

 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigencia 1998-2011	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
	Dependencia	Aprobado		Pág.
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADÉMICO</b>		<b>i(99)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>DAYANA LEÓN MARTÍNEZ YADIRY NAIDU GAMEZ JAIMES</b>		
<b>FACULTAD</b>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>		
<b>DIRECTOR</b>	<b>JUAN CARLOS RODRÍGUEZ OSORIO</b>		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO Y AMENAZA URBANA POR REMOCIÓN EN MASA EN EL MUNICIPIO DE HACARÍ NORTE DE SANTANDER</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p><b>EL PRESENTE TRABAJO CONSISTE EN DELIMITAR LAS ZONAS DE RIESGO POR REMOCIÓN EN MASA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE HACARI NORTE DE SANTANDER TENIENDO EN CUENTA VARIABLES GEOLÓGICAS Y CLIMATOLÓGICAS. ESTE MUNICIPIO ES PROPENSO A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA DEBIDO A QUE EL CASCO URBANO PRESENTA SUELOS DE LADERAS CON ALTAS PENDIENTES POR ENDE SON INESTABLES, SE EVALUÓ LA SUSCEPTIBILIDAD AMENAZA Y VULNERABILIDAD PARA CONOCER EL GRADO DE AFECTACIÓN DE LOS DIFERENTES SECTORES URBANOS DEL MUNICIPIO.</b></p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>PÁGINAS:</b>	<b>PLANOS:</b>	<b>ILUSTRACIONES:</b>	<b>CD-ROM:</b>



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO Y AMENAZA URBANA POR  
REMOCIÓN EN MASA EN EL MUNICIPIO DE HACARÍ NORTE DE SANTANDER**

**AUTORAS**

**DAYANA LEÓN MARTÍNEZ**

**YADIRY NAIDU GAMEZ JAIMES**

**Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Ambiental**

**DIRECTOR**

**JUAN CARLOS RODRÍGUEZ OSORIO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Ocaña, Colombia**

**Noviembre, 2018**

## Indice

<b>Capítulo 1. Delimitación De Las Zonas De Riesgo Y Amenaza Urbana Por Remoción En Masa En El Municipio De Hacarí Norte De Santander.....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos .....	2
1.4 Justificación .....	2
1.5 Delimitaciones .....	3
1.5.1 Delimitaciones geográficas.....	3

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información .....	28
<b>Capítulo 4. Entrega de resultados .....</b>	<b>30</b>
4.1. Generalidades de la zona urbana.....	30
4.2. Componentes de la amenaza .....	31
4.2.1. Hipsometría.....	32
4.2.2. Gestión y análisis de la información.....	32
4.2.3. Procesamiento de la Información Espacial .....	32
4.2.4. Pendientes del terreno .....	33
4.2.5. Precipitación .....	34
4.2.6. Gráficos de precipitación y curvas de masa simple .....	38
4.2.7. Gráfico de masa residual.....	42
4.2.8. Coberturas de la zona urbana.....	45
4.2.9. Geología urbana.....	46
4.2.10. Las estructuras y fallas geológicas.....	47
4.2.11. Geomorfología rural.....	47
4.2.12. Geomorfología urbana .....	48
4.2.13. Amenazas geológicas.....	49
<b>Capítulo 5. Evaluación de la Amenaza .....</b>	<b>51</b>
5.1. Evaluación de la vulnerabilidad.....	52
<b>Capítulo 6. Características Sociales de la Zona de Estudio .....</b>	<b>56</b>
6.1. Tamaño y distribución de la población.....	56
6.2. Actividades económicas dominantes. ....	58
<b>Capítulo 7. Hidrografía .....</b>	<b>60</b>
7.1. Red Hídrica .....	60
<b>Capítulo 8. Evaluación de la Susceptibilidad y la Amenaza por PRM .....</b>	<b>63</b>
8.1. Evaluación de la susceptibilidad a PRM.....	63
8.2. Análisis y resultados de las capas temáticas .....	64
8.3. Historicidad e inventario de eventos morfodinámicos.....	65
8.4. Unidades geológicas. ....	67
8.5. Rocas Sedimentarias Jurásico Inferior – Cretáceo.....	68

8.6. Procesos Morfodinamicos.....	72
8.7. Pendientes.....	75
<b>Capítulo 9. Evaluación de la Amenaza A PRM.....</b>	<b>77</b>
9.1. Precipitaciones como factor detonante de los PRM .....	77
9.2. Método racional. Estimación del caudal de diseño.....	78
<b>Conclusiones.....</b>	<b>85</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>86</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. Coordenadas planas Localización casco urbano de Hacarí	14
Tabla 2. Coordenadas localización zona urbana	30
Tabla 3. Información General del municipio de Hacarí	31
Tabla 4. Información Territorial General	31
Tabla 5. Relación de información espacial	32
Tabla 6. Información general de la estación la Maravilla san Calixto	36
Tabla 7. Información general de la estación NIV FCO SANTAND	36
Tabla 8. Información general de la estación ABREGO CENTRO ADMO	37
Tabla 9. Categorización de la amenaza	52
Tabla 10. Criterios de resistencia de la estructura	53
Tabla 11 . Clasificación de la tipología de la estructura	53
Tabla 12. Categorías de presión lateral utilizadas en el estudio	55
Tabla 13. Solicitaciones para vías.	55
Tabla 15. Características de las capas temáticas.	64
Tabla 16. Grados de susceptibilidad.	64
Tabla 17. Historicidad de procesos de remoción en masa	65
Tabla 18 . Unidades geológicas	71
Tabla 19. Tipos de Procesos Morfodinámicos	74
Tabla 20 . Pendientes.	76
Tabla 21. Curvas Intensidad -Duración -Frecuencia para la estación la Maravilla	82

## Lista de Figuras

Figura 1. Interface de trabajo de Desinventar .....	8
Figura 2. Mapa de densidad poblacional en Colombia .....	11
Figura 3. Clasificación de los Taludes .....	22
Figura 4. Nomenclatura de una Ladera .....	23
Figura 5. Nomenclatura de un Deslizamiento .....	24
Figura 6. Pendientes del terreno urbano .....	33
Figura 7. Consulta de información temporal .....	35
Figura 8. Curva de doble masa .....	39
Figura 9. Series de precipitación estación la Maravilla .....	39
Figura 10. Grafica de masa simple Estación La Maravilla .....	40
Figura 11. Curva de Masa Residual estación la Maravilla .....	40
Figura 12. Series de precipitación de la estación NIV FCO SANTAND .....	40
Figura 13. Curva de Masa simple de la estación NIV FCO SANTAND .....	41
Figura 14. Series de precipitación de la estación ABREGO .....	41
Figura 15. Curva de masa simple estación ABREGO .....	41
Figura 16. Curva masa residual estación La Maravilla .....	43
Figura 17. Curva masa residual estación NIV FCO SANTAND .....	43
Figura 18. Curva masa residual estación ABREGO .....	43
Figura 19. Datos de precipitación serie 25 años estación la maravilla .....	44
Figura 20. Datos de precipitación serie 25 años estación la NIV FCO SANTAND .....	44
figura 21. Datos de precipitación serie 25 años estación ABREGO .....	45
Figura 22. Mapa de coberturas del casco urbano .....	46

Figura 23. Impresión de pantalla consulta INGEOMINAS 2018.....	50
Figura 24 . Esquema de deslizaiento.....	54
Figura 25.Rangos de velocidad utilizadas en el estudio .....	54
Figura 26.Metodología para evaluar la susceptibilidad a los PRM .....	63
Figura 27. Puntos de erosión con cárcavas .....	67
Figura 28. Plancha geológica de la zona de estudio .....	71
figura 29.Diagrama metodológico para evaluación de la amenaza .....	77
Figura 30.Curvas de intensidad Estación la maravilla.....	83

## Lista de Mapas

Mapa 1. Casco urbano del municipio de Hacarí .....	4
Mapa 2 . Localización del centro poblado de Hacarí.....	14
Mapa 3. Geología municipal.....	49
Mapa 4. Microcuencas de Hacarí.....	61
Mapa 5. Red hídrica de Hacarí .....	62
Mapa 6. Procesos Morfodinámicos urbanos .....	74

## Lista de Fotografías

Fotografía 1. Tipo de edificaciones urbanas .....	57
Fotografía 2. Tipo de edificaciones .....	58
Fotografía 3. Vivienda que presenta riesgo de derrumbarse.....	66
Fotografía 4. Vivienda sobre antigua mina.....	72
Fotografía 5. Viviendas construidas sobre terrenos con fuertes pendientes .....	73

# **Capítulo 1. Delimitación De Las Zonas De Riesgo Y Amenaza Urbana Por Remoción En Masa En El Municipio De Hacarí Norte De Santander**

## **1.1. Planteamiento del problema**

Los procesos de remoción en masa son sumamente peligrosos, estos pueden ser de índole natural o producidos por acciones del ser humano, los cuales pueden afectar a una población (bienes materiales y vidas), para poder desarrollar este tipo de estudio se tendrán en cuenta los factores de riesgo, exposición y vulnerabilidad, según (Mardones 2012) la remoción de masa es un proceso de movimiento de suelos el cual se presenta con velocidades variables a lo largo de una ladera el casco urbano del municipio de Hacarí se encuentra localizado al pie de las laderas de cerros tutelares, los cuales conforman parte de las estribaciones de la cordillera oriental, por lo anterior se puede sugerir que los habitantes de esta zona se encuentran expuestas al peligro o amenaza a remoción en masa, es importante aclarar que según comentarios de algunos habitantes de la zona urbana dejan entrever que ellos no se encuentran preparados desde ningún punto de vista para enfrentar este tipo de fenómenos encontrándose por ende en vulnerabilidad.

Aunque la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa no han causado muertes ni grandes tragedias hasta la fecha, en la zona urbana de Hacarí, estos fenómenos si son muy frecuentes los cuales en algún momento determinado pueden llegar a causar la inclinación de las viviendas que se encuentren localizadas próximas a estos escenarios.

Ya en caso de que se presenten deslizamientos los cuales son otro tipo o clase de remoción en masa estos sí podrían llegar a causar la muerte de seres humanos y la pérdida de bienes materiales de los habitantes de la zona

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son las zonas urbanas del municipio de Hacarí que presentan riesgo y amenaza a remoción en masa y cual es la vulnerabilidad y amenaza de sus habitantes ante la ocurrencia de estos fenómenos?

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1. Objetivo general.** Delimitar las zonas de riesgo y amenaza urbana por remoción en masa en el municipio de Hacarí norte de Santander

**1.3.2 Objetivos específicos.** Realizar la caracterización geotécnica de los lugares identificados históricamente como susceptibles a procesos de remoción en masa basados en los estudios de suelos con los que cuenta el municipio y el departamento.

Realizar el análisis de la amenaza por remoción en masa para la zona urbana del municipio de Hacarí Norte de Santander.

Analizar la vulnerabilidad a procesos de remoción en masa para la zona de estudio

## **1.4 Justificación**

Esta investigación busca delimitar las zonas de riesgo y amenaza por remoción en masa para la zona urbana de Hacarí Norte de Santander, esta zona urbana se encuentra en las

estribaciones de la cordillera oriental de Colombia, siendo sus habitantes comerciantes y productores agrarios de niveles socioeconómicos 1,2, 3, según el SISBEN, una zona con altas pendientes suelos de ladera , según la página oficial de la alcaldía municipal El casco urbano del municipio de Hacarí se encuentra conformado por los siguientes Barrios:7 de agosto, el guayabal, La parrilla , Calle Central, Calle Mira Flores, Calle del Comercio, calle de la salud, La Quebradita y las zonas suburbanas: 20 de julio y pinzón Castilla. Y una extensión de 3km<sup>2</sup>.

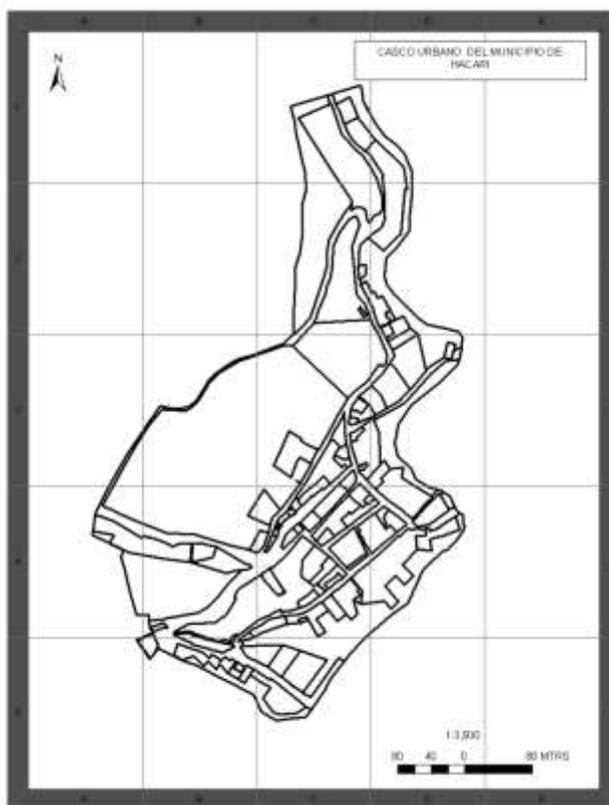
Con esta investigación se busca generar una herramienta técnica para la oficina municipal de gestión del riesgo municipal la cual servirá para el análisis y toma de decisiones para resguardar los bienes y la vida de los habitantes que se encuentren localizados en las zonas que sean delimitadas

## **1.5 Delimitaciones**

Las delimitaciones presentes en esta investigación se centran en cuatro grupos, los cuales pueden ser insumo o recursos que permita un óptimo desarrollo durante la fase ejecución.

**1.5.1 Delimitaciones geográficas.** A nivel operativo el proyecto se desarrollara en acompañamiento con el equipo técnico de RINGENIERIAS empresa que se encuentra realizando una serie de estudios de suelos (geotecnia) en el casco urbano del municipio de Hacarí norte de Santander , se realizarán visitas oculares en compañía de los líderes comunales los cuales entregaran **información** histórica sobre fenómenos de remoción en masa para distintos puntos de la zona urbana

En el mapa 1 se encuentra la temática “ Casco Urbano Del Municipio De Hacarí” lugar geografico donde sera desarrollada la investigación.



**Mapa 1. Casco urbano del municipio de Hacarí**

**Fuente.** Autores, 2018.

**Nota :** la salida grafica fue construida contando con los insumos de informacion geográfica oficial del municipio y con el que esta formulado el EOT (ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL)

**1.5.2 Delimitación temporal.** Se tiene presupuestado desarrollar el proyecto en un total de 4 meses teniendo como fecha de inicio el día de la aprobación de esta propuesta por parte del comité académico.

**1.5.3 Delimitación Operativa.** A nivel operativo el proyecto se desarrollara en acompañamiento con el equipo técnico de REINGENIERÍAS empresa que se encuentra realizando una serie de estudios de suelos (geotecnia) en el casco urbano del municipio de Hacarí norte de Santander , se realizarán visitas oculares en compañía de los líderes comunales

los cuales entregaran información histórica sobre fenómenos de remoción en masa para distintos puntos de la zona urbana.

**1.5.4 Delimitación conceptual.** Los conceptos fundamentales que se tendrán en cuenta para el desarrollo de la presente investigación son los siguientes: geotecnia, vulnerabilidad, riesgo, amenaza, mapeo, usos del suelo, precipitación máxima, pendientes del suelo, coberturas de la tierra, deslizamientos, remoción, archivos geográficos

## Capítulo 2. Marco Referencial

### 2.1. Marco histórico (a nivel mundial)

De una forma particular, se tiene conocimiento de la existencia de movimientos de ladera durante periodos climáticos críticos, tal como ocurrió en la pequeña edad del hielo en regiones del Reino Unido, Noruega (Lewis and Birnie, 2001), Suiza (Stoffel and Beniston, 2006), entre otras; por ello, en la actualidad es de gran relevancia entender los efectos del cambio climático (IPCC, 2001) en la recurrencia de este tipo de procesos, específicamente debido a la intensificación de fenómenos, como los huracanes, ya que esto podría ocasionar un mayor número de deslizamientos desencadenados por precipitaciones extraordinarias.

Entonces es muy importante destacar que también en otros planetas de nuestro sistema solar, como Marte, se han podido identificar rasgos (geo) morfológicos de este tipo de procesos (Aharonson et al., 1998). En un sentido más quimérico, asimismo, es muy interesante y necesario señalar que curiosamente la existencia de cuentos y leyendas condujo hace poco más de un año a un grupo de científicos estadounidenses a analizar un sismo de magnitud 7.4° Richter que aconteció en 900 A.D. en Seattle y desencadenó deslizamientos importantes (Ludwin et al., 2005). Es así que la inestabilidad de laderas ha estado presente a lo largo de la historia de la Tierra, y para poder conocer su impacto potencial presente y futuro, es esencial entender la huella que ha dejado en el pasado.

Los procesos de remoción en masa se presentan sobre la superficie terrestre en una gran variedad de escalas, lugares, condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas e inclusive sociales. En cuanto a esto, es necesario indicar criterios y estandarizar los datos que surgen y se

relacionan con su estudio. La gestión de esa información de manera sistematizada en una sola matriz o línea bases, es el inicio de la construcción de un inventario de procesos de remoción en masa. Un inventario de este tipo se puede definir como la relación ordenada de la ocurrencia y características de los procesos de remoción en masa en un territorio determinado, y durante un periodo específico, el cual debe permanecer actualizado de forma minuciosa.

Los registros históricos y actuales, dentro de los cuales se pueden incluir informes, publicaciones científicas, periódicos y en general toda la literatura y cartografía temática la cual permita la identificación y ubicación de un movimiento de ladera, y evidentemente la caracterización directa en campo, son fuente primordial para construir un inventario de procesos de remoción en masa. Conjuntamente, también y sin lugar a dudas los recursos como el análisis de fotografías aéreas e imágenes de satélite (Nichol and Wong, 2005), son de gran valor complementario debido a que gracias a ellos es posible analizar zonas extensas e inaccesibles en periodos de tiempo relativamente cortos.

Distintos inventarios de procesos de remoción en masa se han llevado a cabo en el mundo, ya sea a nivel continental (Dikau et al., 1996), nacional (Viberg, 1988; Chau et al., 2004), regional (Al-Homoud and Tubeileh, 1997; Jennings and Siddle, 1998; Ayenew and Barbieri, 2005; Duman et al., 2005; Turcotte et al., 2006), en función de algún evento extraordinario (Chuan and Grunert, 1999), o bien dependiendo de alguna tipología de movimiento en específico (Chau et al., 2003).

