

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD DEL BARRIO EL POLVORÍN, ANTE  
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.

AMANDA LUCIA ERAZO OÑATE  
KELLY JOHANA SOLARTE ORTEGA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE GEOGRAFIA  
SAN JUAN DE PASTO, 2017

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD DE EL BARRIO EL POLVORÍN, ANTE  
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.

AMANDA LUCIA ERAZO OÑATE.  
KELLY JOHANA SOLARTE ORTEGA.

Trabajo de grado en modalidad diplomado presentado como requisito para optar al  
título de Geógrafo.

ASESOR:

MSc: CARLOS ALBERTO TORRES BURBANO  
Geógrafo con énfasis en planificación regional

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE GEOGRAFIA  
SAN JUAN DE PASTO, 2017

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el honorable Consejo Directivo de la Universidad De Nariño.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

JURADO 1

---

ASESOR

San Juan de Pasto. Junio de 2017.

## DEDICATORIA

*Dedico los méritos académicos a Dios quien me permitió llegar a este momento. A mis padres: Guillermo Erazo, Lucia Oñate y a mis hermanas: Tania, Diana y Alejandra quienes han sido mi apoyo constante para cada una de las pruebas en este proceso, pues han sido los motivadores para lograr culminar con éxito esta etapa de mi vida.*

AMANDA LUCIA ERAZO OÑATE.

*Dedico los méritos académicos a mis padres: Benjamín Solarte y Celfa Ortega por su apoyo, cariño y paciencia que me brindaron siempre. A mi hijo Ahron Revelo, eres la base de mi inspiración para lograr mis metas, mis hermanos Jhon, Vanesa y Juan siempre estuvieron con migo para culminar mi carrera y a mi esposo David Revelo por creer en mí, y darme ánimos para seguir este largo camino*

KELLY JHOANA SOLARTE ORTEGA.

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco de manera infinita a mi familia que a pesar de todas las dificultades siempre han apoyado de manera incondicional en el proceso de formación personal y profesional, en especial y sobre todas las cosas a Dios por su infinita bondad. De igual forma al Departamento de Geografía de la Universidad de Nariño y a todos y cada uno de los profesores que hicieron parte de este proceso, mil gracias.*

AMANDA LUCIA ERAZO OÑATE.

*Agradezco profundamente a Dios por toda su grandeza e infinita bondad. Expreso mis más sinceros agradecimientos a la Universidad de Nariño y a todos los profesores que contribuyeron con la realización del presente trabajo y a mi familia gracias por brindarme todo su apoyo constante para culminar mi carrera.*

KELLYJHOANA SOLARTE ORTEGA.

## ABREVIATURAS

**SIG:** Sistemas De Información Geográfica.

**GIS:** Geographic Information System.

**POT:** Plan De Ordenamiento Territorial.

**FRM:** fenómenos de remoción en masa.

**ArcGIS:** Sistemas De Información Geográfica- Programa.

**DEM:** Modelo Digital De Elevación.

**BGG:** Base De Datos Grafica.

**CORPONARIÑO:** Corporación Autónoma Regional De Nariño.

**IDEAM:** Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales.

**IGAC:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

**UNGR:** Unidad Nacional Para La Gestión Del Riesgo.

## RESUMEN

El presente trabajo se basa en la aplicación de sistemas de geo procesamiento del software ArcGIS 10.4.1 (versión académica) para el análisis y modelamiento espacial de zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa (FRM) en el área que corresponde al Barrio El Polvorín en la zona urbana del municipio de Pasto.

En este trabajo se realizó un análisis de susceptibilidad teniendo en cuenta las características territoriales del barrio el Polvorín como su alta pendiente y su sobrepoblación en este sentido se establece las zonas más susceptibles a fenómenos de remoción en masa partiendo a su vez de sus características topográficas como uso del suelo, geomorfología, geología y pendientes conociendo de igual forma la influencia de las lluvias en el territorio con la finalidad de generar un mapa de susceptibilidad que sirva como documento para que más adelante se realicen otros estudios que contribuyan a la gestión del riesgo y a la prevención de desastres del territorio urbano del Municipio De Pasto.

El proyecto se construyó a partir de varias propuestas metodológicas en la que se efectuaron unas adaptaciones para el área de estudio, para un análisis más preciso se tomó en cuenta la parte total de la ladera delimitada a partir del modelo de dirección de flujo, después de esto se procedió a realizar mapas de pendientes, geomorfología, geología y uso de suelo con coordenadas de proyección geográfica magna sirgas Bogotá Colombia oeste. A los cuales se les asigna en la tabla de atributos un valor para cada unidad del mapa que van de 0 a 3 sabiendo que a mayor valor, mayor será la susceptibilidad, después de esto se definen los ponderados totales para cada mapa dependiendo del porcentaje de valor que se le quiere dar dependiendo de su importancia en el estudio, para este caso se basó en la información del IDEAM sobre metodología de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa de la cual se hizo una adaptación y se determinó los porcentajes con los que se le hizo la ponderación total para cada uno de los insumos cartográficos.

Los mapas que se elaboraron y el cruce de los mismos se efectuaron en formato vector y la susceptibilidad se midió en los niveles alto, medio y bajo, el cruce de mapas se realizó mediante un análisis multicriterio con las herramientas del software ArGIS 10.4.1 (versión académica), con lo que se definió una fórmula para determinar la susceptibilidad y está dada como la multiplicación de cada mapa por la ponderación del porcentaje y estos resultados se sumaron para generar así el mapa de susceptibilidad del área de estudio y su análisis respectivo.

## ABSTRAC

The present work is based on the application of geo-processing systems of the software ArcGIS 10.4.1 (academic version) for the analysis and spatial modeling of zones susceptible to phenomena of mass removal (FRM) in the area corresponding to Barrio El Polvorín in the urban area of the municipality of Pasto.

In this work a susceptibility analysis was made taking into account the territorial characteristics of the Polvorín neighborhood as its high slope and its overpopulation in this sense establishes the zones more susceptible to phenomena of mass removal starting from its topographic characteristics as Land use, geomorphology, geology and slopes, knowing the influence of rainfall in the territory in order to generate a susceptibility map that will serve as a document for future studies to contribute to risk management. The prevention of disasters of the urban territory of the Municipality of Pasto.

The project was constructed from several methodological proposals in which adaptations were made for the study area. For a more precise analysis, the total part of the slope delimited from the flow direction model was taken into account. This was done to make maps of slopes, geomorphology, geology and land use with coordinates of geographic projection magna sirgas Bogota Colombia west. To which are assigned in the attribute table a value for each unit of the map ranging from 0 to 3 knowing that the higher the value, the greater the susceptibility, after which the total weights are defined for each map depending on the percentage of Value to be given depending on its importance in the study, for this case was based on the information of the IDEAM on methodology of susceptibility to phenomena of mass removal of which was an adaptation and determined the percentages with which The his the total weight for each one of the cartographic inputs.

The maps that were elaborated and the crossing were done in vector format and the susceptibility was measured at the high, medium and low levels, the crossing of maps was done by means of a multicriteria analysis with the tools of ArGIS software 10.4.1 ( Academic version), which defined a formula to determine the susceptibility and is given as the multiplication of each map by the weight of the percentage and these results were added to generate the map of susceptibility of the area of study and their analysis

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION .....	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
2.1 DESCRIPCIÓN.....	15
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
3. JUSTIFICACIÓN .....	16
4. OBJETIVOS .....	17
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	17
5. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	18
6. MARCO CONCEPTUAL.....	20
6.1 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.....	20
6.2 DESLIZAMIENTOS .....	21
6.3 AMENAZA .....	21
6.4 VULNERABILIDAD.....	22
6.5 GESTIÓN DEL RIESGO.....	22
6.6 RIESGO DE DESASTRES .....	22
6.7 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES .....	22
6.8 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	23
7. MARCO LEGAL .....	24
7.1 CONSTITUCION POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991 .....	24
7.2 LEY 388 DE 1997 .....	24
7.3 LEY 1523 DE 2012 .....	25
7.4 DECRETO 2811 DE 1974 .....	26
8. METODOLOGIA.....	27
8.1 TIPO DE INVESTIGACION .....	27
8.2 FASE 1 RECOPIACION DE INFORMACION SECUNDARIA.....	27
8.3 FASE 2 RECONOCIMIENTO Y DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO. .....	27

8.4 FASE 3 COSTRUCCION DE UN DIAGNOSTICO GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO.....	28
8.5 FASE 4 DETERMINACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD ANTE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.....	28
8.5.1 Ponderación de variables. ....	28
8.5.2 Ponderación total del mapa. ....	30
8.5.3 Generación de mapa de susceptibilidad del barrio el polvorín ante fenómenos de remoción en masa .....	31
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
9.1 DIAGNOSTICO GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO .....	33
9.1.1 Aspectos socio-económicos del área de estudio.....	33
9.1.2 Geología del área de estudio. ....	34
9.1.3 Condicionantes de ladera en el barrio El Polvorín.....	34
9.1.4 Precipitación en el municipio de Pasto. ....	36
9.1.5 Factores detonantes para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.....	38
9.2 ANALISIS Y DESARROLLO DEL PROCESO METODOLOGICO PARA DETERMINAR LA SUPSEPTIVILIDAD ANTE FRM.....	39
9.2.1 Mapa de pendientes. ....	40
9.2.2 Mapa de geomorfología.....	44
9.2.3 Mapa Geológico. ....	48
9.2.4 Mapa usos de suelo. ....	51
9.3 GENERACIÓN DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD.....	53
10. CONCLUSIONES .....	64
11. RECOMENDACIONES.....	65
12. BIBLIOGRAFIA .....	66
13. ANEXOS.....	69
13.1 ANEXO1. REGISTRO FOTOGRAFICO .....	69

