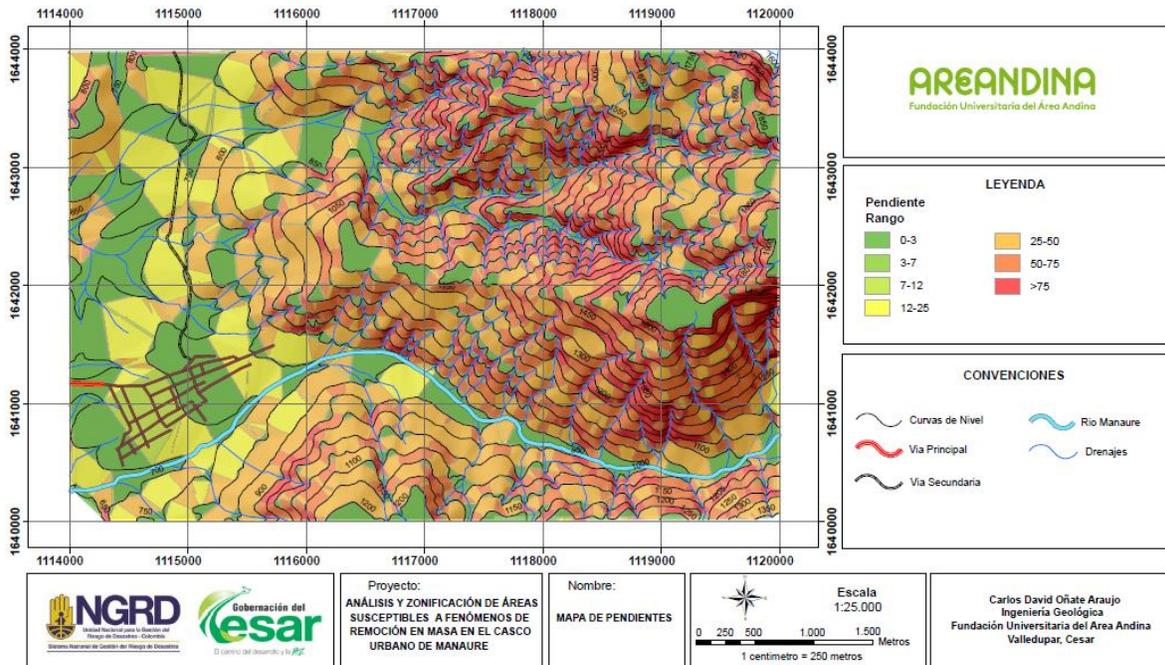
ANEXO 3: CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS SEGÚN USCS. FUENTE: MANUAL DE CARRETERAS. VOLUMEN II: CONSTRUCCIÓN Y MANTENIEMIENTO, BAÑON, LUIS; BEVIA, GARCIA; JOSE FRANCISCO, 1999.

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	Densidad óptima P.M.	CBR In situ
SUELOS DE GRANO GRUESO	Gravas	GW	Excelente	Excelente	2.00 - 2.24	60 - 80
		GP	Buena a excelente	Excelente	1.76 - 2.08	25 - 60
		GM { d u	Buena a excelente	Aceptable a mala	2.08 - 2.32	40 - 80
			Buena	Mala a impermeable	1.92 - 2.24	20 - 40
		GC	Buena	Mala a impermeable	1.92 - 2.24	20 - 40
	Arenas	SW	Buena	Excelente	1.76 - 2.08	20 - 40
		SP	Aceptable a buena	Excelente	1.60 - 1.92	10 - 25
		SM { d u	Aceptable a buena	Aceptable a mala	1.92 - 2.16	20 - 40
			Aceptable	Mala a impermeable	1.68 - 2.08	10 - 20
		SC	Mala a aceptable	Mala a impermeable	1.68 - 2.08	10 - 20
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL < 50)	ML	Mala a aceptable	Aceptable a mala	1.60 - 2.00	5 - 15
		CL	Mala a aceptable	Casi impermeable	1.60 - 2.00	5 - 15
		OL	Mala	Mala	1.44 - 1.70	4 - 8
	Limos y arcillas (LL > 50)	MH	Mala	Aceptable a mala	1.28 - 1.60	4 - 8
		CH	Mala a aceptable	Casi impermeable	1.44 - 1.76	3 - 5
		OH	Mala a muy mala	Casi impermeable	1.28 - 1.68	3 - 5
SUELOS ORGÁNICOS		Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-