En nuestra región Latinoamérica existe "Desinventar", que consiste en un sistema de inventarios o registro de información sobre características y efectos de diversos tipos de desastres, el cual fue generado y es alimentado por la Red de Estudios Sociales en Prevención de

Desastres en América Latina ([/www.desinventar.org](http://www.desinventar.org)). Entre los desastres registrados, se incluyen los relacionados con la inestabilidad de laderas, mismos que son catalogados como deslizamientos o aludes. Para el caso de México en particular, "Desinventar" tiene un registro de movimientos constituido por datos tales como: estado, municipio, fecha, duración, fuente de información, sitio, causa, número de víctimas, número de heridos, población afectada, casas destruidas y dañadas, número de personas evacuadas, reubicación, pérdidas indirectas (agricultura, ganadería, etc.), daños a la infraestructura, etc. La utilidad de este inventario es incuestionable, sin embargo, esta información es generada esencialmente con base en noticias de periódicos nacionales, independientemente de que sea confirmada de manera oficial. Además de ello, como su nombre lo indica, el registro se centra en el desastre y no en la amenaza



**Figura 1.** Interface de trabajo de Desinventar

**Fuente.** [www.desinventar.org](http://www.desinventar.org).

Para el año 2009 se realizó el primer simposio formal sobre procesos de remoción en masa en el marco de un Congreso Geológico Argentino, finalmente esta disciplina geológico-geomorfológica alcanzó en la republica argentina, el reconocimiento que le necesario, debido a su utilidad para evitar pérdidas de vidas y daños económicos. A continuación se tratará de hacer una síntesis histórica del estudio de estos procesos en argentina. La amplia extensión norte-sur entre los 22° y 55°S de latitud del sector continental nacional ha determinado en el mismo una

gran variedad climática. Similar incidencia ha ejercido la disparidad altimétrica que se observa en sentido este-oeste, expresada por el sobresaliente contraste morfológico entre una elevada Cordillera de los Andes al oeste y las bajas y extensas planicies orientales del centro y norte del país y las australes mesetas de la Patagonia

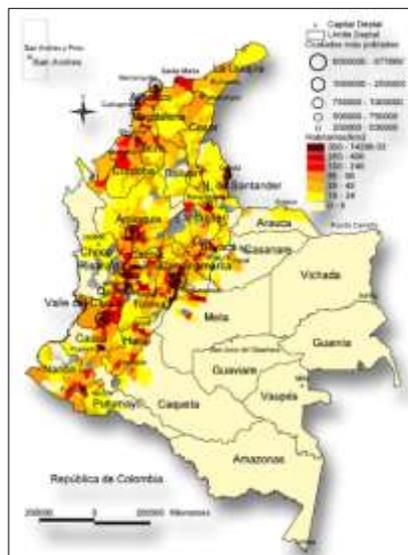
Entre los estudios geológicos del siglo pasado sobre tan particular temática, uno de los más antiguos es el realizado por Burckhardt, quien en 1900 reconoció un importante deslizamiento sobre uno de los faldeos del valle del arroyo Haichol en la sierra Musical, el que al represar sus aguas, generó un pequeño y efímero lago. Adjunto al citado, rescato aquel de Anderson quien en 1906 hace las primeras referencias acerca del origen de los ríos de piedra (stone rivers) de las islas Malvinas. Con posterioridad, estimo que muy pocos trabajos cumplen con los requerimientos analíticos específicos de la remoción en masa. Uno de ellos es el de Groeber, quien en el año 1916 describe e interpreta acertadamente el origen de la laguna Carrilauquen, como generada por un derrumbe que bloqueó el valle del río Barrancas. También analiza las causas del colapso de ese muro natural que ocurriera en 1914 y las desastrosas consecuencias que la creciente coetánea (flujo denso) ocasionara agua abajo, a lo largo de los valles de los ríos Barrancas y Colorado, un proceso natural que condujo a la destrucción de la incipiente actividad agropecuaria de la región. También en el año 1916 Kantor publica un trabajo sobre "Las inundaciones en Andalgalá" (Provincia de Catamarca), destacando los destrozos y víctimas producidas por flujos de detritos asociados a los aguaceros estivales.

La zona sur de Chile es muy susceptible a sufrir problemas de deslizamientos debido principalmente a que se conjugan cuatro elementos que son detonantes: topografía, sismicidad, erosión y lluvias intensas; Los fenómenos de remoción en masa son uno de los procesos

geológicos más destructivos que afectan a las obras civiles y a las personas, causando muertes y daños estructurales por un valor de millones de dólares. Sin embargo existe muy poca conciencia de lo que esto significa y como controlarlo. Es más, una gran cantidad de pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas adecuadas. (Gallardo; 2006)

**2.1.1. Marco histórico (nivel nacional).** En las últimas dos décadas (90 -2010) los asentamientos en Colombia se han concentrado en un alto porcentaje en zonas peligrosas, inseguras o con riesgo de amenazas naturales. Parte de este fenómeno es generado por diversas causas, entre ellas el crecimiento poblacional, el desplazamiento forzado, la desigualdad socio económica y la localización de un número importante de centros poblados en zonas montañosas o de ladera. (DANE; 2010).

Según se puede analizar en los datos del DANE para el 2010 el 75% de la población colombiana se asienta en la región andina (Ver figura 2), zonas donde el relieve, la geomorfología y los procesos tectónicos son recurrentes e influyentes en la caracterización y debate sobre la amenaza, uno de los temas que ha venido cobrando particular interés en materia de riesgo, amenaza y vulnerabilidad ambiental son los procesos por remoción en masa.



**Figura 2.** Mapa de densidad poblacional en Colombia.

**Fuente.** DNP, 2005

En el 2003 el instituto de estudios ambientales y meteorológicos (IDEAM), Esta capa presenta una zonificación del indicador grado de amenaza por remoción en masa, definiendo el alcance y la gravedad de los movimientos en masa a nivel nacional. Para su elaboración fue necesario el levantamiento, cruce, comparación y análisis de variables asociadas a la geomorfología, el grado de pendiente del terreno, la composición litológica y las condiciones de precipitación, factores que en conjunto e interacción, pueden detonar la presencia de procesos de remoción en masa.

Para el año 2013 la universidad católica de Colombia publica el documento “Análisis De Amenaza Por Fenómenos De Remoción En Masa En La Región Del Boquerón Ubicada Entre Los Departamentos De Cundinamarca Y Tolima Mediante El Uso De Un Sistema De Información Geográfica De Libre Distribución” estudio realizado por diego Alexander Arévalo chaves y JUAN pablo parias villalba; en este documento La diversidad de suelos, topografía y climas, hacen necesario el estudio de la amenaza ante problemas de estabilidad y de

remoción en masa en Colombia y con mayor ocurrencia en la región objeto de este estudio, la naturaleza de cada caso depende de variables como topografía, geología, geomorfología e hidrología entre otras, las cuales deben ser consideradas para realizar un correcto diseño de los trazados en proyectos longitudinales como puede ser una vía, un acueducto o un oleoducto, así como para formular proyectos correctivos que ofrezcan desvíos o variantes alternativas para garantizar la movilidad y la integridad de la vida en los corredores de la zona sin generar afectación a las actividades económicas y socio culturales desarrolladas en la región.

Pérez y Calderón en el año 2015 realizan y publican el estudio “Estabilización De Taludes De La Vía De Red Terciaria De La Vereda La Unión, Localidad De Usme” en este estudio el área a estudiar se presenta difícil acceso a las veredas como Chisacá, Los Andes, Curubital y Las Mercedes por las características geográficas de la zona y por el mal estado de las vías secundarias. Teniendo en cuenta que el 56% de las vías de Usme se encuentran en afirmado, el 22% están construidas en pavimento rígido, el 21% en pavimento flexible y el 1% restante en otros materiales.

La finalidad investigativa de este trabajo fue tratar de presentar una solución viable a la inestabilidad del terreno que se presenta en los tramos ubicados en la vía de red terciaria de la vereda la unión ubicada en la localidad Numero 5 ( Usme ) para reducir las necesidades que afectan principalmente el desplazamiento de los habitantes de esta vereda, puesto que esta es una vía de acceso, abastecimiento e intercambio comercial entre localidades, además es importante mencionar que la agricultura son actividades económicas que abarca dicho sector.

La revista ambiental aire, agua y suelo publica en el año en el año 2013 el volumen 1 de artículo de investigación llamado “zonificación del peligro de remoción en

Masa en las zonas urbanas según método de análisis Mora y Ahrson: estudio de caso”. Estudio realizado por el investigador Juan Gabriel Rodríguez Solano y César David Quintana Cabeza.

Este documento plantea que la metodología Mora & Vahrson tiene en cuenta tres factores intrínsecos del terreno: relieve relativo, litología, humedad del suelo; dos factores extrínsecos: actividad sísmica y precipitaciones máximas. Establece el grado de amenaza que presentan cada uno de los sectores de la zona de estudio teniendo en cuenta parámetros de clasificación establecidos. La zonificación de amenaza se obtiene con álgebra de mapas con el producto de los factores internos y externos de la zona.

## **2.2. Marco contextual**

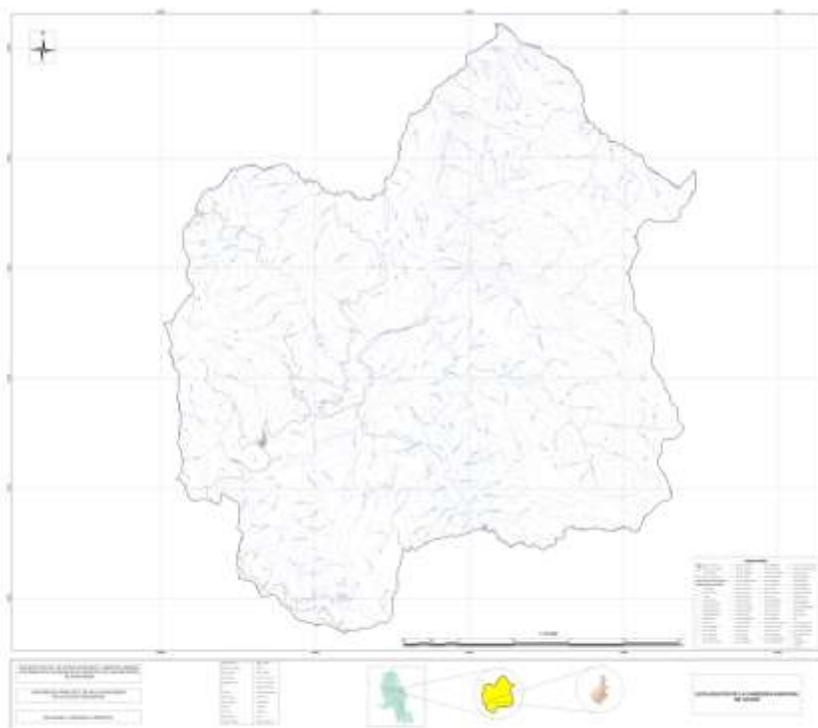
Según la página oficial de la alcaldía de Hacarí este municipio se sitúa en las estribaciones de la cordillera oriental Colombiana en la subregión occidental del departamento, con una superficie de 40.797 hectáreas, equivalente al 1.9% del área total del departamento. Limita por el norte con el municipio San Calixto, al oriente con el municipio de Sardinata, al sur con los municipios de la Playa y Abrego y al Occidente con los municipios de la Playa y San Calixto; sus coordenadas geográficas son:

**Tabla 1.** *Coordenas planas Localización casco urbano de Hacarí*

Vertice	Coordenada x	Coordenada y
1	1079230.605	1412472.717
2	1079423.121	1412397.993
3	1079349.263	1412319.157
4	1079279.754	1412163.213
5	1079217.234	1412019.534
6	1079132.051	1411991.039
7	1079076.857	1412020.365
8	1079125.375	1412113.149
9	1079116.677	1412320.492
10	1079081.115	1412332.812
11	1079118.295	1412419.137
12	1079181.638	1412472.175

**Fuente.** Autores 2017

**Nota:** Coordenadas levantadas en campo mediante el uso del sistema de posicionamiento global GPS y re proyectadas de WGS84 al sistema MAGNA SIRGAS Colombia Zona Bogotá. Falso norte 1'000,000 falso este 1'000.000 proyección cartográfica transversa de Mercator

**Mapa 2 .** Localización del centro poblado de Hacarí

**Fuente.** Autores 2018

## 2.3 Marco Conceptual

**Amenazas naturales:** Son aquellos fenómenos que se manifiestan sin la intervención del hombre, de tipo geológico como sismos, erupciones volcánicas, o de tipo meteorológico como inundaciones, sequías, representan amenaza en un espacio y tiempo determinado ocasionando trastornos en las condiciones naturales sobre una región. Los fenómenos de remoción en masa están ligados a estos aspectos, y por ello su análisis y modelamiento es necesario para el diseño de estabilidad de taludes. (Pérez; 2010).

**Remoción en masa:** Se puede entender por remoción en masa como todo movimiento de masa de suelo que se da por acción de la gravedad, incluyendo los flujos a lo largo de los cauces cuando el material que cae se mezcla con el agua, como es el caso de las llamadas avenidas torrenciales. Son procesos de transporte de material definidos como procesos de ‘movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores’ (Solano; 2010).

Según Hartlen y Viberg (en Soeters y Van Westen, 1996), “un mapa ideal de amenaza por inestabilidad de laderas debería suministrar información sobre la probabilidad espacial y temporal de la ocurrencia, el tipo, la magnitud, la velocidad, la distancia de viaje y el límite de avance retrogresivo de los movimientos en masa” pero, en la práctica, todos estos aspectos muy difícilmente se cumplen bien sea por falta de recursos en el estudio o por el tiempo que consume el realizar una caracterización detallada en cada una de las laderas.

**Topografía:** hace referencia a la descripción gráfica de la superficie del terreno a partir de la forma y detalles naturales o artificiales se representan a través de mapas topográficos que

incluyan la altimetría y planimetría. Para el estudio a realizar es de vital importancia el conocimiento de las características de la zona a partir de la simbología gráfica aplicada para la representación de los elementos que componen el terreno. (Ruiz; 2012).

**Geología:** La composición y estructura interna del terreno es un factor que establece las características del suelo, el conocimiento de la estratificación y tipo de suelos, así como la sismicidad de la zona de estudio determinara la posible amenaza para la estabilidad de los taludes. La distribución espacial del tipo de suelo se analizará a través de un mapa geológico que permita modelar el comportamiento del terreno en relación con los fenómenos de remoción en masa. (Torres; 2011).

**Geomorfología:** el poder establecer la forma de la superficie terrestre en la zona de estudio, es también un factor determinante para el análisis de la estabilidad del talud y el posible evento de fenómenos de remoción en masa, la forma del relieve y las pendientes de la zona de estudio se identificarán a través de un mapa geomorfológico de la zona, para también modelar el comportamiento del terreno. (Santiago; 2012).

**Hidrología:** hace referencia estudio de la distribución espacial y temporal de la presencia de lluvia en la zona de afectación, con el registro de niveles de precipitación y escorrentía permitirá georreferenciar y modelar la posible amenaza para la estabilidad de taludes. La pluviosidad es un factor desencadenante de gran importancia para predecir la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. (Gelvez; 2012)

**Sismos.** Los movimientos en placas tectónicas liberan energía acumulada generando ondas sísmicas, que producen en la superficie corriente de lodo, licuación del suelo, avalanchas o

maremotos. Sin duda pueden originar eventos de fenómenos de remoción en masa, factor de amenaza para la estabilidad de taludes (Pérez 2010).

**Erupciones Volcánicas.** La emisión a la superficie terrestre de materiales procedentes del interior de la tierra, tales como lava, cenizas y gases tóxicos, se produce con explosiones violentas, que pueden originar también fenómenos de remoción en masa y representan otra amenaza para la estabilidad de taludes. (Torres; 2011).

**Deslizamientos.** El movimiento de suelos generados por acción de la gravedad en superficies inclinadas es una amenaza, depende de la velocidad del movimiento, de la masa en movimiento, tipo y disgregación de la masa inestable. Aspectos como la deforestación y erosión, asentamientos humanos, potencializa la ocurrencia de eventos de fenómenos de remoción en masa (Torres; 2011).

**El suelo:** El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural, finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones y prestando servicios ecosistémicos vitales para la sociedad y el planeta (MADS, 2015). Además, el suelo ocurre en la superficie de la tierra, ocupa un espacio, y se caracteriza por uno o varios horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural (USDA, 2006).

**Degradación de suelos:** La degradación de los suelos y tierras se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones

ecosistémica y ambientales, ocasionada por procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (IDEAM, 2004).

**Análisis del riesgo.** De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, el análisis del riesgo implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir, mediante la relación cualitativa, semicuantitativa o cuantitativa de la amenaza y la vulnerabilidad, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales, y sus probabilidades. Como resultado de la etapa de análisis del riesgo, se obtiene una estimación de daños, costos asociados y pérdidas potenciales, que en el caso del presente documento se ha denominado el cálculo del riesgo. En esta etapa se incluye la aplicación de métodos y procesos para cuantificar el riesgo a partir de los escenarios de amenaza identificados y de las condiciones de vulnerabilidad que se relacionan con tales escenarios.

**Análisis de amenaza:** Esta etapa comprende tres fases principales: definir un modelo geológico-geotécnico, plantear escenarios de amenaza y zonificar la amenaza. Como resultado de estas fases y de la etapa de análisis en sí misma, se obtienen los mapas de amenaza

La definición del modelo geológico-geotécnico incluye la consideración de los factores condicionantes de inestabilidad prevalentes en el área de estudio. Estos configuran la predisposición del terreno a la inestabilidad y están directamente relacionados con las características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas de las laderas, considerándose inherentes al área de estudio, dado que prácticamente no varían en el espacio o tiempo; debido a su compleja evaluación, los factores directamente relacionados con la intervención antrópica se incluyen como condicionantes, a pesar de que su variación espacio temporal puede ser frecuente.

Como resultado de esta etapa se obtiene un mapa de zonas homogéneas desde el punto de vista de características y comportamiento esperado. (Gutiérrez; 2010)

**Análisis de vulnerabilidad:** Este análisis comprende dos etapas fundamentales: la identificación de escenarios de vulnerabilidad y la zonificación de la vulnerabilidad. Los escenarios de vulnerabilidad se construyen con base en los escenarios de amenaza y consisten en la identificación de los tipos de daños esperados, para lo cual se consideran variables de entrada los elementos expuestos (bienes físicos y personas) y la fragilidad de tales elementos ante el tipo de amenaza definida en el escenario que se evalúa. Esta fragilidad depende de la tipología de la edificación, de las condiciones de exposición y de su resistencia ante las solicitaciones impuestas. Una vez que se tienen los escenarios se procede a realizar la zonificación de vulnerabilidad, mediante la construcción de mapas en los que se identifiquen las zonas de vulnerabilidad alta, media y baja. En el capítulo 4 se presenta la propuesta metodológica en detalle. (Gómez; 2010)

**Cálculo del riesgo:** El riesgo se evalúa para cada uno de los elementos expuestos como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad y el valor o número de elementos. Este cálculo se presenta como un valor total de pérdidas probables por año en el caso de bienes físicos, y como un número probable de personas afectadas (muertas o heridas) por año. (White; 2018)

**Zonificación del riesgo:** Consiste en plasmar en mapas las zonas de riesgo, de acuerdo con los criterios antes definidos. Se definen las zonas de riesgo bajo, medio, alto y alto no mitigable. Cada una de estas zonas tiene implicación es sobre las condiciones de uso y ordenamiento territorial, de acuerdo con lo definido en la Ley 1523. En las zonas de posible expansión que no tienen actualmente elementos expuestos, no se evalúa la condición de riesgo; esta corresponderá

a quien realice los desarrollos urbanísticos futuros (podrán los desarrolladores emplear esta misma guía metodológica, considerando tanto el escenario de los procesos constructivos como el del terreno con las obras ya construidas).