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de los tipos de fenómenos o Movimientos de remoción en masa .....	20
Tabla 2. Clasificación de pendientes y valor de peso variable.....	29
Tabla 3. Determinación geomorfología y valor de peso variable. ....	29
Tabla 4. Uso de suelo y valor de peso variable. ....	30
Tabla 5. Geología y valor de peso variable.....	30
Tabla 6. Ponderación de variables.....	31
Tabla 7. Municipios con mayor recurrencia a fenómenos de remoción en masa...	35
Tabla 8. Registro de precipitación.....	36
Tabla 9. Rangos de pendiente.....	41
Tabla 10. Pendientes .....	41
Tabla 11. Valor Geomorfología.....	47
Tabla 12. Valor Geología .....	48
Tabla 13. Valor usos de suelo.....	51
Tabla 14. Ponderación total de variables.....	57
Tabla 15. Áreas susceptibilidad .....	63

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Mapa área de estudio .....	19
Imagen 2. Cruce de mapas.....	31
Imagen 3. Barrió el Polvorín.....	33
Imagen 4. Barrió El Polvorín .....	35
Imagen 5. Precipitación total estaciones.....	37
Imagen 6. Factores de Inestabilidad.....	38
Imagen 7. Modelo dirección de flujo. ....	39
Imagen 8. Determinación área de estudio según la geo forma de ladera.....	40
Imagen 9. Mapa de pendientes.....	42
Imagen 10. Áreas de pendientes en porcentajes.....	43
Imagen 11. Porcentaje de terreno y niveles de susceptibilidad. ....	44
Imagen 12. Mapa de geomorfología .....	46
Imagen 13. Geoformas y porcentajes de área.....	47
Imagen 14. Áreas de unidades geológicas.....	49
Imagen 15. Mapa geológico.....	50
Imagen 16. Áreas de usos de suelos.....	51
Imagen 17. Mapa usos de suelo .....	52
Imagen 18. Modelo-Intersección.....	53

Imagen 19. Grabado de información.....	54
Imagen 20. Cruce geométrico con modelo de intersección .....	54
Imagen 21. Herramienta Add data .....	55
Imagen 22. Pantallazo con información relacionada.....	55
Imagen 23. Pantallazo de la tabla de atributos. ....	56
Imagen 24. Análisis multicriterio con Fiel Calculator .....	57
Imagen 25. Ingreso de fórmula para determinar susceptibilidad ante FRM.....	58
Imagen 26. Pantallazo ingreso de formula niveles de susceptibilidad. ....	60
Imagen 27. Pantallazo mapa con tabla de atributos .....	61
Imagen 28. Mapa de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa.....	62

## 1. INTRODUCCION

El municipio de San Juan De Pasto se encuentra expuesto a varios fenómenos naturales, uno de ellos y tal vez el más perjudicial son los movimientos en masa que son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidro-meteorológicos, químicos, mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y la atmósfera. Así, si por una parte el levantamiento tectónico forma montañas, por otra la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la acción del hombre) actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana<sup>1</sup>.

Los fenómenos de remoción en masa no solo se contextualizan como un fenómeno natural si no que tiene un grado de frecuencia, afectación y un alto costo en cuanto a pérdidas humanas y económicas, para evitar esto se requiere de diferentes estudios sobre el territorio que permita visualizar la magnitud del desastre, este proyecto busca desarrollar un análisis de susceptibilidad por fenómeno de remoción en masa en el barrio el polvorín, este permitirá la zonificación de la susceptibilidad y para su análisis se tomara como herramienta principal los sistemas de información geográfica (SIG), que por medio de técnicas, procesos y datos geográficos ayudara a mejorar el entendimiento del medio, permitiendo la generación de una mapa en el cual se determinara las áreas donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir estos fenómenos.

El análisis de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa se lograra a partir de la utilización y adaptación de metodologías, tomando como referencia cuatro variables cartográficas importantes: geomorfología, geología, uso de suelos y pendientes a los cuales se les asigna unos ponderados y la suma de estos nos permite determinar el cálculo general de la susceptibilidad del terreno. A partir de esto se consolida un mapa de susceptibilidad que se mide en los niveles de alto, medio y bajo, mediante una evaluación multicriterio como un conjunto de operaciones teniendo en consideración cada uno de las unidades cartográficas que interviene simultáneamente para de esa manera realizar un análisis más preciso.

Este trabajo se construirá con la aplicación de herramientas de software ArGIS 10.4.1 (versión académica) que permitirá el geo procesamiento de los datos con el objeto principal de zonificar y analizar la susceptibilidad a la cual se encuentra expuesto el barrio El Polvorín.

---

<sup>1</sup> GRUPO DE ESTÁNDARES PARA MOVIMIENTOS EN MASA (GEMMA). Proyecto Multinacional Andino: Geo ciencias para las Comunidades Andinas. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, 2007. ISSN 0717-3733, pág. 25k

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN**

En los últimos tiempos han ocurrido varios eventos naturales en Colombia que han generado consecuencias negativas para la población y la economía del país, la mayoría de los cuales se pudieron evitar de haber contado con estudios previos para determinar la susceptibilidad a la que estaban expuestos los habitantes.

Las características sociales de los pobladores y la necesidad de encontrar un lugar donde habitar han generado en la zona urbana de la ciudad de Pasto procesos de ocupación y uso de suelo inadecuados, que se resumen en la expansión hacia las periferias en las que por lo general se ubican las poblaciones más vulnerables debido a su situación económica.

Son las características topográficas de estas áreas las que determinan la susceptibilidad a amenazas como los fenómenos de remoción en masa (FRM). En el caso del barrio el Polvorín estar ubicado en zonas de pendientes muy escarpadas lo convierte a este territorio en un área vulnerable y de alto riesgo para la población.

El barrio el Polvorín necesita de un análisis de susceptibilidad por FRM pues las condiciones del territorio como las pendientes, tipo de suelo entre otros factores ambientales, el clima y en particular la sobrepoblación convierten e área de estudio en una zona propensa a este tipo de fenómenos.

### **2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el grado de susceptibilidad del barrio El Polvorín, ante fenómenos de remoción en masa?

### 3. JUSTIFICACIÓN

Nuestra investigación se realizó con el fin de analizar la susceptibilidad en el barrio El Polvorín en la Ciudad De Pasto, debido a la presencia de fenómenos de remoción en masa registrados por factores como su geomorfología, pendiente y las altas precipitaciones que sean presentado en los últimos meses, de lo cual es fundamental su justificación debido a su importancia de generar nuevos insumos hacia los procesos Geográficos y facilitar nuevas herramientas para la planificación y prevención de desastres por fenómenos de remoción en masa en nuestra área de estudio.

Otro punto importante para justificar nuestra investigación es que en esta área no se han realizado estudios de este tipo y prácticamente el Barrio ha sido olvidado por los sectores aledaños, entonces podemos decir que la incorporación de la gestión de riesgo en la ordenación del territorio, es necesario para la construcción de áreas seguras y sostenibles, en donde su desarrollo no se vea afectado por las características ambientales del territorio, sino que tales características puedan ayudar al crecimiento económico y social del territorio.

La realización del proyecto de análisis de susceptibilidad de fenómenos de remoción en masa será positivo hacia la creación de nuevas herramientas para una buena toma de medidas de prevención y mitigación, además hacia una buena planificación, reduciendo la vulnerabilidad de la población. De igual manera servirá como base a próximos estudios para la toma de decisiones y el desarrollo eficiente de los procesos de planificación territorial.

Esta investigación es indispensable por la necesidad de cuantificar y caracterizar la susceptibilidad en las zonas de pendientes pronunciadas como las del área que se va a estudiar, además se debe tener en cuenta que es fundamental encontrar soluciones ante el inevitable proceso de expansión hacia zonas susceptibles por fenómenos de remoción en masa, teniendo en cuenta que estos terrenos pueden sufrir factores externos e internos como pequeños deslizamientos y movimientos de tierra o el desgaste de la cobertura vegetal causada por el mismo ser humano .