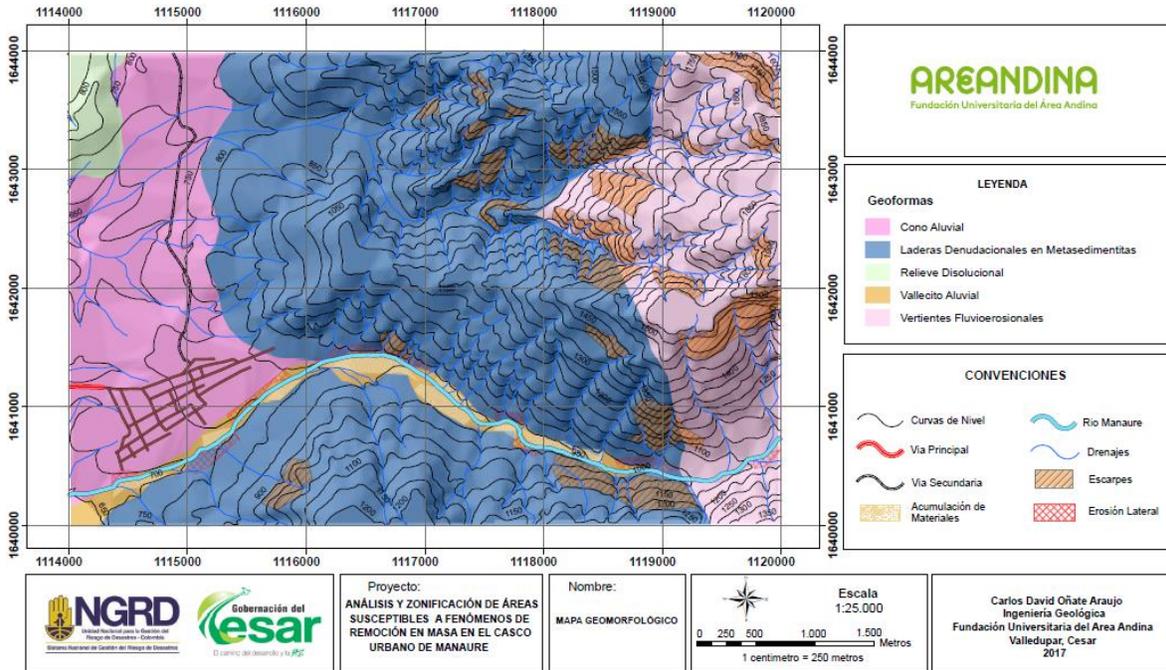
ANEXO 4: MAPA GEOLOGICO



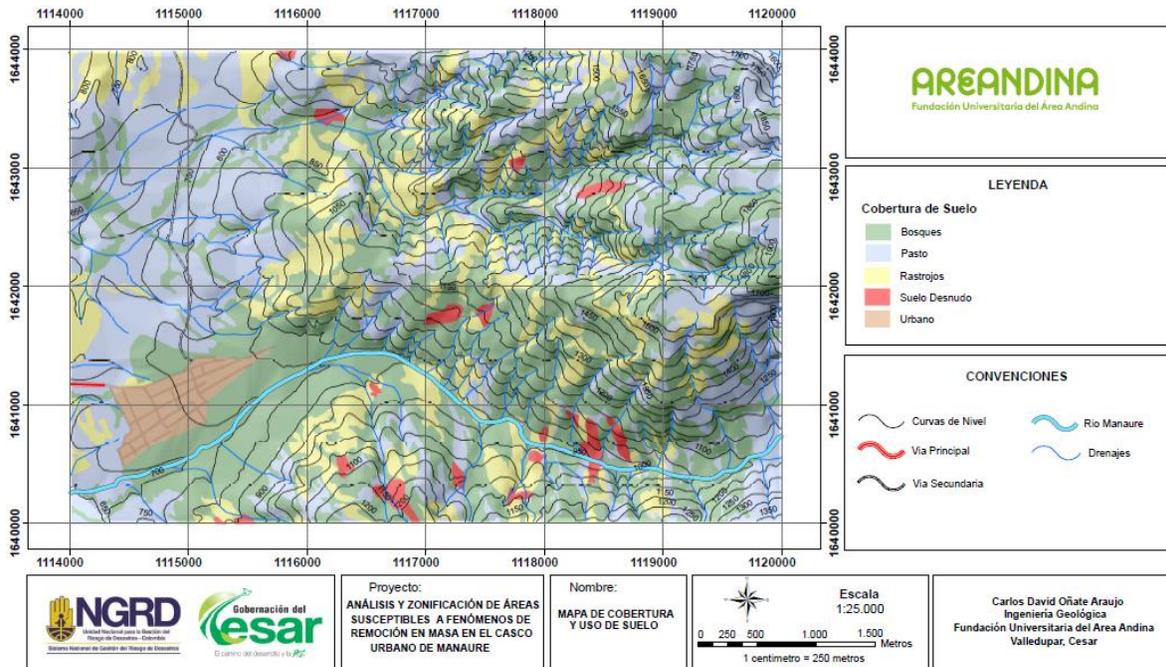
ANEXO 5: MAPA DE PENDIENTES



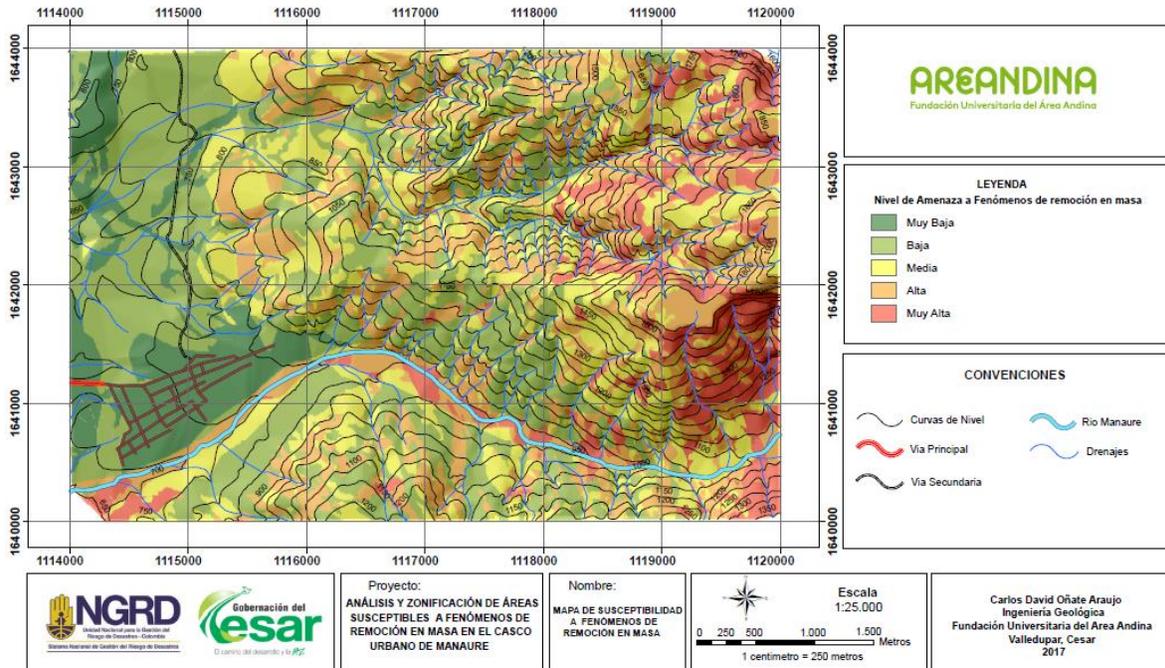
ANEXO 6: MAPA GEOMORFOLOGICO



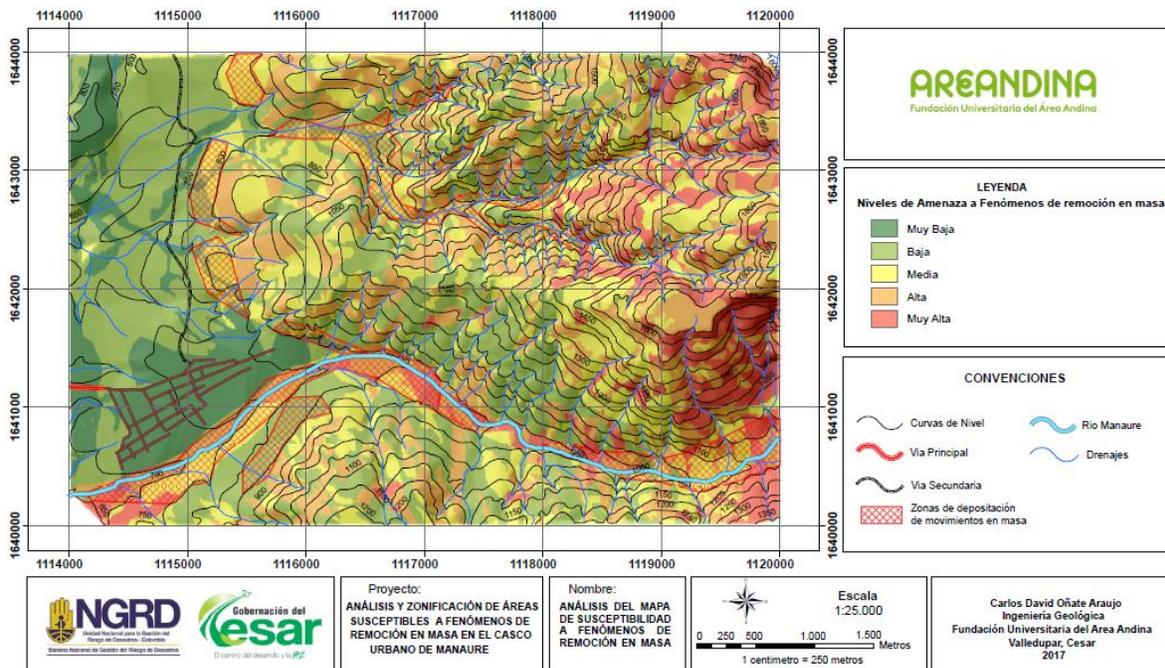
ANEXO 7: MAPA DE COBERTURA Y USO DE SUELO



ANEXO 8: MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A FENOMENOS DE REMOCION EN MASA



ANEXO 9: ANALISIS DEL MAPA DE AMENAZA



ANEXO 10: MODELO DE AMENAZA EN 3D