**Plan de gestión del riesgo municipal:** El Plan de Gestión del Riesgo es el instrumento mediante el cual el municipio prioriza, formula, programa y hace seguimiento a la ejecución de las acciones que concretan los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo de desastres, de forma articulada con los demás instrumentos de planeación municipal como: plan de ordenamiento territorial, plan de desarrollo, agendas ambientales, planes de acción de las diferentes entidades, instituciones y organizaciones que con su misión contribuyen al desarrollo social y económico del municipio todo esto enmarcado en la Política de Gestión del Riesgo y del Sistema Nacional de Gestión Del Riesgo De Desastres establecidos por la ley 1523 de 24 de abril de 2012 cuya normatividad determina la obligatoriedad por parte del Estado de velar por la protección de la vida de las personas y de sus bienes mediante la prevención, atención y recuperación de desastres del tipo natural y antrópico (la ley 1523 de 24 de abril de 2012)

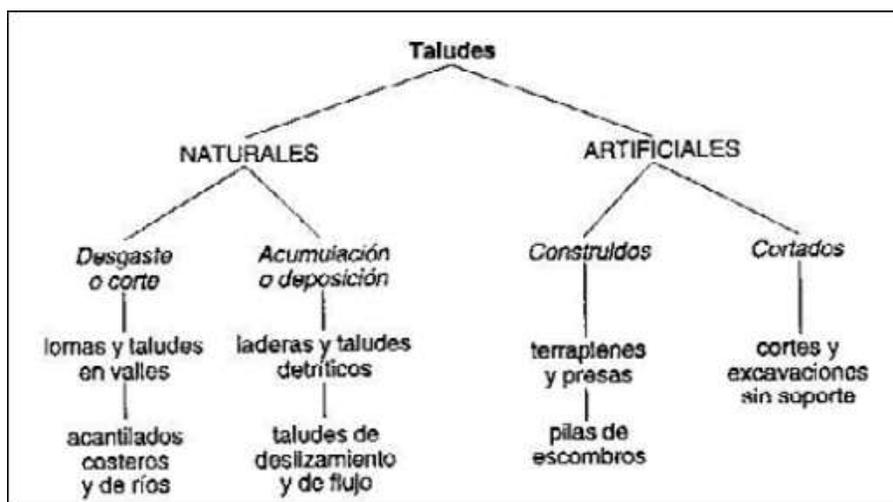
**Valoración del riesgo:** La valoración del riesgo incluye la identificación del riesgo, el análisis del riesgo y la evaluación del riesgo, concordante con el análisis y evaluación del riesgo en la Ley 1523 de 2012, para estimar daños y pérdidas potenciales, comparables con los criterios de seguridad ya establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo o del manejo del desastre. La valoración del riesgo podrá realizarse teniendo en cuenta los contenidos mínimos que se describen a continuación:

**Identificación del riesgo:** corresponde a la caracterización del riesgo diferenciado en las entidades públicas y privadas tanto en el contexto interno como en el contexto externo; esta identificación debe ser exhaustiva con el fin de cubrir todas las posibilidades.

La determinación de la metodología para la identificación de riesgos deberá tener en cuenta las establecidas en los sistemas de gestión de la entidad en lo pertinente, la normatividad que territorialmente o sectorialmente aplique y se haya establecido parcial o totalmente en las reglamentaciones, términos de referencia, guías y demás documentos pertinentes, de acuerdo con el tipo de actividades de interés y la naturaleza de los escenarios de riesgo identificados. En los demás casos se podrá adoptar cualquiera de los métodos sugeridos en la NTCIECIIS031010:2009 o las demás normas que la reglamenten o sustituyan; los cuales pueden incluir entre otros aspectos que sean necesarios en el contexto de los procesos y actividades de cada entidad pública y privada, lo siguiente: la evidencia o datos históricos; la consulta a expertos y/o el razonamiento inductivo, en caso de que aplique.

## **2.4 Marco Teórico**

Según Torres, (2014); Las masas de suelo o rocas con superficie inclinada o talud pueden ser el resultado de la acción de agentes naturales o bien construidas por el hombre; en la figura se incluyen algunos ejemplos. Todos los taludes tienen una tendencia inherente a degradarse a una forma más estable (en última instancia, a una superficie horizontal) y, bajo este punto de vista, la inestabilidad equivale a la tendencia a moverse y la falla es el movimiento real de masas. Las fuerzas que causan la inestabilidad son la gravedad y la infiltración, mientras que la resistencia a la falla proviene de la geometría del talud y de la resistencia al corte de las rocas y el propio suelo.



**Figura 3.** Clasificación de los Taludes

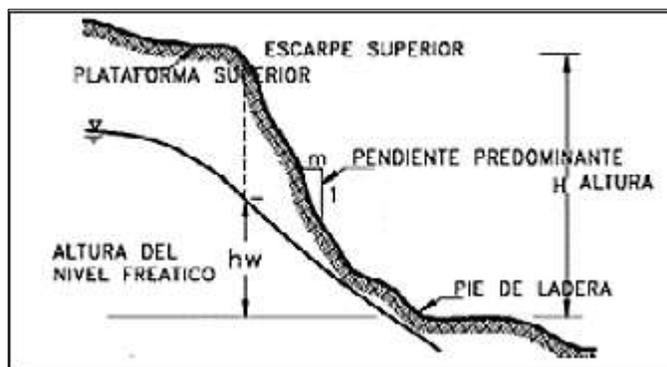
**Fuente.** Oporto Gallardo; 2006

En general, las fallas en las pendientes se inician debido a variaciones de condición, como por ejemplo, un cambio en la lluvia, drenado, carga o estabilidad superficial (por ejemplo, por eliminación de vegetación). Se pueden desarrollar con lentitud a lo largo de algunos años, o bien pueden presentarse repentinamente. (Oporto Gallardo; 2006).

Algunos taludes pueden existir durante años en estado de falla incipiente, esto es a punto de producir un movimiento. Esto resulta especialmente evidente en el caso de laderas naturales y taludes de pilas de escombros, y también debe recordarse que muchas lomas que han sido degradadas en forma natural por la acción del intemperismo, pueden estar cercanas a su estado de falla. (Sánchez; 2010).

**2.4.1. Nomenclatura y definiciones.** Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambio de altura significativa. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente. (Gallardo 2006).

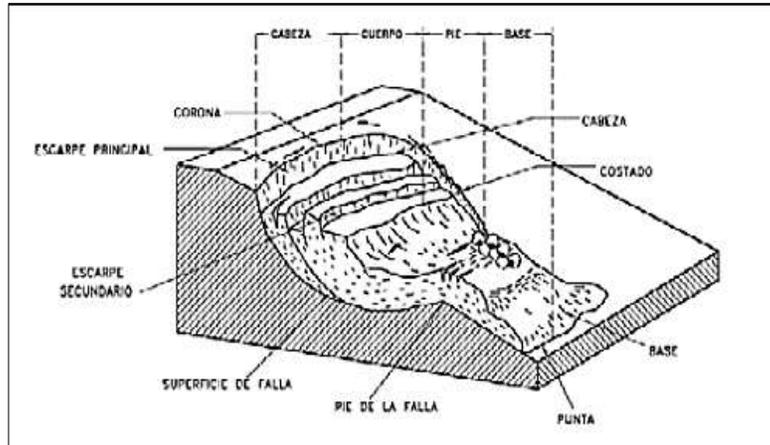
Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad (Gallardo; 2006)



**Figura 4.** Nomenclatura de una Ladera

**Fuente.** Oporto Gallardo; 2006.

**2.4.2. Nomenclatura de los procesos de movimiento.** “Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente, a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos. Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo” (Torres; 2014)



**Figura 5.** Nomenclatura de un Deslizamiento  
**Fuente.** Oporto Gallardo; 2006.

**2.4.3. Mecanismos de deslizamiento.** Conforme a un criterio que diferencia en especial las características del movimiento de la masa afectada y la forma de la superficie de falla, la clasificación propuesta distingue los siguientes tipos de deslizamientos:

- ❖ Derrumbes
- ❖ Rotacionales
- ❖ Traslaciones
- ❖ Compuestos
- ❖ Sucesivos
- ❖ Regresivos

**2.4.3.1. Derrumbes.** “Están caracterizados por movimientos de desprendimiento en las discontinuidades tales como juntas, grietas, planos de estratificación muy inclinados, planos de falla, etc., en los cuales la condición de falla puede aumentarse o acelerarse por los efectos de la presión del agua en dichas discontinuidades.

**2.4.3.2. Deslizamientos.** Según Ruiz, (2011) en esta forma de movimiento la masa permanece esencialmente intacta mientras se desliza por una superficie definida de falla. Se presentan cinco tipos:

❖ **Deslizamientos Rotacionales.** Los deslizamientos rotacionales son los más frecuentes y se caracterizan fundamentalmente por el hecho de que la superficie de falla adopta una forma semejante a la cuchara, es cóncava hacia arriba e induce corrientemente en la porción inferior del material movilizado una rotación hacia atrás.

Por esta razón, esa parte suele quedar notoriamente perturbada y dislocada, mientras las porciones superiores de la masa removida y particularmente los bloques unitarios a menudo presentan escasa perturbación e incluso muchas veces se conserva la disposición original de fenómenos que afectan a materiales estratificados e incluso la verticalidad de los árboles existentes antes del deslizamiento.

❖ **Deslizamientos Traslacionales.** Los deslizamientos traslacionales se caracterizan por un deslizamiento predominante de traslación, más o menos paralelo a una discontinuidad de la zona afectada, que corrientemente corresponde a un plano de estratificación. Si el deslizamiento es superficial y se define claramente una única unidad se denominará deslizamiento traslacional de losas; si se define un solo bloque unitario pero no superficial corresponderá a un deslizamiento traslacional de bloque; cuando el fenómeno permite distinguir más de un estrato o unidades secundarias conjuntamente con una o más principales se le llamará deslizamiento traslacional típico; y finalmente, los casos en que no se distingue ninguna unidad principal se consideran como deslizamientos traslacionales de arrastre (Castro; 2011).

❖ **Deslizamientos Compuesto.** Los deslizamientos compuestos están tipificados por una combinación de desplazamientos de rotación y traslación. por lo general se producen en taludes o laderas heterogéneas con alternaciones de estratos más y menos resistentes (Pérez; 2010).

❖ **Deslizamientos Sucesivos.** “Los deslizamientos sucesivos son de tipo rotacional y muy superficiales, caracterizados por ocurrir contemporáneamente, uno a continuación del otro hacia pendiente abajo, o bien sucesivamente a partir del inicial que es el superior. Los deslizamientos sucesivos son relativamente comunes en laderas poco empinadas con arcillolitas o lutitas fisuradas.

## 2.5 Marco legal

A continuación se presenta la normatividad legal en las cuales se enmarca el proyecto de investigación propuesto como opción de grado

**Ley 1523 de 2012.** Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

**Artículo 1°.** De la gestión del riesgo de desastres. La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y

para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

**Parágrafo 1°.** La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población

**Parágrafo 2°.** Para todos los efectos legales, la gestión del riesgo incorpora lo que hasta ahora se ha denominado en normas anteriores prevención, atención y recuperación de desastres, manejo de emergencias y reducción de riesgos.

**Artículo 2°.** De la responsabilidad. La gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano.

En cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades públicas, privadas y comunitarias desarrollarán y ejecutarán los procesos de gestión del riesgo, entiéndase: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, en el marco de sus competencias, su ámbito de actuación y su jurisdicción, como componentes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

**Artículo 3°.** Principios generales. Los principios generales que orientan la gestión del riesgo son:

## **Capítulo 3. Diseño Metodológico**

### **3.1. Tipo de investigación**

Esta es una investigación exploratoria ya que esta ofrece un primer acercamiento al problema que se pretende estudiar y conocer; la investigación de tipo exploratoria es realizada para conocer el tema que se abordará, lo que nos permita “familiarizarnos” con algo que hasta el momento desconocíamos o los cuales no teníamos muy claro como investigadores

### **3.2 Población**

La población objeto son los habitantes del municipio en la totalidad del territorio de Hacarí Norte de Santander según los datos oficiales de la administración municipal la población total es de 10473hab.

### **3.3 Muestra**

La muestra está constituida por los habitantes que residen dentro del perímetro urbano oficial los cuales según la administración municipal en su página web son un total de 1257 hab.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información**

El primer instrumento para llevar a cabo la recolección de datos en esta investigación es el de la observación, lo cual consiste en el registro visual de lo ocurre en campo permitiéndonos más adelante realizar una clasificación y consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con el esquema diseñado por los autores de acuerdo a lo establecido en la normatividad nacional.

La encuesta; este con éste método se pretende obtener información de la población de estudio, proporcionada por ellos mismos, sobre opiniones, actitudes o sugerencias. Hay dos maneras de obtener información con este método: la entrevista y el cuestionario. En este caso será usada la entrevista la cual será aplicada a funcionarios de la administración local y líderes locales

## Capítulo 4. Entrega de resultados

A continuación se presenta los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación en el marco de las pasantías para una mejor comprensión por parte de los lectores los resultados son entregados señalando el cumplimiento de cada objetivo específico planteado en el plan de trabajo al final del documento se presentan los archivos anexos que fueron usados y desarrollados para esta investigación como opción de grado para optar por el título de ingeniero ambiental

### 4.1. Generalidades de la zona urbana

La zona urbana del municipio de Hacarí se encuentra localizada al Nor-Oriente del territorio Colombiano, en el Departamento de Norte de Santander. Esta cartográficamente acotada por las siguientes coordenadas

**Tabla 2.** *Coordenadas localización zona urbana*

Sur	Norte	Este	Oeste
1.080.620 ; 1.406.606	1.080.603; 1.407.073	1.080.776; 1.406.048	1.080.472,1.407.026

**Fuente.** Esquema de Ordenamiento Territorial; 2006

El Municipio de Hacarí se sitúa en las estribaciones de la cordillera oriental Colombiana en la subregión occidental del departamento, con una superficie de 40.797 hectáreas, equivalente al 1.9% del área total del departamento. Limita por el norte con el municipio San Calixto, al oriente con el municipio de Sardinata, al sur con los municipios de la Playa y Abrego y al Occidente con los municipios de la Playa y San Calixto

Las siguientes son las extensiones y límites del municipio según el esquema de ordenamiento territorial:

**Tabla 3.** *Información General del municipio de Hacarí*

---

**EXTENSIÓN Y LÍMITES**

La superficie de Hacarí es de 410 Km<sup>2</sup>, que representa el 1,89% del departamento.

Norte: San Calixto

Sur: La Playa de Belén y Abrego

Oriente: Sardinata

Occidente: La Playa y San Calixto



Extensión total: 410 Km<sup>2</sup>

Extensión área urbana: 3 Km<sup>2</sup>

Extensión área rural: 407 Km<sup>2</sup>

---

**Nota Fuente.** Autoras 2018.

**Tabla 4.** *Información Territorial General*

---

**Información territorial Generalizada**

Extensión total: 410 Km<sup>2</sup>

Extensión área urbana: 3 Km<sup>2</sup>

Extensión área rural: 407 Km<sup>2</sup>

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 1050

Temperatura media: 29<sup>o</sup> C

Distancia de referencia: 266 desde Cúcuta

---

**Nota Fuente.** Esquema de Ordenamiento Territorial; 2006

## 4.2. Componentes de la amenaza

### 4.2.1. Hipsometría

**4.2.2. Gestión y análisis de la información.** El primer paso consistió en definir las necesidades de información, fueron identificadas las estaciones pluviométricas y climatológicas existentes dentro de la zona de estudio y en su área de influencia, para establecer cuáles son de interés para el estudio, de igual manera se identifican los requerimientos de información cartográfica. Posterior a la consecución de la información requerida, se evalúa la calidad de ésta y se continúa con un procesamiento básico que es diferente tanto para la información espacial como para la información temporal. Este último paso se llevó a cabo con el fin de tratar de garantizar que la información empleada en el estudio represente adecuadamente los parámetros hidrológicos de la cuenca. Lo que se pretende es obtener información representativa, poco sesgada y homogénea.

**4.2.3. Procesamiento de la Información Espacial.** El estudio fue realizado sobre el municipio de Hacarí Norte de Santander específicamente en la zona urbana, por lo cual se recolectó información pertinente a la zona entre la cual se destaca, planimetría y altimetría de la región de estudio, mapa de suelos, usos y cobertura, que derivaron en la siguiente información espacial:

**Tabla 5.** *Relación de información espacial*

Relación de información espacial
Mapa de red de drenajes (fuente PBOT, 2015)
Mapa de curvas de nivel (fuente levantamiento propio a partir de procesamiento de DEM)
Mapa de vías (fuente IGAC CORPONOR)
Mapa de cobertura vegetal (fuente IGAC CORPONOR)

---

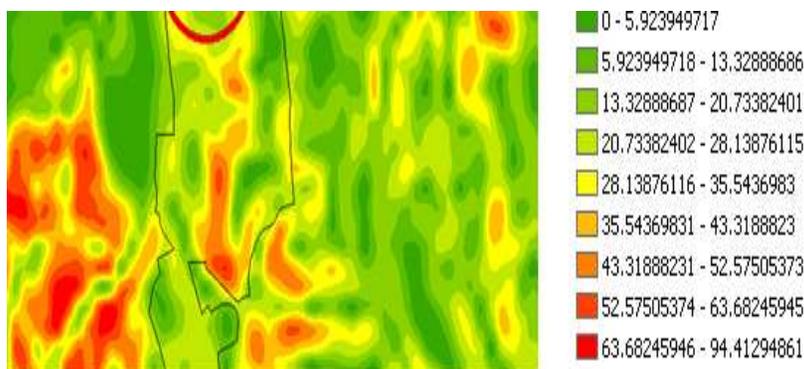
El Modelo de Elevación Digital del Terreno se generó a partir de la información topográfica

---

**Fuente.** Autoras 2018

**4.2.4. Pendientes del terreno.** La cuantificación de la máxima inclinación de una zona es lo que se denomina generalmente la pendiente, esta variable es una herramienta que permite zonificar los diferentes segmentos de relieve de una manera más clara y objetiva. Utilizando ArcGis se realizó un mapa de pendientes de la zona de análisis dado en porcentajes que muestra distintos rangos de zonificación Este mapa fue elaborado mediante un modelo de elevación digital (DEM) generado a partir de curvas de nivel cada 10 m para la zona urbana

Al realizar el traslape del polígono oficial del perímetro urbano de Hacarí Norte De Santander sobre el shp de curvas de nivel que se encuentra en la información geográfica oficial del municipio se procedió al generar un TIN o modelo de terreno con curvas de nivel con una equidistancia de 20mtr solo de la zona urbana y poder obtener mejor nivel de detalle de las pendientes del terreno.