Desde la ciencia geográfica es importante la presente investigación ya que la geografía aporta una visión del territorio desde un medio físico y social, esta ciencia permite adoptar términos para poder comprender la relación que existe entre hombre-naturaleza y establecer como el ser humano ha llegado a darle un cambio al territorio de una manera favorable o desfavorable. La Geografía suministra los elementos indispensables para obtener una visión comprensiva del territorio y los riesgos que corren quienes lo habitan; además nos proporciona bases para analizar los procesos y generar soluciones que ayuden a mitigar los problemas de nuestro espacio territorial.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la susceptibilidad del barrio el Polvorín, ante fenómenos de remoción en masa.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar un diagnóstico general del área de estudio.
- Determinación de una metodología para el análisis de susceptibilidad del barrio El Polvorín ante fenómenos de remoción en masa
- Generación de mapa de susceptibilidad del barrio El Polvorín ante fenómenos de remoción en masa

## 5. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Pasto está situado en el sur occidente Colombiano, en medio de la Cordillera de los Andes en el macizo montañoso denominado Nudo de los Pastos, la ciudad está situada en el denominado Valle de Atriz, al pie del volcán Galeras y está muy cerca de la línea del Ecuador. Pasto se encuentra a 795 Km al sur occidente de la capital de la Republica limita al norte con los municipios de La Florida, Nariño, Chachagui y Buesaco, por el sur con el departamento de Putumayo y el municipio de Funes, por el oriente con el municipio de Buesaco y el departamento de Putumayo y por el occidente con los municipios de Tangua, Consaca y la Florida<sup>2</sup>.

En la zona urbana de Pasto se encuentra el área de estudio de este proyecto específicamente en el barrio el Polvorín que se localiza hacia la parte noroccidental de la ciudad. El sector el Polvorín está ubicado en intermediciones con el Rio Pasto y la vía salida norte de la ciudad, entre coordenadas máximas en X 628600 y mínimas en X 627800 igualmente en máximas en Y 976400 y mínimas en Y 975800 con datum de proyección geográfica magna sirgas Bogotá Colombia oeste.

El Polvorín es un barrio que se encuentra dentro del POT de la ciudad de Sanjuán de Pasto, pero no está registrado legalmente ante la Alcaldía Municipal, sin embargo su población crece a diario sin ningún control por las autoridades considerándose como un barrio ilegal.

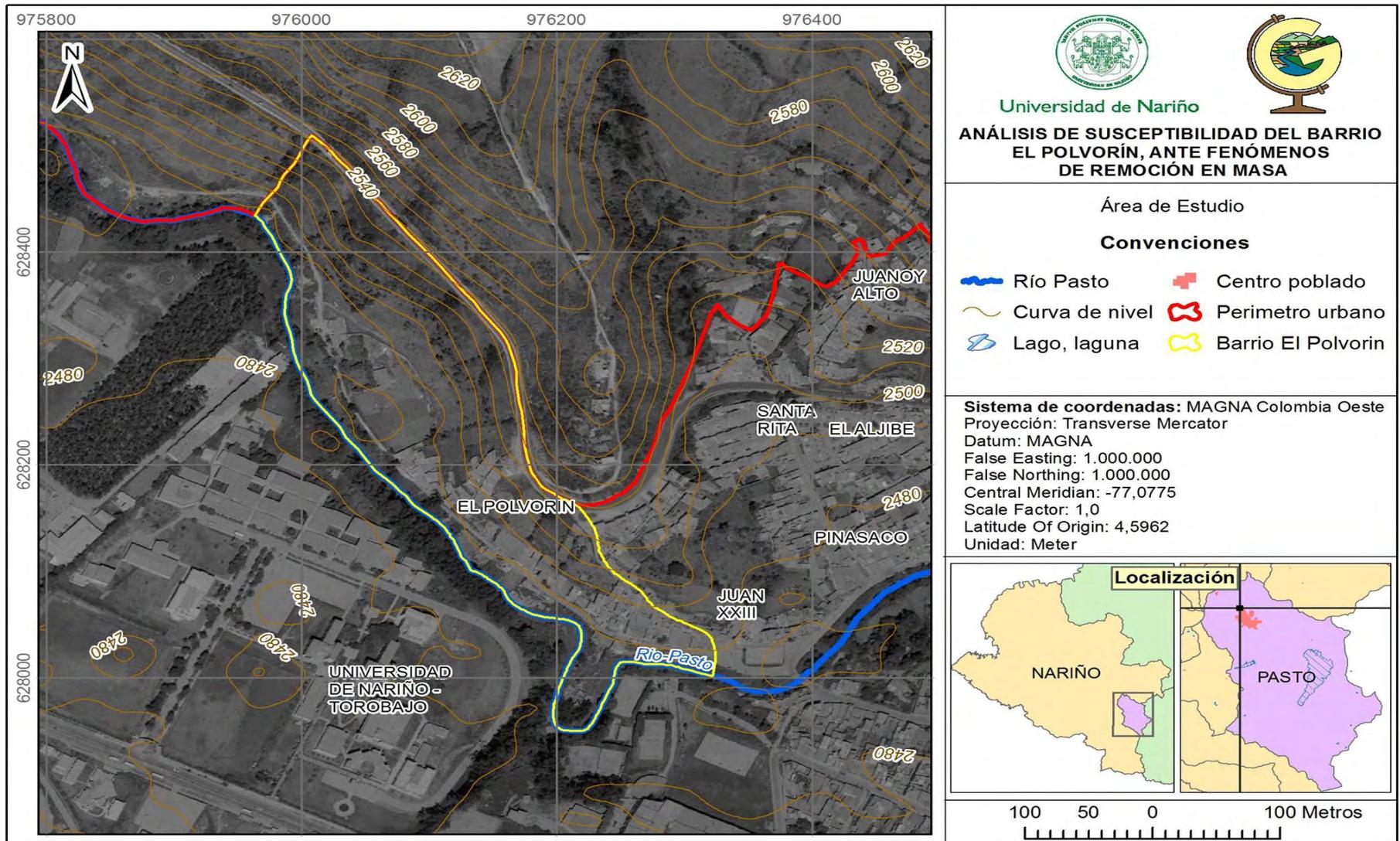
Las condiciones del territorio definen el área como una zona de amenaza pues está ubicado en pendientes > a 45° ubicado sobre taludes que van a lo largo de la carretera<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> BENITEZ, Katerine y GOMEZ, Daniel. Zonificación por susceptibilidad de inundación en el área de influencia urbana de la quebrada Chapal en San Juan De Pasto. Pasto, 2016 P. 27

<sup>3</sup> ALCALDIA MUNICIPAL PASTO POT. Cuaderno de diagnóstico gestión del riesgo 2012-2015 p.63

Imagen 1. Mapa área de estudio



Fuente: Este estudio.

## 6. MARCO CONCEPTUAL

### 6.1 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Son agentes geomorfológicos comunes en la región Andina, pueden producir desastres, cuya ocurrencia y propiedades son determinadas por varios factores geológicos, topográficos, climáticos y las actividades antropogénicas. La comprensión de sus características se beneficia de estudios comparativos sobre áreas climáticas, geomorfológicas y socioeconómicas. Colombia, con su clima húmedo tropical y una alta densidad poblacional, es uno de los puntos globales de más alto riesgo de remociones en masa, como deslizamientos y flujos, accionados por La Niña o la actividad de volcanes glaciados, los cuales contrastan con las caídas de rocas y flujos detríticos en el árido y escasamente poblado centro-oeste argentino, donde los eventos son generalmente asociados a El Niño<sup>4</sup>

Tabla 1. Clasificación de los tipos de fenómenos o movimientos de remoción en masa

TIPO DE MOVIMIENTO		TIPO DE MATERIAL		
		Rocas	Suelos	
			Gruesos	Finos
Deslizamientos	Traslacional	Deslizamiento de rocas	Detritos	Tierra
	Rotacional			
Flujos		Flujos de Roca	Detritos	Tierra
Reptación			Reptación del suelo	
Caídas		Caídas De Rocas	Detritos	Tierra
Volcamiento		Volcamiento De Rocas	Detritos	Tierra

Fuente: Modificado de Varnes 1978

“Los fenómenos de remoción en masa 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, es lo que piensa el autor Houser, mientras que Cruden dice que los fenómenos de remoción en masa tienen un carácter descendente ya que están fundamentalmente

<sup>4</sup> MERGILI, Martin; MARCHANT, Carla y MOREIRAS, Stella. Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la Región Andina. En: Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía. Noviembre, 2014. (En línea). Vol. 24, no. 2, p. 113-131, ISSN electrónico 2256-544. Disponible en: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/50211/51664>. (citado en 19 mayo de 2017)

controlados por la gravedad.”<sup>5</sup>

Los fenómenos de remoción en masa se clasifican en las siguientes categorías: Desprendimientos o caídas, deslizamientos (rotacionales y traslacionales), flujos, volcamientos, extensiones laterales. De igual manera existen factores condicionantes que pueden desencadenar estos fenómenos como los sismos y las lluvias intensas que pueden generar flujos y deslizamientos.

## **6.2 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. Los deslizamientos pueden darse por desprendimientos, con repentino movimiento de material geológico, por volcamientos, con caída de rocas al separarse de la masa principal, derrumbes, con movimientos a lo largo de una superficie de ruptura, o flujos, a través de aluviones, corriente de lodo y residuos volcánicos<sup>6</sup>.

Para nuestro proyecto se tomó en cuenta que es importante saber que los asentamientos humanos de los sectores populares tienden a ubicarse en áreas con mayor fragilidad física ambiental. Las comunidades que viven en la pobreza como el Barrio Polvorín ubicado en una zona de ladera, son susceptibles a sufrir desmoronamientos y deslizamientos del terreno; esta área posee deficiencias en los servicios básicos como el alcantarillado y agua potable.