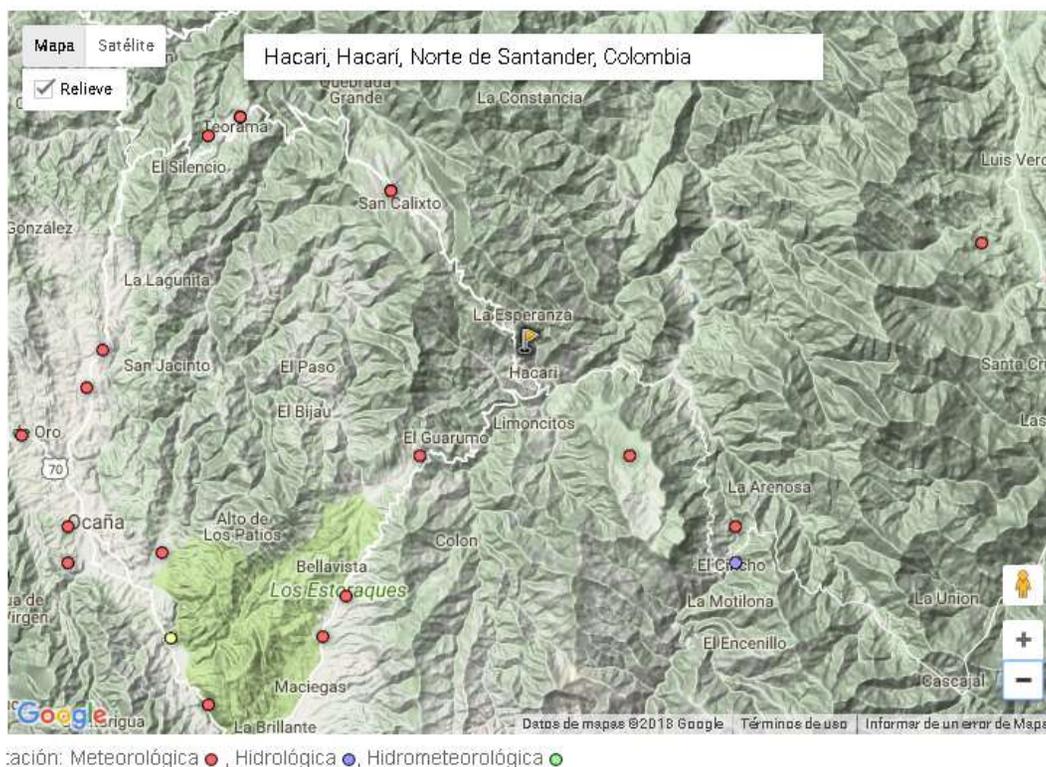


**Figura 6.** Pendientes del terreno urbano

**Fuente.** Autoras 2018

**4.2.5. Precipitación.** Para este estudio, se llevó a cabo la consulta del catálogo nacional de estaciones del IDEAM, disponible en su página web, en formato Excel y SHP. Dicho catálogo proporciona información geográfica de las estaciones, mediante el cual se realizó una superposición de éstas en la zona de estudio, con el objeto de identificar las estaciones de influencia en la zona. Así mismo, se verificó que las estaciones seleccionadas se encontraran en estado activo y con un registro de información mayor o igual a 25 años, tomando en consideración la recomendación de la UNESCO de que “para calcular balances hídricos medios son necesarias series extensas de precipitación (alrededor de 25 - 50 años)” (Sokolov y Chapman, p.27, 1981)

Las series que fueron examinadas y analizadas para el estudio correspondieron a los registros totales diarios de la variable precipitación expresadas en milímetros (mm) para cada estación. Específicamente, se solicitó la información al IDEAM, a través de su página web, de cinco estaciones circundantes al límite municipal, tres de ellas de categoría pluviométrica, y dos climatológicas principal y ordinaria, respectivamente. En la siguiente tabla se presentan las estaciones identificadas para el estudio.



**Figura 7.** Consulta de información temporal

**Fuente.** Portal de consulta del IDEAM 2018

Una vez realizada la consulta de información frente al IDEAM se pudo constatar que las estaciones climatológicas dentro de los límites oficiales del municipio de Hacari se encuentran suspendidas a continuación se entrega la relación en tablas por separado de las estaciones activas y consultadas dentro del área de influencia del municipio

**Tabla 6.** *Información general de la estación la Maravilla san Calixto*

<b>Información Estación La Maravilla</b>	
Código estación:	16050290
Nombre:	MARAVILLA LA
Tipo:	CONVENCIONAL
Clase:	METEOROLÓGICA
Categoría:	PLUVIOMÉTRICA
ESTADO	Activa
Municipio	SAN CALIXTO
Latitud:	8.407778
Longitud	-73.213611
Altitud:	1650
Corriente:	ALGODONAL

**Fuente.** IDEAM Catalogo 2018

**Tabla 7.** *Información general de la estación NIV FCO SANTAND*

<b>INFORMACIÓN ESTACIÓN NIV FCO P SANTAND</b>	
Código estación:	16055100
Nombre:	NIV FCO P SANTAND
Tipo:	CONVENCIONAL
Clase:	METEOROLÓGICA
Categoría:	CLIMATOLÓGICA ORDINARIA
ESTADO	ACTIVA
Municipio	OCAÑA
Latitud:	8.237778
Longitud	73.322222
Altitud:	1150
Corriente:	ALGODONAL

**Fuente.** IDEAM Catalogo 2018

**Tabla 8. Información general de la estación ABREGO CENTRO ADMO**

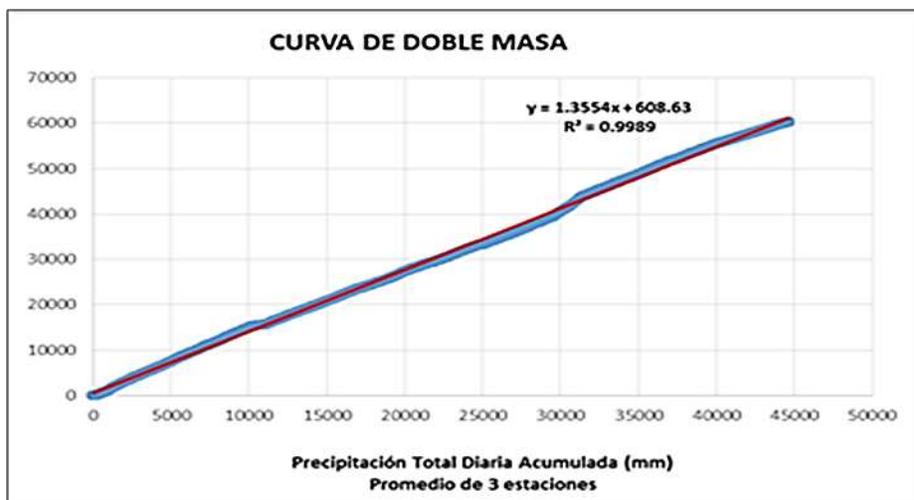
<b>INFORMACIÓN ESTACIÓN ABREGO CENTRO ADMO</b>	
Código estación:	16055040
Nombre:	ABREGO CENTRO ADMO
Tipo:	CONVENCIONAL
Clase:	METEOROLÓGICA
Categoría:	CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL
ESTADO	ACTIVA
Municipio	ABREGO
Latitud:	8.087222
Longitud	-73.223056
Altitud:	1430
Corriente:	ALGODONAL

**Fuente.** IDEAM Catalogo 2018

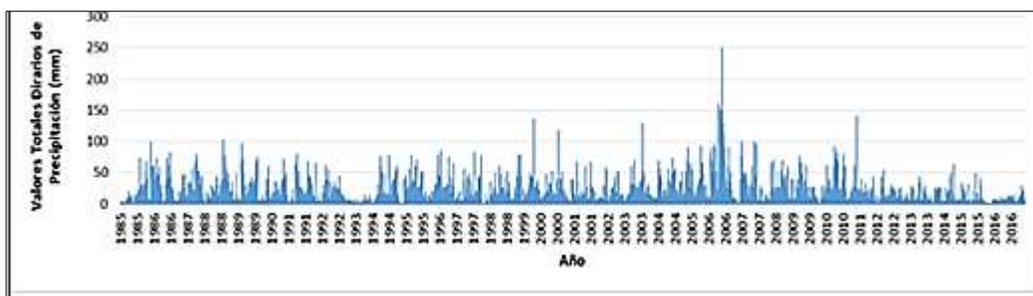
El periodo de análisis se estableció desde 1992 hasta el año 2017, cumpliendo así la mínima extensión de registro recomendada por la UNESCO, como se hizo mención anteriormente. Durante la verificación se hallaron estaciones con registros de precipitaciones incompletos, en cuyo caso fue necesario aplicar métodos estadísticos de completación para dicha serie diaria. Existe diversidad de cálculos para la estimación de datos faltantes como las que propone la UNESCO-ROSTALC en el marco del balance hídrico para América del Sur en 1982, pero el método de regresión múltiple ajusta mucho mejor los datos simulados a los datos originales con un menor error relativo. Para aplicar dicho método, se determinó en primer lugar la equivalencia entre las estaciones por medio del coeficiente de correlación, y posteriormente calculando para cada conjunto de estaciones, sus respectivos coeficientes de regresión. Tanto el coeficiente de correlación como los de regresión fueron calculados con las herramientas de análisis de la aplicación EXCEL. A continuación se estructuró la ecuación de regresión, dando como resultado los valores simulados que completaron cada serie de precipitación incompleta de cada estación

Por último, se verificó la consistencia de la serie de precipitación de cada estación por el método gráfico de curva de doble masa, teniendo en cuenta que “la densidad de las estaciones dentro de una misma región hidroclimática no garantiza que presente un mismo comportamiento climatológico estacional, y en segundo lugar, el ajuste de los datos de cada serie por dicho método permite reducir los efectos de influencia externa”(Arango, Dorado, Guzmán y Ruíz, pág. 7, 2012; OMM, 1994). Su hipótesis base considera que la pseudo-proporcionalidad de las estaciones puede representarse en un gráfico cartesiano. Para su representación se determinó la estación a controlar, para el cual se obtuvo el acumulado diario de la serie, que corresponde a los valores del eje Y del plano, y para el eje X, las series de precipitación de las estaciones base, una vez promediadas y acumuladas diariamente. Si el gráfico resultante no presenta variaciones en la pendiente de la recta, se concluye la homogeneidad de la serie, si se presenta el caso contrario, se deberán corregir los valores que no cumplen con la linealidad.

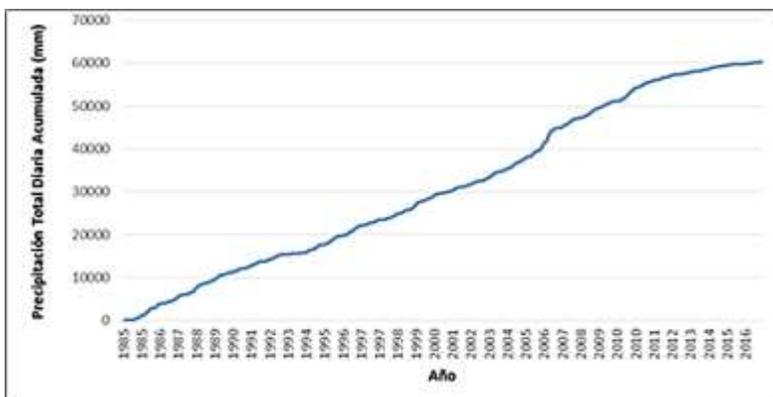
**4.2.6. Gráficos de precipitación y curvas de masa simple.** Una gráfico de serie de precipitación, en este caso, es una simple representación de los valores de la serie en función del tiempo, las cuales permiten representar algunas características de esta como pueden ser su periodicidad, grado de variabilidad y aleatoriedad, tendencias, entre otras. Un gráfico de masa simple, también es una representación en función del tiempo, pero a diferencia del anterior, se grafica la serie acumulada de precipitación. En este análisis, las gráficas de serie de precipitación para las tres estaciones muestran una tendencia decreciente, particularidad que se observa en la gráfica de masa simple, concretamente a partir del año 2010, ya que esta refleja una curvilínea en dicho periodo y, por otro lado, la pendiente de la gráfica decrece con el tiempo. A lo largo de toda la serie, pueden notarse además, diferentes cambios en la pendiente de la línea de la curva de masa simple, lo que indica series de precipitación con cambios en la media.



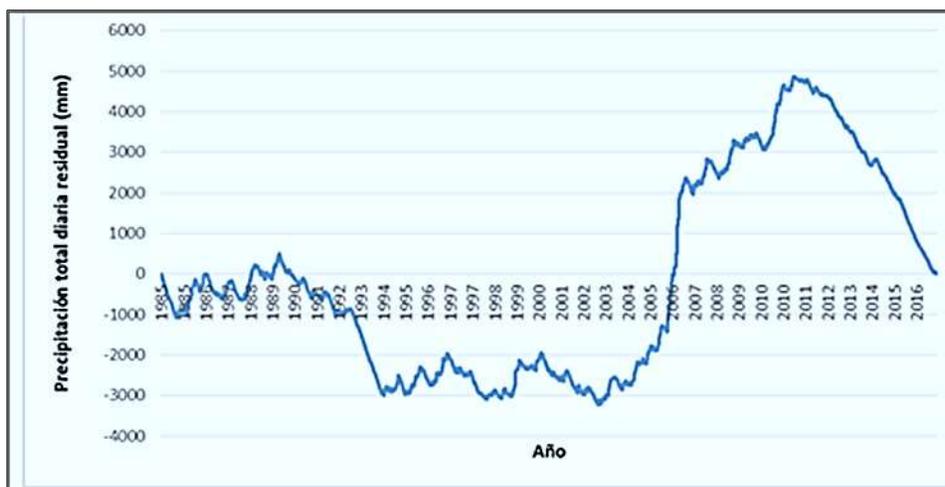
**Figura 8.** Curva de doble masa  
**Fuente.** Autoras 2018



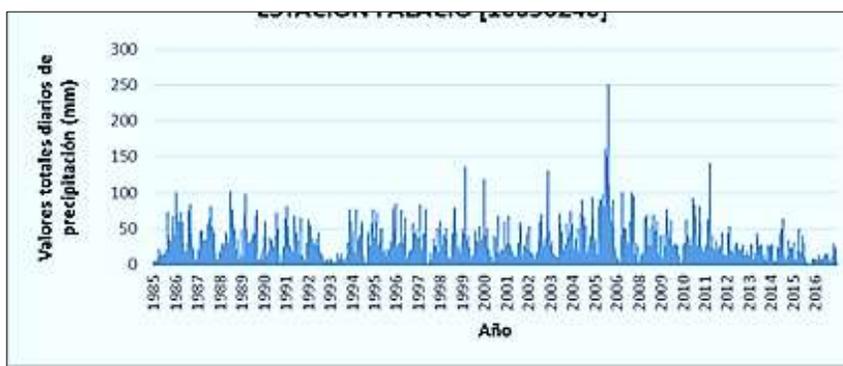
**Figura 9.** Series de precipitación estación la Maravilla  
**Fuente.** Autoras 2018



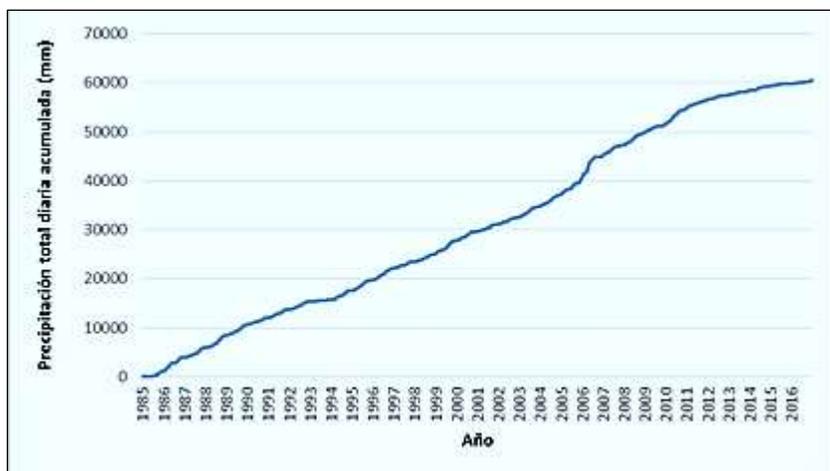
**Figura 10.** Grafica de masa simple Estación La Maravilla  
**Fuente.** Autoras 2018



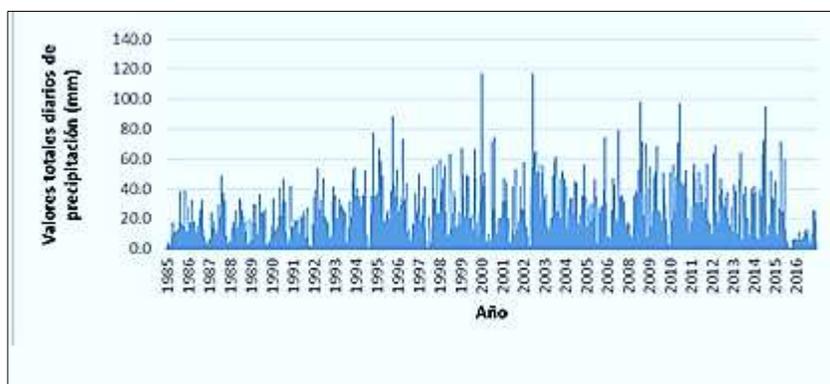
**Figura 11.** Curva de Masa Residual estación la Maravilla  
**Fuente.** Autoras 2018



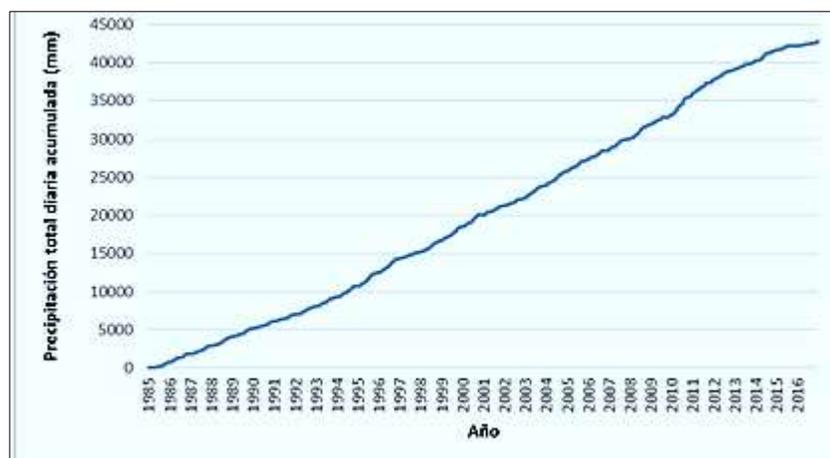
**Figura 12.** Series de precipitación de la estación NIV FCO SANTAND  
**Fuente.** Autoras 2018



**Figura 13.** Curva de Masa simple de la estación NIV FCO SANTAND  
**Fuente.** Autoras 2018



**Figura 14.** Series de precipitación de la estación ABREGO  
**Fuente.** Autoras 2018



**Figura 15.** Curva de masa simple estación ABREGO  
**Fuente.** Autoras 2018

**4.2.7. Gráfico de masa residual.** Un gráfico de masa residual refleja las desviaciones acumuladas de la serie promedia en función del tiempo. Para su construcción, primero se calculó la media de la serie de cada estación, En segundo lugar, se calculó la serie de desviaciones acumuladas, la cual se define como se observa en la Ecuación.

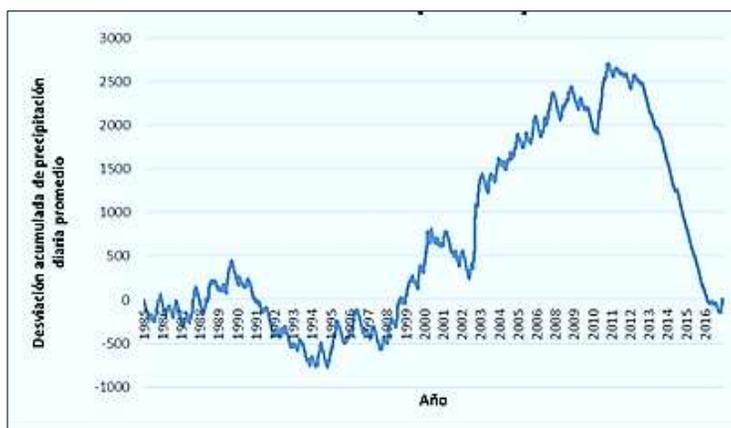
**Ecuación 1. Expresiones matemáticas para el cálculo de la media y desviaciones acumuladas de la serie.**

$$\mu x = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N X_t \quad D_t = \sum_{i=1}^t (X_i - \mu x) \quad t = 1, 2, \dots, N$$

Las gráficas de masa residual resultantes en el presente análisis muestran cambios ascendentes y descendentes a lo largo del tiempo de la serie, siguiendo una pendiente positiva o negativa, respectivamente, lo cual indica series de precipitación de las estaciones con cambios o tendencias en la media. En este sentido, los valores por encima de la media, se reflejan con una pendiente positiva, y los valores por debajo de la media se muestran con pendientes negativas



**Figura 16.** Curva masa residual estación La Maravilla  
**Fuente.** Autoras 2018



**Figura 17.** Curva masa residual estación NIV FCO SANTAND  
**Fuente.** Autoras 2018



**Figura 18.** Curva masa residual estación ABREGO  
**Fuente.** Autoras 2018

Como resultado del procesamiento de la información y respectiva depuración estadística la cual fue descrita anteriormente se obtuvieron los siguientes datos por estaciones

EST.	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPT *	OCTUB *	NOVI *	DICIE *
01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0
03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
06	0.4	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
07	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	0.7	0.0	11.0	15.0
08	0.0	1.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTA	20.0	0.1	10.0	40.1	41.1	30.0	40.0	64.0	30.0	10.0	10.0	10.0
DE TODA LUNTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DE TODA LA DIA	4.0	1.0	0.0	10.0	11.0	11.0	14.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

Figura 19. Datos de precipitación serie 25 años estación la maravilla  
Fuente. Autoras 2018

EST.	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPT *	OCTUB *	NOVI *	DICIE *
01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DE TODA LUNTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DE TODA LA DIA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 20. Datos de precipitación serie 25 años estación la NIV FCO SANTAND  
Fuente. Autoras 2018

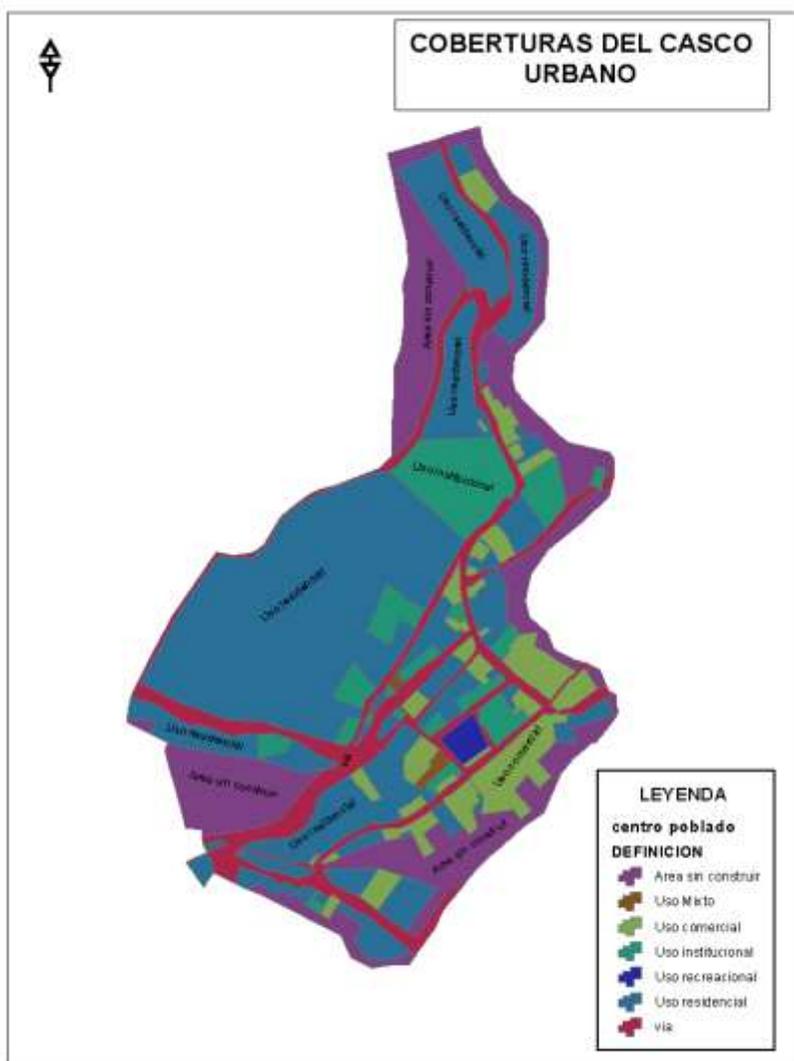
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
81	0,0	1,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
83	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
84	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
86	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
87	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
88	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
89	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
91	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
92	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
93	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
94	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
96	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
97	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
98	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nº días con lluvia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Más de 10 litros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Figura 21.** Datos de precipitación serie 25 años estación ABREGO  
**Fuente.** Autoras 2018

**4.2.8. Coberturas de la zona urbana.** El papel de la vegetación en la estabilidad del suelo radica en el efecto mecánico del sistema radicular de las plantas y arbustos que favorecen la estabilidad de las laderas al incrementar la resistencia del suelo a deslizarse.

Además, la vegetación influencia en la estabilidad de las laderas mediante la reducción de la humedad del suelo por evapotranspiración e interceptación.

Gracias a las observaciones realizadas durante los recorridos de campo y al levantamiento detallado de la ortofoto municipal a escala 1:2000, se concluyó que las coberturas existentes en el territorio son: pastos, bosques, plantaciones, rastrojos, áreas construidas, vías terciarias, vías sin pavimentar, drenajes superficiales, y suelo desnudo fuertemente erosionado.



**Figura 22.** Mapa de coberturas del casco urbano  
**Fuente.** Autoras 2018

**4.2.9. Geología urbana.** Según el esquema de ordenamiento territorial el casco urbano del municipio de Hacarí está asentado sobre la formación Girón, unidad sedimentaria del Terciario. Litológicamente está compuesta de arenisca roja de grano fino y arenisca conglomerática, shale rojo, conglomerados blancos y rojizos y limolita roja. Afectada por rocas volcánicas riolíticas.

En los límites del casco urbano hacia el Sur, se encuentra en contacto fallado con la unidad sedimentaria del cretáceo la formación Tibú – Mercedes y hacia el Norte con las unidades ígneo – metamórfica con la falla de Hacarí.

**4.2.10. Las estructuras y fallas geológicas.** Según el Esquema de Ordenamiento territorial. Las estructuras y fallas geológicas presentes, son respuestas de una actividad tectónica en el pasado geológico del área. Estas fallas de tipo normal e inverso son el producto de esfuerzos de tensión y compresión en la región.

Las rocas metamórficas se presentan en franjas alargadas, afectadas por cuerpos intrusivos – extrusivos en una dirección aproximada NS, la cual junto con la foliación indican la orientación regional (NS a N – NW) pero no presentan estructuras grandes que resaltar sino repliegues locales. Sinclinal fallado de Mesa Rica al Sur del municipio sobre la formación Tibú Mercedes y otras estructuras presentes tales como las fallas de: San Calixto, El Tarra y las fallas menores, que se generaron por esa misma actividad tectónica y control estructural que a través del tiempo geológico ha producido una gran cantidad de plegamientos de diferente magnitud en las unidades de rocas según su composición mineralógica

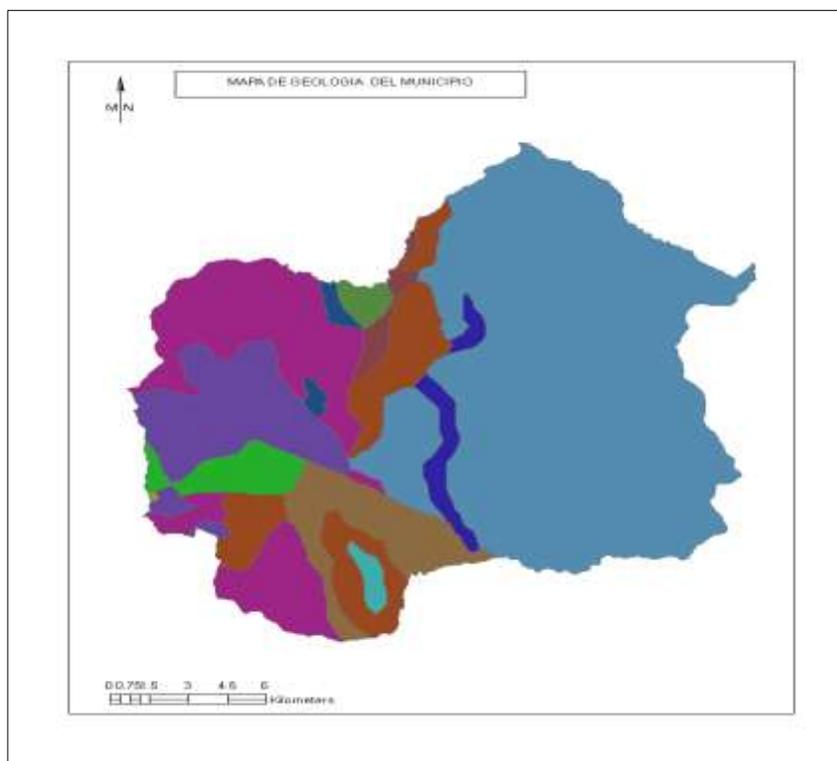
**4.2.11. Geomorfología rural.** Las variaciones topográficas en el municipio de Hacarí fluctúan entre las cotas 500 y 2000 msnm; El relieve característico de las rocas sedimentaria es de pendientes suaves a moderadamente empinado con topografía ondulante, ligeramente disectadas principalmente en la formación Uribante. El casco urbano de Hacarí se encuentra construido sobre la formación Girón.

El patrón característico de la geomorfología de las rocas ígneas conformadas por el Complejo Intrusivo - Extrusivo y el Batolito de Aguablanca de edad Jurásica, junto con las rocas metamórficas de la formación Silgará y el Ortoneis, presentan pendientes fuertes con valles encañonados y profundos, con cerros alargados y de terminaciones en algunos casos de crestas angulosas, debido a la complejidad de los procesos ocurridos en el pasado geológico de la región que afectaron las unidades rocosas más antiguas pertenecientes al Macizo de Santander.

Además se presenta sobre el fondo de los valles encañonados depósitos planos o ligeramente basculados los cuales corresponden a depósitos cuaternarios de origen aluvial como los formados por el río Tarra, Borra quebrada la Chiquita y Horqueta en el municipio.

**4.2.12. Geomorfología urbana.** La topografía del casco urbano del municipio de Hacarí presenta un relieve característico de zona montañosa estructural donde se observan pendientes empinadas a muy empinadas, por estar dentro de la zona de influencia de la falla geológica se detectaron evidencias tales como: silla de falla, plegamientos y buzamientos encontrados en los límites del casco urbano.

A continuación se presentan los mapas de geología rural y urbana en los cuales se pueden apreciar las unidades geológicas presentes en el territorio



**Mapa 3.** Geología municipal

**Fuente.** Autoras 2018

Según el mapa de geología el casco urbano se encuentra localizado sobre una zona de Media susceptibilidad a caída de rocas y deslizamientos.

**4.2.13. Amenazas geológicas.** Dentro de las amenazas geológicas en la zona se cita la relacionada con los sismos y detección de fallas geológicas activas, referida a la liberación de energía debido a la dinámica de las placas tectónicas, se manifiesta por temblores y sismos.

La existencia de fallas tectónicas ocasiona movimientos en masa, dado que los sismos actúan como mecanismo disparador de estos movimientos. En el municipio debido a la falta de información más detallada de este tópico solo es posible catalogar mediante información secundaria, suministrada por la red sismológica nacional y al Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia publicado por Ingeominas, catalogar al municipio de Hacarí como zona de amenaza sísmica alta.

Según la consulta realizada en el geportal de Ingeominas el municipio de Hacarí presenta un daño potencial a nivel sísmico en la categoría de ligero



**Figura 23.** Impresión de pantalla consulta INGEOMINAS 2018  
**Fuente.** IGEOMINAS 2018

## Capítulo 5. Evaluación de la Amenaza

Definida la amenaza como la probabilidad que ocurra un fenómeno de remoción en masa de una magnitud, intensidad y frecuencia sobre un territorio determinado que pueda causar daños importantes o desastrosos. La metodología empleada está enmarcada dentro del tipo de información disponible, así como la escala y finalidad de trabajo, en tal sentido el presente estudio se basa en:

- Revisión de la cartografía básica existente (topográfica, geológica, geomorfológica, geotécnica, usos del suelo, cobertura vegetal). Es importante aclarar que dentro de la gestión realizada por las autoras de la investigación no fue posible la consecución de la información geotécnica de la zona urbana del municipio por lo tanto este parámetro no fue tenido en cuenta en la evaluación de la amenaza .
- Identificación de unidades geológicas superficiales, geomorfología y procesos morfo dinámicos activos o potenciales a través del procesamiento de la cartografía temática oficial y el análisis del EOT (esquema de ordenamiento territorial).
- Elaboración de información temática complementaria como cobertura y usos del suelo, precipitaciones, sismicidad, factor antrópico (cortes, rellenos, manejo de aguas de escorrentía y superficiales).

Para la categorización de amenaza por fenómenos de remoción en masa se utilizó el siguiente criterio:

**Tabla 9.** *Categorización de la amenaza*

<b>AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA</b>	<b>FACTOR DE SEGURIDAD EN CONDICIÓN EXTREMA</b>
Baja	$FS > 1.30$
Media	$1.3 > FS > 1.0$
Alta	$FS < 1.0$

**Fuente.** INGEOMINAS 2018

De acuerdo a los análisis de estabilidad, antes mostrados, se puede concluir que el área de estudio presenta zonas de amenaza alta en la zona baja del deslizamiento y zonas de amenaza media y baja.

### **5.1. Evaluación de la vulnerabilidad**

Para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante deslizamientos, se empleó el cálculo del denominado Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), utilizando para tal efecto la metodología propuesta por Leone<sup>1</sup> y modificada por Soler et al<sup>2</sup>. En resumen, el trabajo consiste en calcular los índices de vulnerabilidad física (IVF), dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las sollicitaciones y las características del elemento expuesto (edificaciones y demás construcciones existentes).

En forma general, la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad y magnitud del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto. La primera variable ya se tuvo en cuenta en la evaluación de la amenaza; para la segunda variable (resistencia del elemento expuesto), se obtendrá una tipificación de las edificaciones teniendo en cuenta los siguientes criterios de resistencia de la estructura.

**Tabla 10.** *Criterios de resistencia de la estructura*

<b>Tipo de solicitación</b>	<b>Modos de daño</b>	<b>Criterio de resistencia de la estructura</b>
Desplazamientos laterales	Transporte. Deformación. Asentamientos.	Profundidad de la cimentación. Arriostamiento de la estructura.
Empujes laterales	Ruptura. Deformación. Ruptura	Altura de la estructura. Profundidad de la cimentación. Refuerzo
Impactos	Deformación. Ruptura.	Refuerzo.

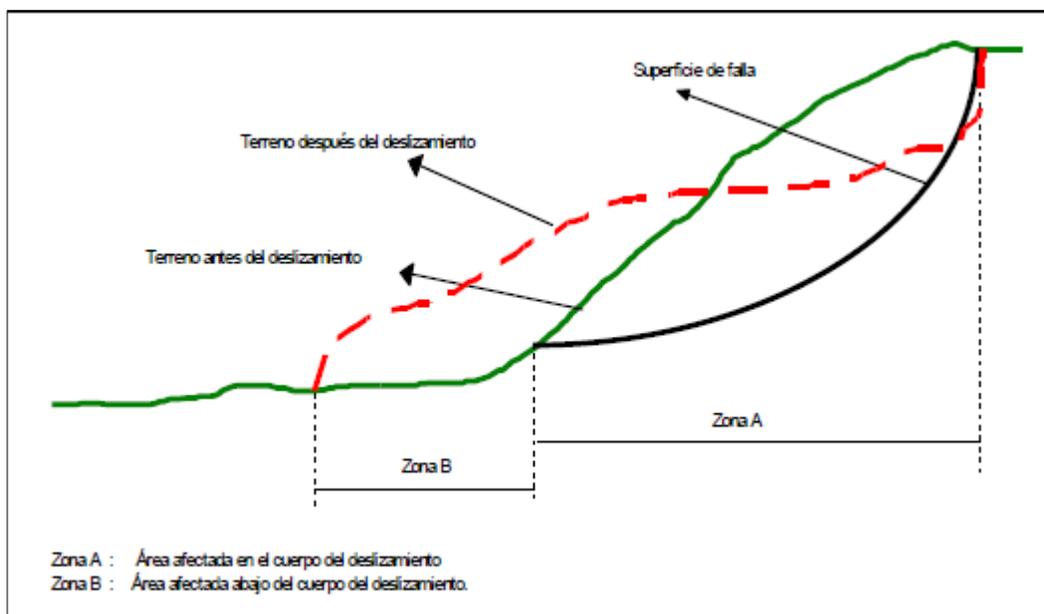
**Fuente.** INGEOMINAS 2018

**Tabla 11 .** *Clasificación de la tipología de la estructura*

<b>Tipo estructura</b>	<b>Descripción</b>
B1	Edificación en material de reciclaje
B2 Mamposteria	Edificación en mampostería sin estructura.
B2 Prefabricados	Edificación prefabricada
B3	Edificación de hasta dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
B4	Edificación de más de dos niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
R1	Via.