## **6.3 AMENAZA**

Definida como la “probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso, durante cierto periodo de tiempo, en un sitio determinado” tales eventos pueden ser deslizamientos, inundaciones, erupciones volcánicas, sismos, maremotos<sup>7</sup>.

Una amenaza puede ser un fenómeno natural o causado por el ser humano que pueden poner en peligro a una sociedad, sus cosas y el ambiente donde se ven rodeados: los tipos de amenazas pueden variar, unas pueden ser antrópicas como

---

<sup>5</sup> HOUSER Y CRUDEN. Definición de fenómenos de remoción en masa. Citado por LARA, Marisol y SEPULVEDA, Sergio. Remociones en masa. Chile, 2008. p.3.

<sup>6</sup> ARÉVALO, Diego y PARIAS, Juan. 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. Bogotá, 2015.p.23.

<sup>7</sup> BENÍTEZ, Katherine y GÓMEZ, Daniel. Zonificación por susceptibilidad a fenómenos de inundaciones en el área de la influencia urbana de la quebrada Chapal en San Juan de Pasto Nariño.: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía. 2015. p.31

explosiones, incendios y derrames de sustancias tóxicas y otras naturales como precipitaciones, huracanes, terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, tsunamis, tormenta eléctrica, deslizamientos de tierra, incendios.

#### **6.4 VULNERABILIDAD**

Esta puede definirse como el grado de exposición de un elemento a sufrir ataques y daños en caso de una presentación de fenómenos destructores y/o a generar condiciones propicias a su ocurrencia o al agravamiento de sus efectos. De igual manera la vulnerabilidad consiste en las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para enfrentar el impacto de una amenaza natural.<sup>8</sup>

#### **6.5 GESTIÓN DEL RIESGO**

Es el proceso planificado, concertado, participativo e integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, una región o un país. Implica la complementariedad de capacidades y recursos locales, regionales y nacionales y está íntimamente ligada a la búsqueda del desarrollo sostenible. Es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales para implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales y tecnológicos<sup>9</sup>.

#### **6.6 RIESGO DE DESASTRES**

Se define como Las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro.<sup>10</sup>

#### **6.7 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES**

Es un proceso en donde se utiliza organizaciones y capacidades operativas para implementar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento, con el fin de

---

<sup>8</sup> PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD), SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS (SNGR). Propuesta Metodológica. Análisis De Vulnerabilidad a Nivel Municipal.p15

<sup>9</sup> PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Conceptos Generales sobre gestión del riesgo de desastres y contexto del país, Experiencias y herramientas de aplicación a nivel regional y local. (En línea). PNUD, Chile, diciembre. 2012. p, 8. Disponible en: [http://www.preventionweb.net/files/38050\\_38050conceptosbsicos.pdf](http://www.preventionweb.net/files/38050_38050conceptosbsicos.pdf)

<sup>10</sup> PNUD. Escuela Virtual. Diplomado de especialización en desarrollo local y gestión integral del riesgo, Unidad 2 - Introducción a la Gestión Integral del Riesgo. pag3.

reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre<sup>11</sup>

## 6.8 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

1. Localización: preguntar por las características de un lugar concreto.
2. Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
3. Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
4. Rutas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
5. Pautas: detección de pautas espaciales.
6. Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.<sup>12</sup>

“Como lo considera Borcosque, el SIG corresponde a una estructura compleja de personas y equipos organizados mediante una serie de procedimientos, con el propósito de recopilar, ingresar, almacenar, transmitir, analizar y comunicar datos referenciados geográficamente, para servir necesidades de información de usuarios que centran su actividad profesional en la gestión territorial”<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> UNISDR. Terminología sobre reducción del riesgo de desastres (en línea). Naciones unidas. 2009. Disponible en: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)

<sup>12</sup> CIESAS. LABORATORIO UNIDAD PACÍFICO SUR. Sistemas de Información geográfica. p. 1. Disponible en: <https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>.

<sup>13</sup> MOREIRA, Andrés. BORCOSQUE. Los sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. Junio, 1996. (En línea). Vol. XII- N° 2, p. 80 - 86 ISSN 0716 – 1476. Disponible en: [http://geografia.uc.cl/images/academicos/Andres Moreira /Moreira \\_SIG \\_cons.pdf](http://geografia.uc.cl/images/academicos/Andres%20Moreira/Moreira_SIG_cons.pdf)

## 7. MARCO LEGAL

### 7.1 CONSTITUCION POLÍTICA DE COLOMBIA DE 1991

La constitución política de Colombia hace referencia a los derechos colectivos y del ambiente en el siguiente artículo: todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines<sup>14</sup>. Esta constitución establece la forma en cómo debemos comportarnos todos los que vivimos en Colombia para que exista bienestar y se pueda vivir en paz y poder construir un país mejor.

### 7.2 LEY 388 DE 1997

Esta ley establece que el ordenamiento territorial debe estar en todo el proceso de planificación como acciones para promover por parte de las entidades territoriales el desarrollo y ordenamiento de los municipios y áreas metropolitanas. Esta ley incluye la realización de zonificaciones de amenazas, como principal base para el ordenamiento territorial. Otro punto importante dice que el plan de ordenamiento territorial deberá especificar la determinación y ubicación en planos de las zonas que representen alto riesgo para la localización de asentamientos humanos por amenazas naturales.

En el artículo 8 numeral 11 se establece la localización de las áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres, así como las áreas confines de conservación y recuperación paisajística<sup>15</sup>. Este concepto es importante para el desarrollo y planificación del territorio, teniendo como prioridad las zonas de posible riesgo. De acuerdo a un análisis se dice que el 86 % de la población del país está ubicada en zonas de amenaza sísmica alta y media; el 28 % en zonas con un alto potencial de inundación, y el 31 % en zonas con amenaza alta y media por movimientos en masa. “Tenemos por ello que planificar buscando el desarrollo seguro mediante la identificación de las zonas expuestas a amenazas y riesgos por la ocurrencia de fenómenos naturales, y pensar en medidas que permitan atender estas condiciones y eviten la generación de nuevos riesgos”, dijo el Ministerio de Vivienda.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> COLOMBIA. Constitución política de Colombia 1991 Capítulo 3: De los derechos colectivos y del ambiente, artículo 79.

<sup>15</sup> COLOMBIA. EL CONGRESO. LEY 388 DE 1997. Ley De Ordenamiento Territorial. Diario oficial. Julio, 1997. No 43 091

<sup>16</sup> EL TIEMPO. La clave para planear un nuevo país es El POT. (En línea) Julio, 2016. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16643406>

### 7.3 LEY 1523 DE 2012

Unidad nacional para la gestión del riesgo y desastres, 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; se define y se aclara el concepto sobre gestión del riesgo de desastres en donde la define como 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.

En el artículo 3 se describen los principios generales que contempla la gestión del riesgo, los cuales son los descritos a continuación: Principio de igualdad, principio de protección, principio de solidaridad social, principio de auto conservación, principio participativo, principio de diversidad cultural, principio del interés público o social, principio de precaución, principio de sostenibilidad ambiental, principio de gradualidad, principio sistémico, principio de coordinación, principio de concurrencia, principio de subsidiariedad, principio de oportuna información, estos componentes son importantes ya que son los que permitan que se desarrolle de una manera eficaz la gestión de riesgo, para la comunidad sus bienes y el territorio donde habitan.

Por otra parte implementa unas definiciones relacionadas con la temática de gestión del riesgo, las más importantes son: adaptación, alerta, amenaza, análisis y evaluación del riesgo, calamidad pública, cambio climático, conocimiento del riesgo, desastre, emergencia, exposición, gestión del riesgo, intervención, intervención correctiva, intervención prospectiva, manejo de desastres, mitigación del riesgo, preparación, prevención del riesgo, protección financiera, recuperación, reducción del riesgo, reglamentación prescriptiva, reglamentación restrictiva, respuesta, riesgo de desastres, seguridad territorial y vulnerabilidad<sup>17</sup>. Estas definiciones fueron importantes para construir nuestro marco conceptual y aclarar más las dudas que se presentaron durante la investigación.

Para nuestro proyecto fue importante la definición de **Prevención del riesgo**: como medidas y acciones con el fin de evitar que se genere riesgo, los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. LEY 1523 DE 2012. Unidad Nacional Para La Gestión del Riesgo De desastres. Diario oficial. Abril, 2012. No 48411.

<sup>18</sup> Ibid;p.36

#### **7.4 DECRETO 2811 DE 1974**

##### **CÓDIGO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y RENOVABLES Y DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE**

Esta norma define el ambiente como un patrimonio común en donde el estado y los particulares deben participar en su prevención y manejo, que son de utilidad pública e interés social. La prevención y el buen manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.

En el artículo 2: menciona que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este decreto tiene por objeto: lograr la preservación y restauración del ambiente; regular la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la administración pública, respecto del ambiente y de los recursos naturales renovables y las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y del ambiente<sup>19</sup> debe existir un equilibrio entre el ser humano y el ambiente para que no se produzca catástrofes que conlleven a la pérdida de los bienes y vidas de la comunidad que lo habita igualmente el territorio debe permanecer estable y sin ninguna modificación que altere su naturaleza.