**Fuente.** INGEOMINAS 2018

El tipo de solicitaciones depende de la localización del elemento expuesto en referencia al sitio donde ocurre el fenómeno, tal como se presenta a continuación



**Figura 24 .** Esquema de deslizamiento  
**Fuente.** INGEOMINAS 2018

Como se puede observar en la figura anterior, se pueden distinguir dos zonas

En la Zona A (en el cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Directa, los daños que van a sufrir las viviendas se pueden relacionar con los desplazamientos laterales (DL) que, a su vez, dependen de la velocidad del movimiento (entre más rápido, los daños pueden ser mayores). Para la caracterización de las velocidades de los movimientos se utilizó la escala propuesta por Cruden y Varnes presentada a continuación:

Descripción	Clase	Velocidad característica milímetros/ segundos
Muy rápido	VM1	Mayor a 50 mm/sg
Rápido	VM2	Entre 0.5 mm/sg y 50 mm/sg
Moderado	VM3	Entre 0.05 mm/sg y 0.5 mm/sg
Lento	VM4	Entre 0.005 mm/sg y 0.05 mm/sg
Muy lento	VM5	Menor a 0.005 mm/sg

**Figura 25.** Rangos de velocidad utilizadas en el estudio

**Fuente.** Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá; 2005

En la Zona B (abajo del cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Indirecta, los daños de las viviendas se pueden relacionar con los empujes laterales (EL) que, igualmente, se pueden asociar con la altura que alcanza la acumulación de material contra la edificación, así:

**Tabla 12.** *Categorías de presión lateral utilizadas en el estudio*

DESCRIPCIÓN	CLASE	CARACTERÍSTICAS
Presión lateral alta	PL1	Mayor a 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral media	PL2	Entre 1/3 y 2/3 la altura de la vivienda
Presión lateral baja	PL3	Menor a 1/3 de la altura de la vivienda

**Fuente.** Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá; 2005

**Tabla 13.** *Solicitaciones para vías.*

DESCRIPCIÓN	CLASE	CARACTERÍSTICAS
Degradación	DH1	Degradación de la vía
Obstrucción Baja	DH2	Obstrucción de la calzada con volumen < 10m <sup>3</sup>
Obstrucción Alta	DH3	Obstrucción de la calzada con volumen > 10m <sup>3</sup>
Ruptura	DH4	Ruptura de la calzada

**Fuente.** Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá; 2005.

## Capítulo 6. Características Sociales de la Zona de Estudio

Se tuvo en cuenta las características sociales y el sistema físico partiendo de la zona urbana a los límites del perímetro urbano. En lo referente al sistema físico se contó con las observaciones en campo y fuentes secundarias

En primer lugar es necesario analizar los aspectos socios demográficos de acuerdo con la población censada por sexo y grupos de edad. De ésta información es posible establecer las proyecciones de población con las cuales se determina el comportamiento de las tendencias para fijar los horizontes del plan.

### 6.1. Tamaño y distribución de la población

Según el Esquema de Ordenamiento territorial El municipio de Hacarí posee una población total de 9825 habitantes de acuerdo a los datos registrados en la encuesta socioeconómica que se llevó a cabo para la realización del esquema de ordenamiento territorial municipal.

Por su distribución la mayor parte población de Hacarí es rural, 9.026 habitantes que conforman el 92% de la población total. Dentro de la población rural se destacan Los centros poblados y el área suburbana Pinzón Castilla con poblaciones de 198 y 177 habitantes que representan el 2.2% y 1.6% del total de la población rural.

En el pueblo existen sectores netamente residenciales, pero en general este uso se encuentra disperso por todo el pueblo, puesto que el 18% de los usos es de carácter comercial mixto (Vivienda-Comercio), algunas de las viviendas tienen cría animales domésticos y cultivo

de plátano, café u hortalizas. Dentro de los problemas que encontramos en la vivienda podemos destacar la falta de accesibilidad a la misma generada por bajo ingresos de sus habitantes, despreocupación por los gobernantes para ejecutar planes de vivienda, la segregación social y económica, problemas de orden público, la falta de disponibilidad de tierras y las condiciones topográficas que encarecen aún más la construcción; todo esto trae como consecuencia el alto grado de hacinamiento que se observa en el municipio donde conviven hasta dos y tres familias en una vivienda o una familia en una sola habitación y la construcción de viviendas en sitios inadecuados como es el caso del barrio 20 de julio, constituyéndose en zonas de eminente peligro y degradación del medio ambiente



**Fotografía 1.** Tipo de edificaciones urbanas

**Fuente.** Autoras 2018



**Fotografía 2.** Tipo de edificaciones

**Fuente.** Autoras 2018

## **6.2. Actividades económicas dominantes.**

Según el EOT, el municipio de Hacarí es una región netamente agrícola y ganadera. Al poseer variedad de climas ofrece una gama alta de productos agrícolas, su producción se ve disminuida como consecuencia de malas prácticas de manejo, uso inadecuado de los suelos, implantación de cultivos en áreas inapropiadas, falta de vías de penetración para sacar los productos, poco o nulo acceso a créditos blandos, zonas de mercadeo cercanas y problemas sociales, que ocasionan el bajo nivel de vida de aquellas zonas donde predominan los cultivos de subsistencia.

Para este sector la ausencia de desarrollo tecnológico y de incentivos, debido a la falta de una política rural y mucho menos a la idea de mejorar la competitividad, a pesar de existir productos que podrían abastecer otros mercados. Existen algunos productos con ciertos avances técnicos, protegidos por agremiaciones (Federación Nacional de Cafeteros), mientras que otros productos, permanecen estáticos y sin ningún tipo de incentivos

A lo anterior habría que sumarle que la recolección tradicional genera, productos sometidos a un deterioro de la calidad y los cultivos tradicionales presentan gran dificultad de comercialización, debido a las difíciles condiciones de accesibilidad de algunas zonas, estos cultivos no emplean ninguna tecnología, se debe agregar que por la necesidad de utilizar intermediarios, el agricultor pierde la oportunidad de ingresar a un sistema de comercialización eficiente que tampoco está apoyado por el Estado local

La economía de la región gira en torno al cultivo del café, caña panelera y cultivos limpios. En las partes más bajas del municipio se expande el cultivo del cacao como una alternativa de producción, combinado con cultivos de plátano y caña panelera.

En general, el sistema de producción y mercadeo es altamente deficiente, cuyas falencias se sintetizan en demasiados intermediarios, poca o nula conectividad, carencia de vías e incremento de costos, ausencia de tecnología diferencia en ventajas en cultivos asociados, ausencia de créditos, ausencia de políticas de ordenamiento y uso del suelo y poca asistencia técnica. Además existe una ausencia total de políticas estratégicas, programas y proyectos que integren el desarrollo agrícola rural, al desarrollo municipal. Las zonas productoras son coincidentes con las áreas de mayor dificultad de acceso, vías en mal estado que quedan impenetrables en épocas de invierno, aun cuando el potencial del suelo presenta posibilidades de diversificación

## **Capítulo 7. Hidrografía**

Contar con información actualizada y precisa sobre la distribución regional y local de las disponibilidades de agua, es una tarea difícil debido a la falta de estaciones hidrométricas (tal como se evidencio en el segmento de precipitación, a fin de precisar y ordenar las áreas con mayores peligros de desabastecimiento y adelantar las acciones de planificación y regulación del uso del recurso hídrico, se estudiaron los siguientes determinantes hídricos.

### **7.1. Red Hídrica**

A nivel departamental se tienen las grandes cuencas del río Magdalena, río Orinoco y Catatumbo. Así mismo, cada gran cuenca se clasifican en unidades territoriales subsiguientes denominadas cuencas mayores, a su vez cada cuenca mayor se subdividen en cuencas, subcuencas y microcuencas.

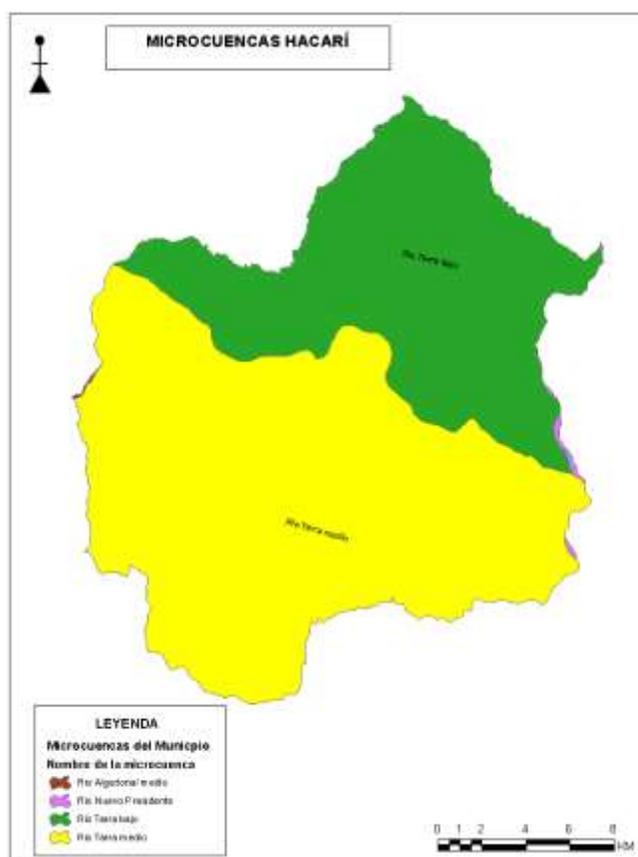
Según el EOT el área Municipal en su totalidad pertenece a la gran cuenca del río Catatumbo, a la cuenca mayor del río Catatumbo; que a su vez se divide en la cuenca del río Tarra.

En la tabla se describen algunos parámetros morfométricos y cualitativos de las microcuencas existentes en el Municipio esta información está tomada directamente del Esquema de ordenamiento territorial del municipio.

**Tabla 14.** *Parámetros morfométricos y cualitativos microcuencas*

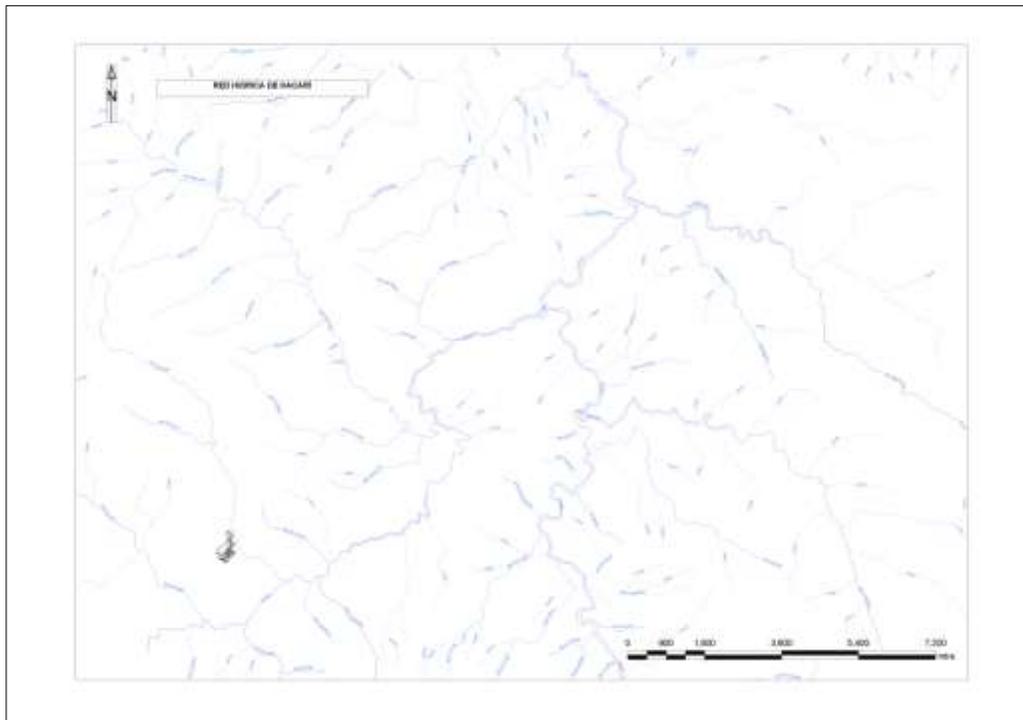
MICROCUENCAS	Precipitación media (mm)	Altura media (m.s.n.m)	Perímetro (Km)	Area (Ha)
Microcuencas de tercer orden del Río San Miguel.	2040	1,095	31	2,663
Q. LA CRISTALINA	2501	999	31	2,909
Q. CUMANA	2392	1,132	24	2,085
Q. AGUA BLANCA	2391	1,246	30	3,934
Q. ORQUETA	2327	1,330	31	4,009
Q. SAN JUAN	2051	1,197	14	356
Q. MARACAIBO	1539	1,443	30	4,076
Q. EL MOLINO	1105	1,396	20	954
Q. LOCUTAMA	1067	1,448	23	2,430
Q. MARTINEZ	1260	1,483	85	1,783
Microcuencas de tercer orden del Río Tarra	1803	1,146	19	10,438
Q. SAN BENITO	1948	984	19	1,372
M.RIO BORRA	1519	1,127	47	3,787

Fuente. EOT 2006

**Mapa 4.** Microcuencas de Hacarí

Fuente. Autoras 2018

En el siguiente mapa se presenta la red hidrográfica del municipio de Hacarí

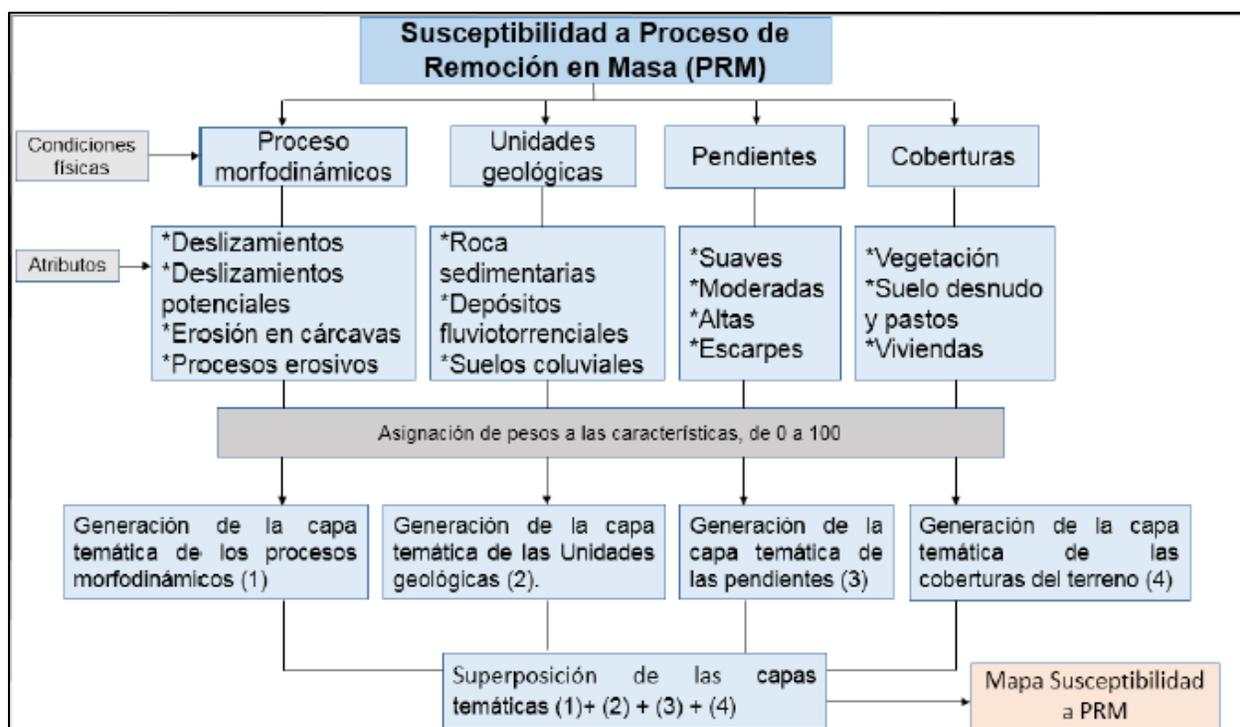


**Mapa 5.** Red hídrica de Hacarí  
**Fuente.** Autoras 2018

## Capítulo 8. Evaluación de la Susceptibilidad y la Amenaza por PRM

En el presente capítulo se realiza la evaluación de la susceptibilidad y de la amenaza a procesos de remoción en masa en la zona urbana del municipio de Hacarí Norte de Santander

### 8.1. Evaluación de la susceptibilidad a PRM



**Figura 26.** Metodología para evaluar la susceptibilidad a los PRM

**Fuente.** Autoras 2018

Se definieron las características, se digitalizaron en forma de mapas compatibles con el SIG, se definieron los atributos acorde con los elementos geográficos y propios del lugar. El proceso se llevó a cabo con cada una de las capas.

**Tabla 14.** *Características de las capas temáticas.*

<b>Capa</b>	<b>Clase</b>	<b>Característica</b>
Unidades geológicas	Unidad	Roca sedimentaria, Formación volcánica,
Procesos Morfodinamicos	Tipo	Aluviones sin diferenciar Deslizamientos potenciales, erosión en cárcavas, erosión por pendientes.
Pendientes	Nivel	Suaves, moderadas, altas y escarpadas
Coberturas	Clases	Vegetación, viviendas, suelos desnudos y Pastos

**Fuente.** Autoras 2018

Para la evaluación de la susceptibilidad en el sector urbano de Hacarí, se tomó como referencia el estudio realizado por el comité municipal de la gestión del riesgo Diagnóstico de Amenazas Naturales para el Municipio de Hacarí, donde se aplica una escala de 0 a 100 puntos (tabla 16). En esta tabla se le da un rango de valor a cada grado de susceptibilidad, es decir cero sería la susceptibilidad más baja o nula y a medida que el rango va aumentando la susceptibilidad será mayor, siendo los rangos comprendido entre 49 y 75; 76 y 100 los de mayor cuidado.

**Tabla 15.** *Grados de susceptibilidad.*

<b>Susceptibilidad</b>	<b>Susceptibilidad Rango de Valor</b>
<b>Muy Alta</b>	100-76
<b>Alta</b>	75-49
<b>Media</b>	48-23
<b>Baja</b>	22-0

**Fuente.** Autoras 2018

## **8.2. Análisis y resultados de las capas temáticas**

Después de haber asignado valores a las características: unidades geológicas, procesos geomorfológicos, pendientes y coberturas del terreno, se cartografió cada capa de información

por separado, y después se superpusieron todas las capas obteniendo el mapa de la susceptibilidad

### 8.3. Historicidad e inventario de eventos morfodinámicos.

Tener conocimiento del espacio, tiempo y tipo de eventos ocurridos en el sector de estudio es de gran importancia, para identificar hasta qué punto la población puede verse afectada y la frecuencia con la que se presentan los eventos.

El área donde se presenta la mayor concentración de viviendas inició su poblamiento desde el 2001 y continúa en constante crecimiento, las dinámicas sociales y de construcción son muy activas, las autoridades competentes no hacen mucha presencia en el lugar lo que lleva a que no se encuentren registros de los PRM que han ocurrido, tras la inexistencia de dicha información fue necesario hacer comparaciones de imágenes de Google Earth, entrevistas y aplicar encuestas. Según miembros de la comunidad se han presentado varios PRM, entre los que se encuentran caída de rocas, y deslizamientos, (tabla 17) el caso más notorio ocurrió el 6 de abril de 2010, después de un fuerte aguacero se presentó un deslizamiento que arrastró una vivienda y a una persona.

**Tabla 16.** *Historicidad de procesos de remoción en masa*

<b>Tipo de Evento Ocurrido</b>	<b>Fecha de Ocurrencia</b>
Procesos erosivos	Mayo del 2008
Deslizamientos/caída de rocas	Diciembre del 2008
Deslizamiento	Abril del 2010
Deslizamiento	Mayo del 2011
Deslizamiento	Abril 2013
Caídas de roca	Mayo 2014

**Fuente.** Autoras 2018

**Nota:** tabla construida a partir de los datos tomados en campo con el concurso de la población de la zona

Según información obtenida en campo, en los años anteriores al 2008 no se presentaban deslizamientos, habían varios sitios con suelos desnudos pero no había población asentada en todo el lugar habían pocas viviendas y estas estaban ubicadas en sectores de poca pendiente, fue hasta mediados del 2006 cuando se activó el poblamiento trayendo consigo la necesidad de obtener lotes para ubicar las viviendas y material para relleno, lo que potenció los deslizamientos

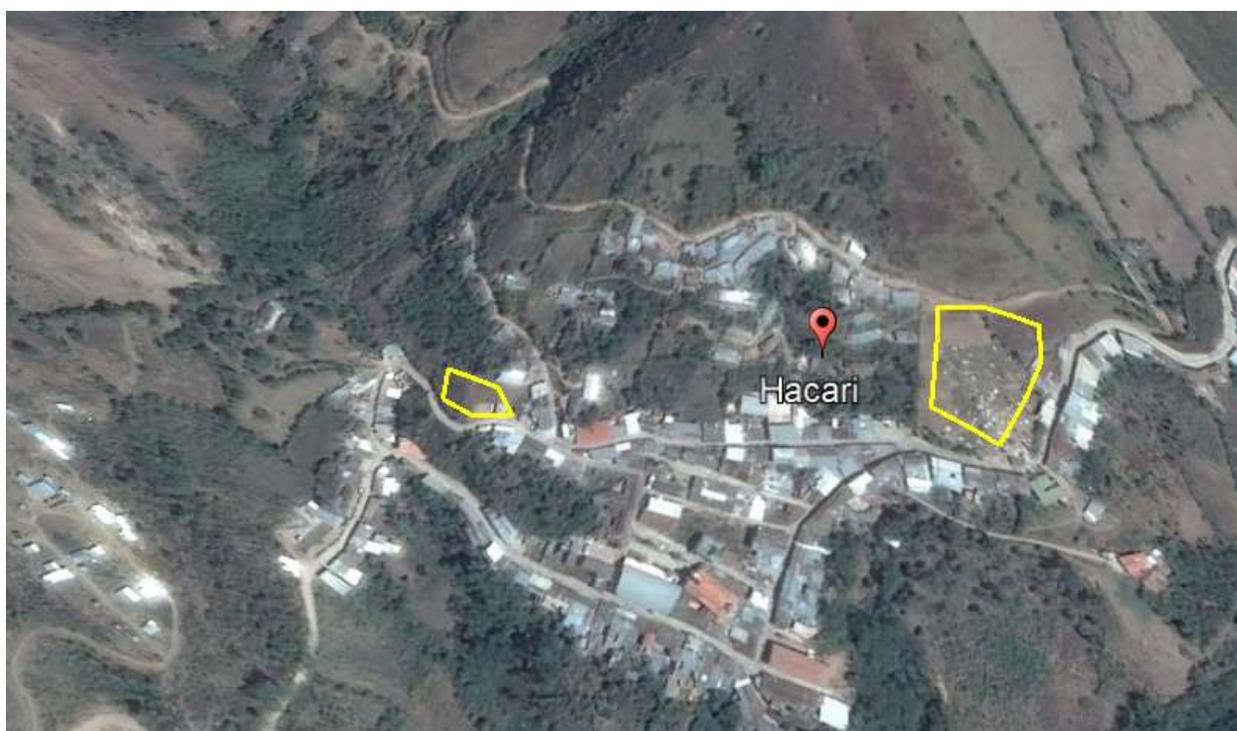
La ocurrencia de estos eventos según la población se da después de fuertes lluvias, pero también por su imprudencia de arrojar agua directamente al suelo dentro de sus viviendas haciendo que estos se saturen y se desplomen.

En mayo de 2014, se presentó caída de rocas causada principalmente por acciones antrópicas, un residente del sector no tiene ningún sistema de desagüe en su vivienda tanto así que todas las aguas son desechadas dentro de la misma, la cual está ubicada en el borde del talud lo que ha generado que la roca que en su gran mayoría se encuentra meteorizada se desplome con mayor facilidad, la infraestructura es construida principalmente con materiales de reciclaje



**Fotografía 3.** Vivienda que presenta riesgo de derrumbarse  
**Fuente.** Autoras 2018

En varias zonas del área de estudio se evidencian cicatrices de los procesos erosivos y de remoción en masa que allí se han presentado, los deslizamientos son más frecuentes en la zona de la montaña, las caídas de rocas y los procesos erosivos se presentan en la zona del talud y la mina de carbón. En varios lugares las cicatrices dejadas por las remociones y la erosión han sido ocultadas por las viviendas ya que se han construido sobre ellas. Se evidencia el cambio que ha sufrido el sector, en la imagen correspondiente al año 2017 se evidencia la presencia de cárcavas



**Figura 27.** Puntos de erosión con cárcavas  
**Fuente.** Google Earth pro 2018 Modificada por las autoras

#### 8.4. Unidades geológicas.

Según Ingeominas la zona urbana de Hacari Se encuentra atravesada por diques de composición silíceo a básica con una distribución irregular y un espesor variable. El Intrusivo al sufrir el proceso de meteorización da como producto un suelo arenoso –arcilloso de color blanco a amarillento, algo micáceo. En reconocimiento de campo se evidencia el grado de

meteorización que actúa fuertemente sobre el feldespatos produciendo arcillas que se desprende fácilmente por gravedad, especialmente por los cortes con fuertes pendientes, manifestados en la inestabilidad del terreno que produce fenómenos de remoción en masas tales como deslizamientos y flujos de tierra a lo largo del recorrido de las principales carreteras que recorren el municipio que son más comunes en épocas de precipitación alta.

El cuarzo es el más resistente a este tipo de degradación, formando un suelo arenoso arcilloso que se presente en esta unidad, debido a que es una formación muy antigua en cuanto tiempo geológico se refiere, que ha sufrido diferentes eventos tales como ser afectadas por intrusivos ígneos y estar sometidas a diferentes esfuerzos de tipo compresivos de acuerdo al control estructural de la región.

#### **8.5. Rocas Sedimentarias Jurásico Inferior – Cretáceo**

Se encuentran principalmente al S – E Municipio de Hacarí, representadas por las formaciones Girón de edad jurásica, con una secuencia de unidades Cretácicas conformadas por las formaciones Uribante, Capacho, Colón y Mito Juan.

**Formación Girón.** El nombre se deriva de la población de Girón y fue utilizado por primera vez por Hether (1892) para designar un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limolita rojas que se encuentra expuesto en los alrededores de Zapatoca y Girón en Santander. Langenheim (1954) redefine la formación y establece su sección tipo en el río Lebrija, entre el Conchal y Bocas en Santander.

En el área la formación Girón se presenta sobre el casco urbano del Municipio de Hacarí, en contacto fallado con rocas ígneas y metamórficas del Macizo de Santander e infrayaciendo a la formación Tibú - Mercedes.

La formación aparece en el área muy meteorizada, fracturada y afectada por material volcánico. En general se encuentra constituida por intercalaciones de Shale rojo; arenisca roja de grano fino, masiva; arenisca conglomerática; conglomerado en matriz rojiza arcillo – arenosa con fragmentos sobredondeados a subangulares de cuarzo y material arcilloso rojizo; conglomerado blanco con cantos sobredondeados de cuarzo lechoso; arenisca roja de grano medio y limolita roja.

Se presentan fenómenos de remoción en masas muy marcados sobre esta secuencia debido a la cercanía de la falla que ha plegado algunas secuencias estratigráficas, marcado fracturamiento con cambios bruscos de buzamiento. Todos estos factores conjugados crean una inestabilidad en el terreno que se observa en los constantes deslizamientos presentes en esta vía cerca de la zona de influencia de la falla

**Formaciones uribante.** Inicialmente fue concebida como formación, la sección tipo se encuentra localizada en el río Uribante en Venezuela. En Colombia su definición se debe a Notestein (1944) quien la subdivide en tres Miembros, que posteriormente son redefinidos y elevados a rango de formación Tibú, Mercedes y Aguardiente.

Reposa sobre las rocas ígneas y metamórficas del Macizo de Santander y rocas sedimentaria de la formación Girón, infrayaciendo a la formación Aguardiente del Grupo Uribante al Sur y S - E del municipio.

**Formación Tibú.** La sección tipo está localizada en la cabecera del río Tibú.

Litológicamente está constituida en la base por un manto de areniscas conglomerática que se hace más fina hacia el tope.

La parte restante de la unidad predomina la caliza gris cristalina, fosilífera con algunas intercalaciones de Shale y areniscas. Descansa inconforme sobre el Basamento y su límite superior es concordante con la formación Mercedes. El ambiente de sedimentación ha sido interpretado como de origen marino poco profundo ( Ruge, 1979)

**Formación Mercedes** La sección tipo se encuentra localizada en el Valle de las Mercedes en La Concesión Barco. Litológicamente está constituido por una alternancia de calizas grises, lutitas negras y areniscas glauconíticas calcárea. Su contacto inferior es transicional con la Formación Aguardiente. El ambiente de sedimentación es marino (Julivert; Bernal et al., 1987).

**Formación Aguardiente** El nombre proviene del filo del Aguardiente en la Concesión Barco. Litológicamente la unidad está constituida por intercalaciones de areniscas gris clara verdosa, cuarzosa, glauconíticas y shale. El contacto con la formación Cogollo es concordante y parcialmente gradacional, el ambiente de depósito de esta unidad es marino (Julivert. ,Bouman and Gibson, 1964).

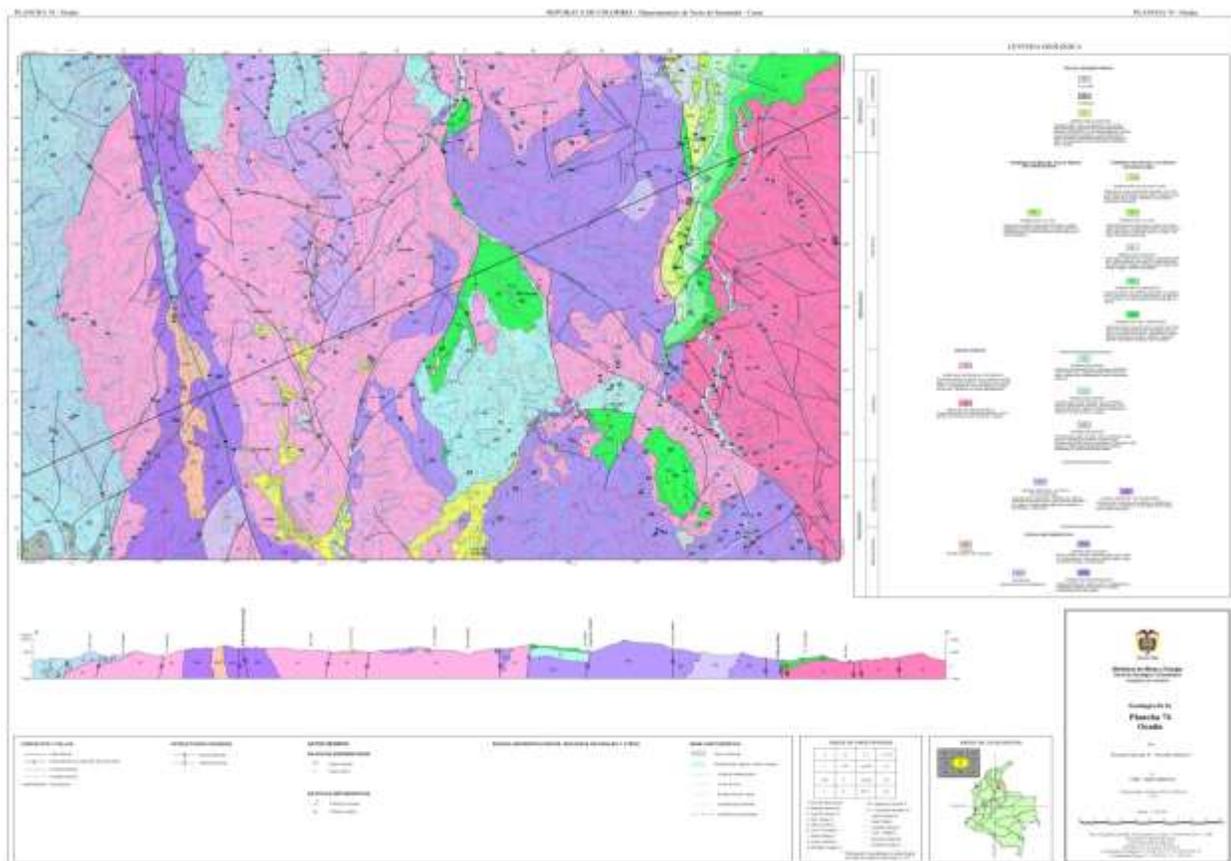
En el área se encuentra constituida principalmente por: areniscas blanca, amarillenta, gris clara a oscura, cuarzosa y micácea generalmente moscovita, glauconíticas de grano fino a grueso, algunas conglomeráticas, localmente calcáreas, con estratificación cruzada, presenta mucha oxidación.

Dependiendo del grado de importancia en la generación de la susceptibilidad se le asignó un (Tabla 18). Peso a cada una de las variables. El valor o peso de cada unidad geológica se asigna dependiendo de la calidad del suelo (textura, estructura, grado de meteorización, dureza, humedad, porosidad, grado de consolidación, entre otros)

**Tabla 17** .Unidades geológicas

Unidad Geológica	Valor
Formación Girón	100
Formaciones uribante	60
Formación Tibú.	60
Formación Mercedes	100
Formación Aguardiente	30

**Fuente.** Autoras 2018



**Figura 28.** Plancha geológica de la zona de estudio  
**Fuente.** INGEOMINAS, 2018

## 8.6. Procesos Morfodinamicos

Los procesos morfodinamicos tienen gran presencia en el sector de estudio, ocasionan daños considerables tomando en cuenta que las viviendas son construidas en materiales poco resistentes lo que lleva a que sus bases sean débiles, el suelo posee estructura y textura no apta para la construcción, seguido a esto el mal uso de los suelos no solo se da por la construcción sino también por la tala de árboles que deja sin amarre al suelo poco consolidado y meteorizado, vertimientos de aguas residuales, aguas de escorrentía, construcción de vías y callejones de acceso, entre otros. En este caso es el hombre el que causa el mayor grado de erosión del suelo.

1. **Deslizamientos potenciales.** Se toman como los eventos que tienen una alta probabilidad de ocurrencia a corto o mediano plazo, debido a que los pobladores del sector han construido sus viviendas en una mina socavada (Foto 4) sobre terreno erosionado y de altas pendientes, estos procesos se presentan al oriente, norte, noroccidente y nororiente del sector.



**Fotografía 4.** Vivienda sobre antigua mina  
**Fuente.** Autoras 2018

**2. Erosión por la pendiente.** La erosión por efectos de inclinación de la pendiente se presenta en el occidente y el centro del sector, este tipo de erosión es la más representativa en el lugar (fotografía 5)



**Fotografía 5.** Viviendas construidas sobre terrenos con fuertes pendientes  
**Fuente.** Autoras 2018

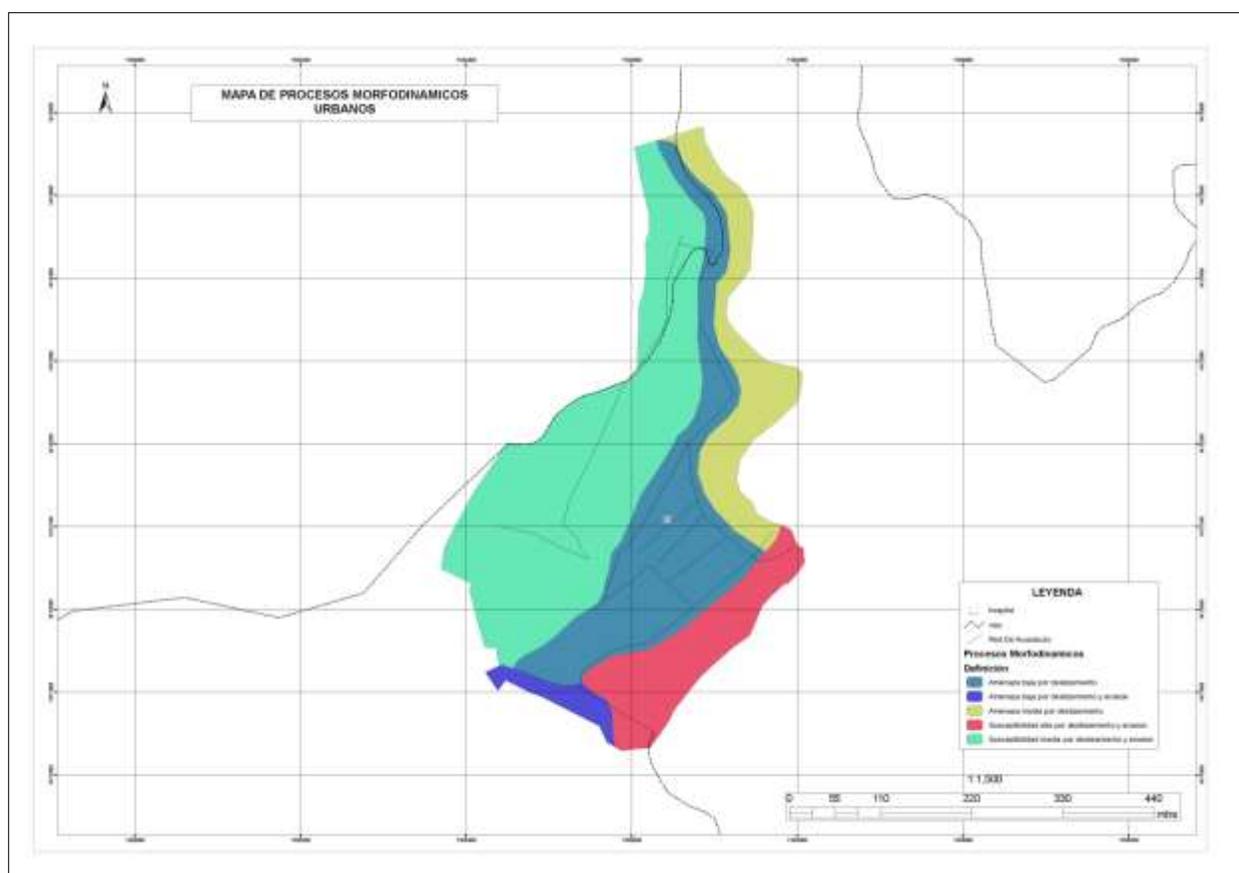
**3. Erosión en cárcavas.** Se localiza en la falda de la montaña, más exactamente al norte, donde se extraía tierra y rocas para rellenos. Cuando hay presencia de erosión en cárcavas se está ante un grado severo de degradación del suelo, debido al mal manejo y la falta de obras de mitigación. En este caso sería dado principalmente por el suelo que han sido removidos y por los cortes que se dan en el suelo con el fin de ubicar las viviendas. Estos hechos aceleran la formación de las cárcavas que son en su mayor parte irreversibles.

Dependiendo del papel que juega cada uno de estos actores en la susceptibilidad se le asignó un valor

**Tabla 18.**Tipos de Procesos Morfodinamicos

Procesos	Valor
Deslizamientos potenciales	100
Erosiones en cárcavas	40
Erosiones por pendientes	25

**Fuente.** Autoras 2018

**Mapa 6.** Procesos Morfodinámicos urbanos

**Fuente.** Autoras 2018

Analizando en mapa de pendientes y comparando con el mapa de procesos morfodinámicos urbanos, y teniendo en cuenta la tabla 16 (grado de susceptibilidad) se logró definir que los siguientes barrios como 20 de julio y la quebradita se encuentran ubicados en una zona que presenta una susceptibilidad alta por deslizamientos con un rango de susceptibilidad entre 49-75

La calle de la salud y La calle Miraflores encontrándose en una zona de susceptibilidad media por deslizamiento y erosión con un rango de susceptibilidad entre 23-48.