---

<sup>19</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. DECRETO 2811 DE 1974. Código nacional de recursos naturales y renovables y de protección al medio ambiente. Diario oficial No 34243

## **8. METODOLOGIA**

### **8.1 TIPO DE INVESTIGACION**

Para el desarrollo del análisis de susceptibilidad del Barrio El Polvorín ante fenómenos de remoción en masa se empleó una metodología de tipo cuantitativa en un proceso riguroso y sistematizado en el que se utilizará las características topográficas del barrio como fundamento para determinar la susceptibilidad del territorio ante FRM, tomando lo cualitativo en la construcción de la descripción de estos factores que se complementan con el abordaje del componente cuantitativo determinado por los ponderados que a cada variable topográfica se le asignen que por medio del geo-procesamiento permitirán los resultados esperados.

Esta investigación pertenece a la línea de investigación de gestión del riesgo y manejo de sistemas de información geográfica (SIG).

### **8.2 FASE 1 RECOPIACION DE INFORMACION SECUNDARIA.**

Consistió en la recopilación, revisión y análisis de documentos e investigaciones desarrolladas en el área de estudio tal es el caso del POT del municipio de Pasto, análisis de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa, tesis y documentos existentes en planeación municipal, base cartográfica y todo tipo de información que sirva para facilitar el logro de los objetivos.

### **8.3 FASE 2 RECONOCIMIENTO Y DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO.**

- Se realizó un recorrido de campo en el área del Barrio el Polvorín con la finalidad de identificar las características topográficas del área de estudio.
- Después del reconocimiento mediante trabajo de campo, se utilizó una Aero foto.ecw descargada de Google Earth Pro. Para identificar el barrio el Polvorín, a su vez también se utiliza la información proporcionada por la alcaldía del Municipio De Pasto con el predial del área urbana, con estos elementos se procede a la construcción del Shape con el nombre de área el Polvorín con coordenadas de proyección geográfica magna sirgas Bogotá Colombia oeste.
- Generación del mapa de ubicación del barrio el Polvorín con la delimitación se ubican el río Pasto y la carretera principal salida norte de la ciudad y las curvas de nivel todo esto mediante ArcGIS 10.4.1 (versión académica).

## **8.4 FASE 3 COSTRUCCION DE UN DIAGNOSTICO GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO.**

Esta fase se elaboró con la información secundaria y las condiciones del territorio como factores de pendiente <45%, una descripción general del territorio los usos de suelo que tiene, la demografía, precipitación. Esta fase será de tipo cualitativo y ayudo a una comprensión más exacta del territorio.

## **8.5 FASE 4 DETERMINACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD ANTE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.**

Esta fase se construyó teniendo en cuenta otras metodologías a las cuales se les hizo una adaptación para el área de estudio, tomando como punto de referencia las características topográficas que definen este territorio y las variables más importantes que sirvieron para determinar las áreas más susceptibles ante FRM en el Barrio El Polvorín, se toma como determinate principal el tipo de pendiente y otros elementos como uso de suelos, geomorfología, geología y con el cruce de estos insumos cartográficos permitieron generar una parametrización de la susceptibilidad en bajo, medio y alto.

### **8.5.1 Ponderación de variables.**

Consiste en la calificación de variables que a partir del conocimiento adquirido mediante información secundaria y conocimiento propio, asignado un valor a cada unidad, encada uno de los mapas, para este estudio se dio un rango de 0 a 3 con un condicionante de alto, medio y bajo de acuerdo a la susceptibilidad en este sentido se elaboró los elementos cartográficos<sup>20</sup>.

#### **➤ MAPA DE PENDIENTES.**

En este paso se utilizó como elemento principal el modelo digital de elevación (DEM) que es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo<sup>21</sup> con la finalidad de determinar las

---

<sup>20</sup> IDEAM. Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa (en línea) 29 de mayo de 2017. Disponible en : [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM\\_oficial\\_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745).

<sup>21</sup> FELICIANO, Manuel. Capítulo 2 (En línea). Modelo digital de elevación Disponible en: [http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema\\_2.pdf](http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_2.pdf)

pendientes del área de estudio a las que se les efectuara una clasificación y se les asigno un valor de peso de 0-3 de la siguiente manera:

Tabla 2. Clasificación de pendientes y valor de peso variable.

TIPO DE PENDIENTE	PORCENTAJE DE INCLINACION	AREA	VALOR_PENDIENTE
Ligeramente inclinado	5 a 7 %		De 0-1
Moderadamente inclinado	7 a 12%		BAJO
Fuertemente inclinado	12 a 25 %		De 1-2
Muy inclinado	25 a 50 %		MEDIO
Escarpado	50 a 75%		De 2-3
Muy escarpado	>75%		ALTO
total		100%	

Fuente: Organización para la alimentación y la agricultura (FAO 1994) citado por Velásquez Julio <sup>22</sup>

El valor pendiente se considera teniendo en cuenta las características de las mismas y como esta puede determinar la susceptibilidad ante los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.

#### ➤ MAPA GEOMORFOLOGICO

Para esta fase se buscó identificar las formaciones geomorfológicas existentes en el área de estudio y se realizara teniendo en cuenta el mapa de geomorfología de la zona urbana de Pasto del IGAC, con la finalidad de establecer los tipos de geoformas y en esta forma se les proporciono un valor a cada una de las variables geomorfológicas teniendo en cuenta sus características y su condicionamiento ante los fenómenos de remoción en masa y con esto su susceptibilidad ante los mismos el valor tendrá un rango de 0-3 en la siguiente tabla se observa un ejemplo:

Tabla 3. Determinación geomorfología y valor de peso variable.

GEOMORFOLOGIA	ÁREA	VALOR GEOMORFOLOGIA
Deposito Coluvio Aluviales	7.60%	1
Formación De Terrazas Aluviales	0.53%	1
Laderas Moderadamente Escarpadas	41.7%	2
Laderas Fuertemente Escarpadas	50.2%	3

Fuente: Estimación del grado de riesgo generado por la amenaza relacionados con fenómenos de remoción en masa 2013

<sup>22</sup> VELASQUEZ, Julio. Estimación del grado de riesgo generado por la amenaza relacionado con fenómenos de remoción en masa de tipo hidrogravitatorios en los barrios de Juanoy Alto, San Antonio, Nuevo Amanecer y conjunto Cerrado Morasurco, Municipio de Pasto, Departamento De Nariño.: Universidad De Nariño. Facultad De Ciencias Humanas. 2017. p.52

### ➤ MAPA USOS DE SUELOS

El mapa de uso de suelos permitirá identificar y comprender todos los aspectos que hacen parte del recubrimiento de la superficie de la zona de estudio identificando los usos que los habitantes y las condiciones del territorio han generado en el área de estudio el mapa de uso de suelos se lograra a partir del mapa de usos de suelo del área urbana de Pasto IGAC, con la identificación de uso de suelo se procedió a darles un valor que estará entre el rango de 0-3 dependiendo de las condiciones que cada uso tiene ante la susceptibilidad en el siguiente cuadro se muestra un ejemplo:

Tabla 4. Uso de suelo y valor de peso variable.

<b>USOS DE SUELOS</b>	<b>ÁREAS</b>	<b>VALOR USO</b>
Protección natural	70%	2
Infraestructura urbana	30%	3

Fuente: Este estudio 2017

### ➤ MAPA GEOLOGICO

La geología del área de estudio constituye también una variable de importancia para el análisis de susceptibilidad pues sirve para mostrar la configuración geológica que tiene en el territorio, para su elaboración se utilizó el mapa geológico de la parte norte del municipio de Pasto IGAC, ya con las unidades geológicas se determinó un valor de peso para cada unidad como en el siguiente ejemplo:

Tabla 5. Geología y valor de peso variable.

<b>GEOLOGIA</b>	<b>ÁREAS</b>	<b>VALOR GEOLOGÍA</b>
<b>Lavas y Cenizas (TQv1c):</b>	60%	2
<b>Abanicos Aluviales (QCAL):</b>	40%	3

Fuente: Este estudio 2017

### 8.5.2 Ponderación total del mapa.

A cada variable empleada para el análisis de susceptibilidad se le da un valor de porcentaje de acuerdo a su importancia, para este se tuvo como referencia la

metodología del IDEAM<sup>23</sup>, y se hizo una adaptación para el área de estudio y las variables a utilizar de la siguiente manera:

Tabla 6. Ponderación de variables

INDICADOR	PORCENTAJE	PONDERACION TOTAL DEL MAPA
PENDIENTE	36%	0.36
GEOMORFOLOGIA	21%	0.21
GEOLOGIA	26%	0.26
USO DE SUELO	17%	0.17
TOTAL	100%	

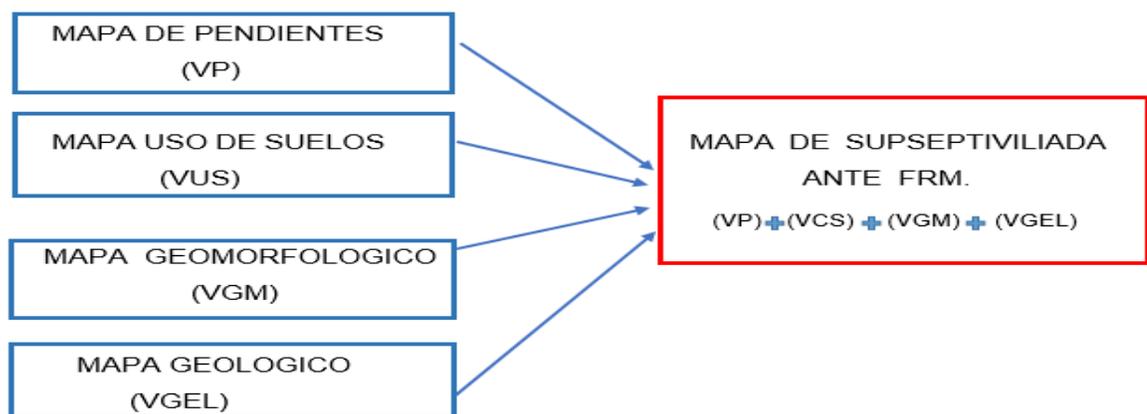
Fuente: Este estudio 2017

Ya con la ponderación de las variables cada una de ellas se divide entre 100 para de esta forma determinar el valor que se ingresara en las suma de cada uno de los mapas en la tabla de atributos.

### 8.5.3 Generación de mapa de susceptibilidad del barrio el polvorín ante fenómenos de remoción en masa

El cruce de mapas permitió identificar la susceptibilidad del barrio el polvorín ante FRM, ya que la suma de todos los valores de ponderación total identificados en cada uno de los mapas constituye todas las variables de importancia que permiten una evaluación más específica de la susceptibilidad, teniendo en cuenta que la zona de estudio necesita de una escala más detallada y por lo tanto hay factores que no varían de forma considerada, en consecuencia la susceptibilidad se determinó teniendo en cuenta la siguiente figura:

Imagen 2. Cruce de mapas.



Fuente: Esta investigación 2017.

<sup>23</sup> IDEAM.Op.cit., p36

PONDERACION TOTAL DE TODOS LOS MAPAS =  $(VP*0,36) + (VUS*0,17) + (VGM*0,21) + (VGEL*0,26)$

En donde:

VP= Valor Pendientes. VGM = Valor Geomorfología.

VGEL= Valor Geología. VUS= Valor Uso De Suelo.

Formula en la que 0,36 es igual al porcentaje que se le da a la unidad del mapa de pendiente 36% dividido entre 100 y así para cada una de las variables.

La suma de todos los valores de ponderación total identificados en cada uno de los mapas constituye todas las variables de importancia que permiten una evaluación más específica de la susceptibilidad mediante los sistemas de información geográfica.

El cruce de cada uno de los mapas se determina mediante la herramienta INTERSEC de ArcGIS 10.4.1, uniendo todas las tablas de atributos de los mapas (Pendiente, geología, geomorfología y uso de suelo).

Para la aplicación de la fórmula de ponderación total de todos los mapas se utilizó la herramienta Field Calculator, ya con esa ponderación se tomó la herramienta para consolidar el nuevo campo de susceptibilidad utilizando la selección por atributo la que permitirá determinar los niveles de susceptibilidad alta, media y baja a través de la integración de los siguientes atributos:

**< 0 iguales a 1,7 será nivel BAJO de susceptibilidad**

**>1,7 a 2,35 será nivel MEDIO de susceptibilidad**

**>2,35 será nivel ALTO de susceptibilidad**

El cruce de estas variables comprende al final la interacción y combinación de áreas que están dirigidas por el manejo de software ArcGIS 10.4.1 (versión académica) que facilitaran el procesamiento de la información para el análisis de la susceptibilidad.

## 9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 9.1 DIAGNOSTICO GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

#### 9.1.1 Aspectos socio-económicos del área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicado en la comuna 9 en el área urbana de la ciudad de San Juan De Pasto, el barrio El Polvorín se caracteriza por sé un sector en el cual hay sobre población y esto se debe a la falta de recursos económicos y a la necesidad de tener un lugar donde habitar, este barrio es considerado como ilegal y sus condiciones topográficas convierten al Barrio El Polvorín en una zona susceptible a fenómenos de remoción en masa.

En el barrio el polvorín la mayoría de los habitantes se dedica al trabajo de las curtiembres con lo cual procesan los productos de forma artesanal y con insipientes niveles de tecnificación y en general con infraestructuras inadecuadas con lo que constituyen una problemática ambiental pues se presentan problemas de olores molestos, disposición inadecuada de residuos y contaminación directa al Rio Pasto.<sup>24</sup>

Imagen 3. Barrió el Polvorín



Fuente: Esta investigación 2017.

---

<sup>24</sup> CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MAS LIMPIA. Proyecto de gestión ambiental en la industria de curtiembres.2004,p11.

### **9.1.2 Geología del área de estudio.**

Las condiciones geológicas del marco regional están determinados por influencia de depósitos volcánicos relacionadas actividad volcánica del terciario y el cuaternario lo cual se debe a varios a la existencia de varios centros eruptivos como el volcán morasurco y el volcán galeras de acuerdo a lo anterior los depósitos sedimentarios y materiales rocosos que subyacen en la ciudad de Pasto son :un deposito aluvial y coluvial que abarca la parte norte y centro de la ciudad de pasto, lluvias de ceniza del holoceno ubicados en la parte suroriental de la ciudad que son rocas de tipo ígneas, flujo de ceniza y puminta que comprende la parte suroccidental y probablemente pertenece al (pleistoceno) cuaternario o al (plioceno) terciario, lavas y cenizas del pleistoceno y plioceno se encuentran en la parte nororiental de la ciudad de Pasto zonas aledañas al volcán morasurco y hacia la parte occidental de la ciudad donde se encuentra el volcán Galeras se tiene una idea de basamento rocoso donde se encuentra la ciudad de Pasto.<sup>25</sup>La geología local del Barrio El Polvorín está constituido por Lavas y Cenizas (TQvlc) y Abanicos Aluviales (QCAL)

### **9.1.3 Condicionantes de ladera en el barrio El Polvorín.**

Las condiciones topográficas del área de estudio están configuradas en una zona de ladera que a diferencia de los taludes creados por el hombre, las laderas son masas de tierra y roca que tiene una conformación actual debido a procesos naturales, de manera aparente la mayoría de laderas permanecen estables por muchos años pero por los procesos de evolución del relieve las laderas pueden fallar en forma imprevista debido principalmente a cambios en la topografía, sismicidad, en flujos de agua subterránea, en las precipitaciones, en la resistencia al corte, meteorización o en factores de tipo antrópico.<sup>26</sup>

En el Municipio De Pasto los desastres naturales más ocurrentes y amenazantes que en la actualidad se registran se derivan de la inestabilidad de laderas. La mayoría de esos eventos, son el resultado de la interacción entre las condiciones climáticas y la vulnerabilidad de un gran número de población afectada, sobretodo en el área urbana. Esto se viene presentando sobre todo desde 2008 cuando el fenómeno del Niña de agudizó y el territorio fue afectado por una prolongada lluvia que rebasó los promedios normales de precipitación anual y que trajo como consecuencia la activación de procesos de remoción en masa.<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> VELASQUEZ. Op.cit., p54.2013.

<sup>26</sup> CENAPRED. Inestabilidad de laderas. (en línea) 25 de mayo, 2017.Disponible en : <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/fasciculoladeras2.pdf>

<sup>27</sup> POT. Op.cit., p.60.2012-2015.

Imagen 4. Barrió El Polvorín



Fuente: Esta investigación 2017.

El municipio de Pasto se encuentra en la lista de los 17 municipios del departamento con registro histórico de eventos sobre fenómenos de remoción en masa que se representan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Municipios con mayor recurrencia a fenómenos de remoción en masa

DEPTO	MUNICIPIO	No. GRANDES DESLIZAMIENTOS (1)	(M+H) / EVENTOS (2)	RECURRENCIA (3)				Total de Eventos	UBICACIÓN MAPA DE AMENAZAS (4)
				80 -85	85 -90	91 -95	96 -2002		
NARIÑO	ANCUYA	-	0.00	0	1	4	1	6	M - MA
	BARBACOAS	-	1.83	0	17	0	0	17	MB - B - M - MA
	BUESACO	1	0.00	0	0	0	1	1	M - MA
	CHACHAGUI	-	1.28	1	2	8	2	13	M - MA
	EL ROSARIO	-	0.00	0	4	3	0	7	B - MA
	EL TAMBO	3	2.00	1	0	2	2	5	M - MA
	FUNES	1	0.00	0	0	0	0	0	M - A
	IMUES	1	0.00	0	0	1	0	1	M
	LA FLORIDA	1	0.00	0	0	0	0	0	M - MA
	LA UNION	-	0.00	0	5	7	1	13	B - M - MA
	MALLAMA	2	1.00	0	3	0	2	5	M - MA
	PASTO	-	0.44	0	5	3	10	18	M-A
	RICAURTE	-	1.40	0	1	3	1	5	M - MA
	SAMANIEGO	-	0.57	0	3	4	2	9	M - MA
	SANDONA	-	0.00	0	3	2	4	9	M - MA
	SANTACRUZ	1	1.60	0	3	0	1	4	M - MA
	TAMINANGO	-	0.00	2	2	6	1	11	B - M - MA
TANGUA	-	0.15	0	0	6	6	12	M	