La calle del comercio, guayabal ubicada en una zona que presenta amezacas medias por deslizamientos con un rango de susceptibilidad entre 23-48.

### **8.7. Pendientes.**

Según Ingeominas, 200544, está área corresponde a zonas de pendientes escarpadas y fuertes, que hacen parte de la cordillera Las pendientes suaves se toman de 0 a 10 %, las moderadas de 11 a 20 %, altas de 21 a 40 % y las escarpadas corresponden a las que presentan pendientes iguales o mayores a 41 %.

El sector de estudio, se encuentra sometido a procesos propios de la construcción y a la mecanización acelerada del terreno, los usos de los suelos son inadecuados por lo que están altamente erosionados y meteorizados, seguido a esto se encuentra el talud sobre el cual está asentada la mayor parte de la población. La pendiente es alta al igual que la degradación, se pudo evidenciar que las porciones de roca que se observan firmes a simple vista se desmoronan al tacto, la montaña sobre la cual se encuentra otro porcentaje importante de la población está socavada por la actividad agropecuaria que se realiza en la zona pasados, Al noroccidente del sector, corresponde a la antigua mina al igual que el centro del sector de estudio, las pendientes moderadas y altas se distribuyen en la mayor parte del lugar, las pendientes suaves se ubican sobre todo en los bordes. Dependiendo del grado de inclinación se les asignó un peso de 0 a 100

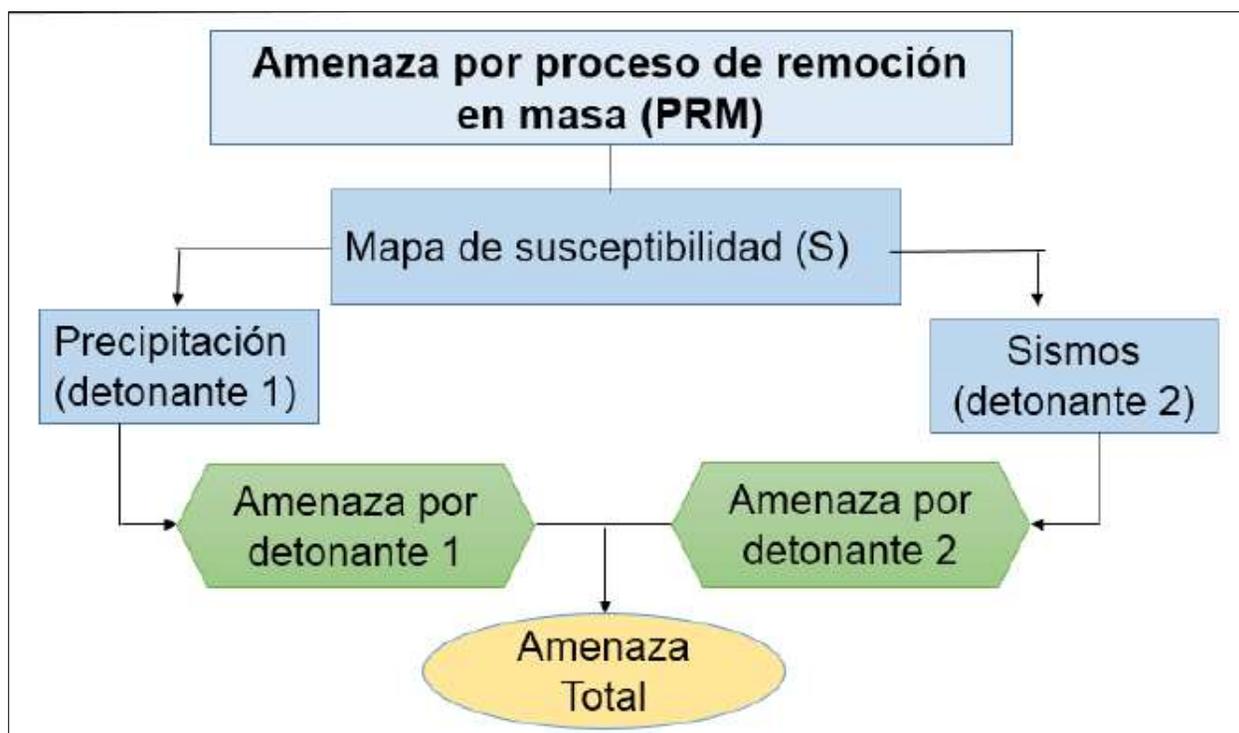
**Tabla 19 .Pendientes.**

<b>Tipo de pendientes</b>	<b>Valor</b>
Escarpes	100
Altas	70
Moderadas	40
Suaves	20

**Fuente.** Autoras 2018

## Capítulo 9. Evaluación de la Amenaza A PRM

Para determinar el nivel de amenaza se realizaron las evaluaciones de dos factores detonantes de los PRM, las precipitaciones y los sismos. Se cruzaron las capas cartográficas resultantes de este proceso, con la capa de la susceptibilidad.



**Figura 29.** Diagrama metodológico para evaluación de la amenaza  
**Fuente.** Autoras 2018

### 9.1. Precipitaciones como factor detonante de los PRM

La relación de las precipitaciones con los PRM está dada por la duración y la intensidad con que se producen. Las lluvias cortas pero de gran intensidad son propensas a desencadenar remociones al igual que las lluvias poco intensas pero de larga duración.

El agua proveniente de las precipitaciones tiende a infiltrarse o a escurrir dependiendo de las características físicas del suelo. En ambos casos se puede generar un perjuicio sobre todo si los suelos están degradados o compactados por acciones antrópicas que se dan principalmente por los procesos de urbanización. En muchos casos realizados sin tener en cuenta planificación alguna que pueda aportarles un control de las aguas residuales, seguido a esto para urbanizar se procede comúnmente a descapotar el suelo quitándole la capa vegetal que ejerce una acción protectora. En el caso concreto del área de estudio estas condiciones son críticas porque son terrenos degradados que han sido explotados por la producción agropecuaria.

Las características hidrológicas están relacionada son los PRM, debido a que los suelos tienen un límite de saturación y al alcanzarlo los poros estarán llenos creando con ellos inestabilidad del suelo.

Las precipitaciones tienen un periodo de retorno que puede variar de 10 a 100 años, es decir que cada 10 o 100 años ocurren precipitaciones muy fuertes. Como ya se citó anteriormente en este documento Para este estudio se tomaron periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años, donde se establece la probabilidad de ocurrencia de una precipitación máxima para cada periodo, teniendo en cuenta los datos de precipitación en 24 horas.

Para el cálculo de las precipitaciones máximas en un periodo de retorno se usó el método racional

## **9.2. Método racional. Estimación del caudal de diseño**

El método racional permite calcular el caudal máximo que se generará de una precipitación con relación a un coeficiente de escorrentía y a la intensidad media del acontecimiento de lluvias

con un periodo igual al tiempo de concentración del área de drenaje. Además, permite realizar la estimación para diferentes periodos de retorno haciendo uso de las características morfométricas de la cuenca y de la variable hidrometeorológica precipitación máxima registrada sobre la cuenca. Su ecuación figura a continuación

$$Q = \frac{F * C * I * A}{3.6}$$

Donde Q es el caudal máximo, C es el coeficiente de escorrentía, I es la intensidad de lluvia, A es el área de la cuenca y F es un factor de reducción que “se aplica en la medida en que las área de drenaje se hacen más grandes, la intensidad de la lluvia sobre éstas se reduce en razón de la variabilidad espacial del fenómeno de precipitación”. La ecuación del factor de reducción utilizada fue:

$$F = 1 - \frac{\log A}{15}$$

$$F = 1 - \frac{\log 176,076}{15}$$

$$F = 0,85$$

El tiempo de concentración se refiere al tiempo que le toma al agua desde el inicio del evento de lluvias en llegar, mediante circulación por escorrentía directa, a la desembocadura de la cuenca comenzando desde los límites más extremos o más alejados de la misma. El tiempo de duración de la precipitación equivale al tiempo de concentración de la cuenca, ya que en esta

duración es cuando se presentan los caudales máximos y toda la cuenca está contribuyendo al desarrollo de la esorrentía. Se decidió calcular el tiempo de concentración horaria mediante la ecuación de Kirpich, cuyas variables fueron determinadas mediante las características morfométricas de la cuenca de estudio, a continuación se muestra dicha ecuación.

$$t_c = 0,06628 \times \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77}$$

Donde L es la longitud del cauce principal y S es la pendiente media del cauce.

Procesando la información disponible de la cuenca, se obtiene para el tiempo de concentración el siguiente valor, para la cuenca en estudio:

$$t_c = 0,06628 \times \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \quad t_c = 0,06628 \times \left( \frac{27,393}{\sqrt{0,06925}} \right)^{0,77} \quad t_c = 2,37 \text{ horas}$$

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia constituyen una herramienta para la determinación del caudal de diseño. Con ellas se sintetizan las particularidades de los eventos extremos máximos de precipitación y así precisar la intensidad media de precipitación con base a diversas duraciones del evento y en diferentes periodos de retorno definidos

El cálculo de la curva IDF se realizó con base a los datos registrados de precipitación total diaria de las estaciones del área de influencia solicitados al IDEAM. De dichos datos se calcularon los máximos mensuales en 24 horas, y de estos, los máximos anuales. A partir de estos últimos se realizó el análisis de frecuencias de acontecimientos extremos, donde fue

necesario el uso de una función de distribución de probabilidades, que en este caso fue la distribución de Gumbel. Dicha función “ha sido empleada, con buenos resultados, en el estudio de eventos meteorológicos de valores máximos, obteniéndose ajustes muy precisos para valores máximos diarios y anuales (Mintegui et al., 1993). A su vez, Stol (1971), citado por Dickinson (1977), señala que la función de Gumbel resulta ser la más adecuada para representar lluvias anuales extremas. La aplicación de la función de distribución de Gumbel, en estudios que contemplen eventos de valores extremos, no sólo es avalada por los autores mencionados anteriormente. La literatura especializada en el tema cita siempre la función de distribución de Gumbel debido a la calidad de ajuste que presenta en eventos máximos (Témez, 1978; Pizarro, 1986; Linsley et al., 1988; Ponce, 1989; Chow et al., 1994, y Monsalve, 1999)”citado por PIZARRO TAPIA, Roberto, et al. Su expresión matemática corresponde a:

$$F(X) = P[\varepsilon \leq X] = e^{-e^{-\sigma(X-\mu)}}$$

Donde X es el valor a asumir por la variable aleatoria y  $\sigma$ ,  $\mu$  son parámetros a estimar.

Los valores estadísticos obtenidos de la distribución de Gumbel permitieron generar precipitaciones máximas con relación al periodo de retorno y tiempo de duración, el cual se multiplicó por un coeficiente que permite el ajuste a la respectiva unidad horaria. Con estos datos se calculó la intensidad horaria que resulta de la división de las series de precipitación entre su duración. Para integrar o hacer una relación simultánea de las tres variables, es decir, de intensidad, duración y frecuencia, en un sistema de curvas, representando no sólo una función gráfica sino también analítica, se utilizó la ecuación propuesta por Aparicio (1997). En ella se establece la posibilidad de disponer de una expresión matemática que construya las curvas IDF mediante un modelo de regresión, que permita extrapolar la ecuación generada para cada

estación hacia áreas que carezcan de registros pluviográficos y que se hallen cerca. Su ecuación se representa a continuación

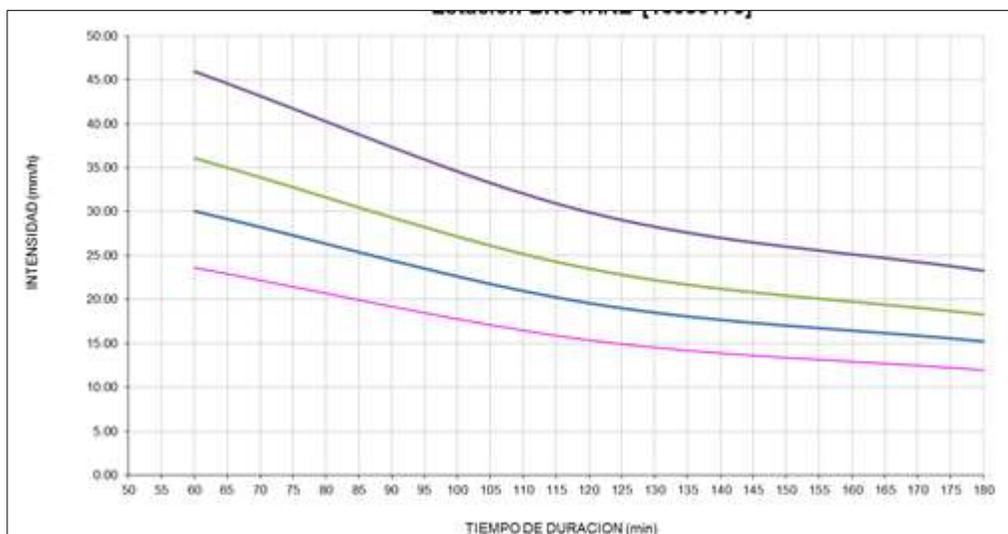
$$I = \frac{K * T^m}{(D)^n}$$

Donde K, m y n son parámetros de ajuste que fueron calculados mediante regresión potencial, mediante el método de los mínimos cuadrados, T es el periodo de retorno en años y D es la duración en minutos u horas, finalmente I es la intensidad de precipitación en mm/hr.

**Tabla 20.** *Curvas Intensidad -Duración -Frecuencia para la estación la Maravilla*

<b>Tabla de Intensidades - Duración - Frecuencias</b>			
<b>Frecuencia</b> <b>años</b>	<b>Duración en minutos</b>		
	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
<b>5</b>	23.61	15.37	11.96
<b>10</b>	30.06	19.57	15.23
<b>15</b>	36.09	23.50	18.28
<b>20</b>	45.95	29.92	23.28

**Fuente.** Autoras 2018



**Figura 30.** Curvas de intensidad Estación la maravilla

**Fuente.** Autoras 2018

### Recomendaciones

- Respetar los usos del suelo y reglamentos de construcción,
- Obtener licencias para construir
- Conocer los lugares donde vive la población, atender las recomendaciones de la población civil
- Evitar la tala de arboles
- Instalación de equipos de instrumentación y monitoreo para establecer un Sistema de Alerta Temprana con la finalidad de reducir la vulnerabilidad física
- Hacer capacitaciones y charlas de alertas tempranas con la población ante la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa
- Realización de convenios con la oficina municipal de gestión de riesgo de la ciudad de Ocaña norte de Santander para el apoyo y establecimientos de medidas de prevención y mitigación del riesgo por fenómenos de remoción en masa

- Se recomienda que se realicen reasentamientos y mejoramientos de las infraestructuras para reducir la vulnerabilidad.
- Para los barrios que presentan zona de susceptibilidad alta por deslizamientos se recomienda una elaboración de planes de emergencias, efectuar simulacros, y realizar planes de contingencias para sensibilizar a la comunidad ante la ocurrencia de estos fenómenos

## Conclusiones

El municipio de Hacarí norte de Santander es muy susceptible a fenómenos de remoción en masa debido a que el casco urbano presenta suelos de laderas con altas pendientes, por ende, son inestable, las altas pendientes es un factor que disminuye la estabilidad de terrenos que favorece la generación de flujos y escurrimiento d aguas superficiales entre mayor sea la pendiente otorga una alta capacidad de transporte y energía de flujo aumentando la energía cinética. debido al análisis de estas variables podemos deducir que el caso urbano del municipio de Hacarí ese encuentra ubicado en una zona de alto riesgo porque existe una falla geológica que atraviesa el norte del municipio, y esta es una fuente de amenaza sísmica, junto con las condiciones físicas del suelo como su geología y morfología por lo cual hicimos una delimitación donde nos indica que los barrios como 20 de julio y la quebradita se encuentran ubicado en una zona que presenta una susceptibilidad alta por deslizamientos con un rango de susceptibilidad entre 49-75.

La calle de la salud y La calle Miraflores encontrándose en una zona de susceptibilidad media por deslizamiento y erosión con un rango de susceptibilidad entre 23-48.

La calle del comercio, guayabal ubicada en una zona que presenta amanezcas medias por deslizamientos con un rango de susceptibilidad entre 23-48.

El presente proyecto presenta la metodología que se puede utilizar para realizar una delimitación de las zonas de riesgos por fenómenos de remoción en masa teniendo en cuenta variables geológicas y climatológicas.

## Referencias

- Aleotti, P. (2004). "A warning system for rainfall-induced shallow failures". *Engineering Geology*, vol. 73, No. 3-4 (June), pp. 247-265.
- Agencia De Obras Públicas. Manual de técnicas de estabilización de taludes de Infraestructura de obra civil [en línea] Bogotá: La Empresa [citado: 15, ago., 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/12680/ManualVersionFinal.pdf?sequence=1>>.
- Arattano, M. and Marchi, L. (2008). "Systems and sensors for debris-flow monitoring and warning". *Sensors* 2008, No. 8, pp. 2436-2452.
- Aristizabal, E. (2008). "Características, dinámica y causa del movimiento en masa del barrio El Socorro (31 de mayo de 2008) en Medellín". *Revista EIA*, No. 10, pp. 19-29.
- Aristizábal, E. y Yokota, S. (2008). "Evolución geomorfológica del valle de Aburrá y sus implicaciones en la ocurrencia de movimientos en masa". *Boletín Ciencias de la Tierra*, No. 24 (sep.-dic.), pp. 5-18.
- Bell, R.; Glade, T.; Thiebes, B.; Jager, S.; Krummel, H.; Janik, M. and Holland, R. 2009. "Modelling and web processing of early warning". In: *Landslide processes: from geomorphologic mapping to dynamic modeling*. France. pp. 249-252.
- Cardona, O.D. *Gestión Integral de Riesgos y Desastres*. Curso Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2005.
- Cartaya, H.; PACHECO, W. y MÉNDEZ, S. Metodología empleada para la zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en cuencas de drenaje del estado Vargas. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador Instituto Pedagógico de Caracas, 2006. 20 p.
- Cepeda, J.; Hoeg, K.; Nadim, F.; Elverhoi, A. and Diaz, M. 2009. Decision tools for risk management of rainfall induced landslides: Application to the Metropolitan Area of San Salvador. Submitted to *Landslides*.

Decreto 4147 de Noviembre 03 de 2011.

Guía Metodológica para la Formulación del Plan Local de Emergencia y Contingencia. Presidencia de la República, año 2011. P 76.

Hermosa, L.G., Avilés, V.J.; Almeida, O.P. & Cruz D'HOWITT, M. Análisis y modelamiento de susceptibilidad a deslizamientos mediante SIG y geostatística en las parroquias de Papallacta y Cuyuja, Canton Quijos. Quito: Escuela Politécnica del Ejército, 2009. 1322 p

INVIAS. Determinación del límite líquido de los suelos. INVE 125-0 [en línea] Bogotá: La Empresa [citado: 21, oct., 2015]. Disponible en Internet: <URL: **[ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\\_Normas\\_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-125-07.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-125-07.pdf)**>

Ley 1523 de Abril 24 de 2012.

Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencia y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Junio 2003. P 87.

Modelo de zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa a través de un sistema de información geográfica. México: Universidad Autónoma del Estado de México, 2006.

Plan Nacional de prevención control de incendios forestales y restauración de áreas afectadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C, Diciembre 12 de 2002