Fuente: catálogo de movimientos en masa<sup>28</sup>

<sup>28</sup> INGEOMINAS. Catálogo de movimientos en masa. (en línea), 25 de mayo de 2017. Disponible en: [file:///C:/Users/Amanda%20E/Downloads/catalogo%20de%20movimientos%20en%20masa%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Amanda%20E/Downloads/catalogo%20de%20movimientos%20en%20masa%20(2).pdf)

La Tabla 7 nos muestra el registro histórico de FRM, en donde se observa que para los años 85-90 sucedieron 5 eventos trascendentales, situación que se repite en los años 91-95 con 3 eventos y para el año 95 al 2002 se evidencia un tope máximo de 10 eventos que colocan al municipio en la lista con mayor ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

#### 9.1.4 Precipitación en el municipio de Pasto.

La precipitación se forma a partir de la humedad que siempre está en la atmosfera, aun en los días sin nubes. Para que ocurra la precipitación, se requiere de algún mecanismo que enfríe el aire lo suficiente para que llegue de esta manera al punto de saturación. Los enfriamientos de grandes masas, necesarios para que se produzcan cantidades significativas de precipitación, se logran cuando asciende las masas del aire. Este fenómeno se lleva a cabo por medio de sistemas conectivos o convergentes que resultan de radiaciones desiguales las cuales producen calentamiento o enfriamiento de la superficie de la tierra y la atmosfera o por barreras orográficas.<sup>29</sup>

Para entender las condiciones de precipitación en el municipio de Pasto teniendo en cuenta un periodo común de análisis de todas las estaciones, se toma información del IDEAM de 2010 sobre las estaciones (Abonuco, El Encano, Botana, Santa Isabel, Rio Bobo, Chachagua, Wilquipamba) encontrados en el municipio de Pasto.

Tabla 8. Registro de precipitación

Codigo	Nombre	Latitud	Longitud	Cuenca	Municipio	Altura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
5204501	Obonuco	1,2	77,3	Pasto	Pasto	2871	149,9	174,4	132,0	147,1	117,7	90,5	43,7	70,0	102,8	155,0	308,0	188,8	1329,6
5205504	Botana	1	77,267	Botanilla	Pasto	2820	367,6	217,3	129,1	368,6	184,5	108,1	369,6	79,8	128,8	370,6	191,6	204,3	371,6
4701510	El Encano	1,15	77,183	Guamues	Pasto	2830	236,8	196,6	161,8	242,9	305,1	244,9	200,3	167,8	172,8	189,5	205,8	202,7	1630,5
5204507	Wilquipamb	1,2	77,183	Pasto	Pasto	3048	285,8	208,0	152,9	223,9	232,4	232,5	179,0	187,1	117,7	175,7	204,0	245,7	1728,9
4701023	Sta Isabel	0,98	77,17	Guamues	Pasto	2719	184,0	201,0	226,5	260,6	407,7	324,0	413,0	346,2	296,2	620,0	173,0	184,1	2673,9
5204003	Chachagui	1,35	77,27	Pasto	Chachagui	2046	312,3	263,1	380,6	270,4	339,5	160,8	99,0	171,0	180,9	230,9	309,1	214,9	1930,9
2505006	Rio Bobo	1,12	77,3	Telles	Pasto	2693	246,00	282,0	172,0	198,0	271,0	188,0	106,4	100,0	120,0	206,3	215,0	208	174

Fuente: IDEAM<sup>30</sup>

<sup>29</sup> SEGERE, Carlos; VILLODAS, Rubén. Hidrología I (en línea), 25 de mayo de 2107. Disponible en internet: <http://www.conosur-rih.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf>

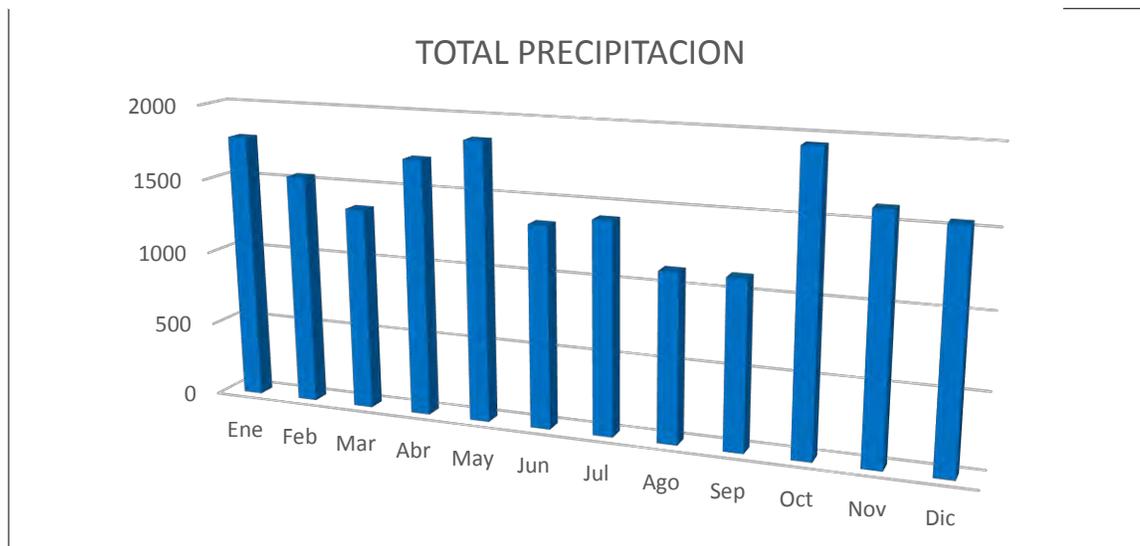
<sup>30</sup> BENITEZ. Op.cit., p58. 2015

La Tabla 8 nos indica que los meses con más precipitación en la ciudad de Pasto son Enero, Mayo y Octubre, alcanzando y sobrepasando los toques máximos de precipitación durante el año, también podemos decir que los meses con menos precipitación son los meses de Agosto Y Septiembre con una precipitación de 1000 mm y 1200 mm para cada mes.

La precipitación es uno de los factores más importantes en cuanto a la activación de los fenómenos de remoción en masa ya que la mayoría de estos se dan en temporada invernal. Las características de precipitación en Pasto está influenciada por la dinámica de los vientos Alisios del sureste, de acuerdo al desplazamiento de la Zona de Confluencia Intertropical-ZCI, el relieve, la condición inter-cordillerana, y la influencia de las áreas boscosas remanentes en la zona, la variación espacial de la precipitación, registra dos comportamientos, con intensidades diferenciales según características de cada zona natural del municipio.

En el sector de la provincia biogeográfica Norandina, vertiente interandina del pacifico, el régimen de lluvias es bimodal con predominio del tiempo seco en la zona sur y suroccidental del Valle de Atriz, y corregimiento de Abonuco, zona con el menor registro de precipitación total media multianual y con bajos valores mensuales de precipitación a través de todo el año hidrológico (Estación obonuco) zonas con baja precipitación media total anual de 918.2 mm, al sur occidente y corresponde al Valle de Atriz asentamiento de la Ciudad Pasto, principal centro urbano. La zona alta denota la influencia del régimen amazónico y se muestra como un área climatológica de transición entre los dos regímenes (Estación Wilquipamba).<sup>31</sup>

Imagen 5. Precipitación total estaciones



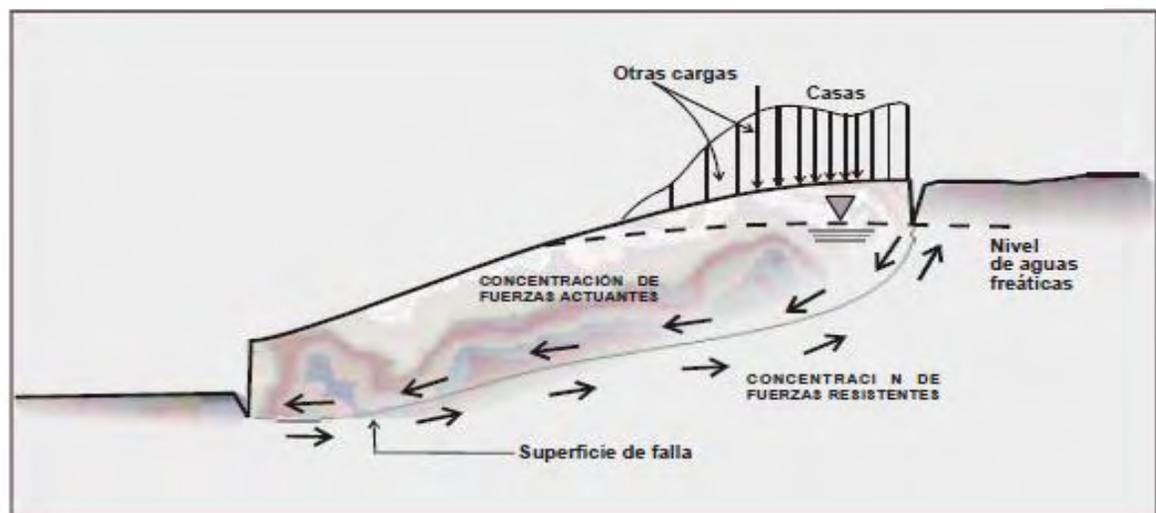
Fuente: IDEAM

<sup>31</sup> POT.Op.cit., p64.2012-2015.

### 9.1.5 Factores detonantes para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

Los procesos que ocasionan la inestabilidad de laderas están determinados por dos tipos de factores, externos e internos los factores externos ocasionan un incremento en los esfuerzos o acciones que se dan es decir producen una mayor concentración de las fuerzas motoras actuantes, mientras que los factores internos reducen la resistencia de los materiales en otras palabras, disminuyen la concentración de fuerzas resistentes.<sup>32</sup>

Imagen 6. Factores de Inestabilidad.



Fuente: CENEPRAD

- **Procesos Geológicos:** Las Rocas de origen volcánico altamente deleznable y medianamente consolidadas presentan susceptibilidad media alta al desarrollo de fenómenos de remoción en masa.
- **Procesos Geomorfológicos y físicos:** La tectónica y neotectónica producen esfuerzos e inducen deformaciones, las cuales son muy difíciles de evaluar o medir. La erosión, la sedimentación, la lluvia, las inundaciones, los sismos, la expansión de los suelos, etc.
- **Fallamiento:** El factor detonante es un fenómeno generalmente físico, en el cual las condiciones de esfuerzo y deformación juegan un papel preponderante. Las fallas en la mayoría de los casos no ocurren en forma repentina sino que toman un tiempo. La influencia del tetanismo regional en la zona, atribuye al terreno, alto fracturamiento y diaclasamiento y el aumento de la permeabilidad secundaria (facilidad de percolación del agua a lo largo de fracturas, diaclasas y

<sup>32</sup> CENAPRED.Op.cit., p8.

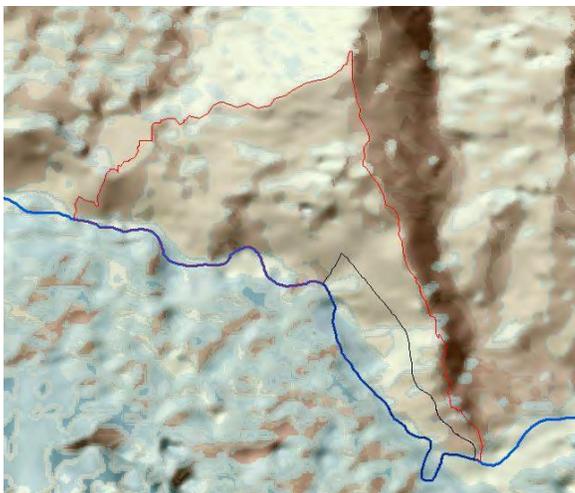
otras discontinuidades) sobresaturando el terreno. El municipio de Pasto se encuentra influenciado por las fallas geológicas de Romeral, Pasto, San Agustín Buesaco.<sup>33</sup>

- **Influencia de la precipitación:** Es el factor más incidente en estos fenómenos, ya que además de dar origen a procesos erosivos conllevan a la detonación de los movimientos en masa. Durante la ejecución del inventario, a través de las observaciones tomadas en campo se ha visto que la precipitación es un factor que favorece en alto grado a la desestabilización de un talud, ya sea en material rocoso o residual. Para los tipos de materiales encontrados, la precipitación contribuye a detonar el deslizamiento o al deterioro del talud.
- **Procesos generados por la intervención del hombre:** Las excavaciones o cortes, la extracción subterránea de arena, los rellenos o depósitos de material sobre el talud, la irrigación, las fugas de agua, el mantenimiento inadecuado de sistemas de drenaje y sub drenaje, la deforestación, las vibraciones artificiales, y la infraestructura urbana constituyen factores que desestabilizan el terreno y generan fenómenos de remoción en masa.

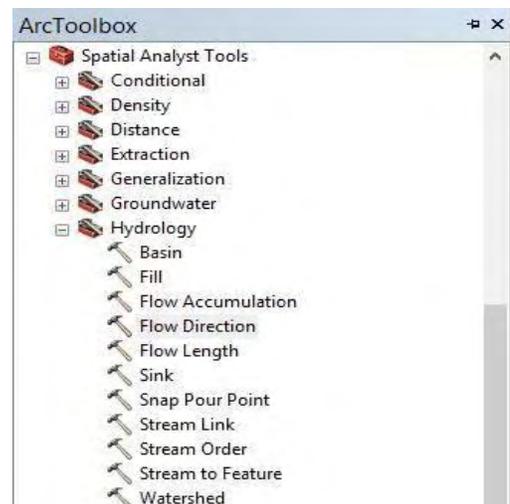
## 9.2 ANALISIS Y DESARROLLO DEL PROCESO METODOLOGICO PARA DETERMINAR LA SUSCEPTIBILIDAD ANTE FRM.

Para hacer el análisis de susceptibilidad del barrio el polvorín ante fenómenos de remoción en masa se tuvo en cuenta el área de ladera completa es decir no solo la parte del barrio, tomando como referencia el modelo de dirección de flujo que se lo obtiene mediante la herramienta en ArcToolbox - Hydrology :

Imagen 7. Modelo dirección de flujo.



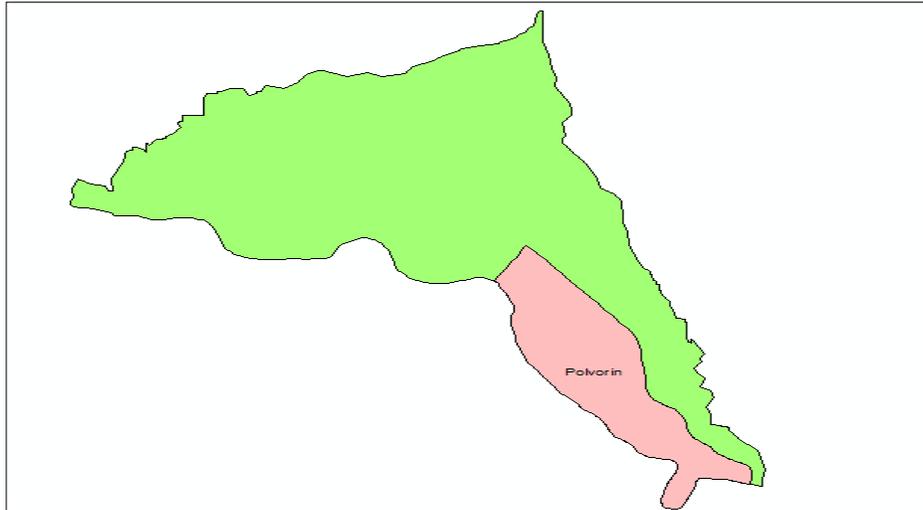
Fuente: Esta investigación 2017.



<sup>33</sup> POT.Op.cit., p77.2012-2015.

Con el modelo de dirección de flujos se logró determinar la ladera que interviene en el barrio el Polvorín y el sistema de coordenadas que se utilizó fueron datum de proyección geográfica magna sirgas Bogotá Colombia oeste, la delimitación de la ladera se observa a continuación:

Imagen 8. Determinación área de estudio según la geo forma de ladera.



Fuente: Esta investigación 2017.

### 9.2.1 Mapa de pendientes.

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje, se relaciona con los deslizamientos de manera que; a mayor el grado de pendiente aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masa.<sup>34</sup>

Para realizar el mapa de pendiente se utilizó como insumo un DEM de tres metros, con una profundidad de pixel de 32 bits con este insumo se procede a generar las curvas de nivel al recorte del DEM mediante la herramienta Raster Surface-Contour, las curvas generadas se dan cada 5 metros y se hace una reclasificación mediante la herramienta Reclass en nuestro caso se hace una clasificación de 1 a7 después de este proceso se vectoriso con la herramienta Raster to Polygon , posteriormente se hace una generalización mediante la herramienta Generalization-Eliminate con la cual se eliminan los polígonos que tiene una área demasiado pequeña ya con este paso efectuado se realizó un suavizado mediante Smoth Polygon que permite corregir errores de topología y final mete se realizó un Join Data con la finalidad de agregar una tabla de excel con la información de pendiente

---

<sup>34</sup> INGEOMINAS. Documento metodológico de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza por remoción en masa. BOGOTÁ D.C, 2011 p.44

referente al rango que permitirá el análisis de susceptibilidad del área de estudio.

El Join se realiza mediante la conexión de la tabla de Excel que se asociara mediante el grid\_code de la tabla de atributos de las pendientes con la tabla de Excel. La cartografía generada de pendientes se realizó en vector.

Tabla 9. Rangos de pendiente.

Grid_code	Rango
1	< 5
2	5 – 7
3	7 – 12
4	12 -25
5	25 - 50
6	50 - 75
7	> 75

Fuente: FAO (1994) y este proyecto.<sup>35</sup>

Para finalizar con el sheip de la delimitación de la ladera, y la pendiente utilizando la herramienta en Analysis Tols-Extrac Clip (cortar) se cortó el área de la ladera y se obtiene el mapa de pendiente.

Posterior mente se designa el valor de pendiente que como lo habíamos mencionado en la metodología de 0-3 según la susceptibilidad que tenga la pendiente ante FRM, sabiendo que a mayor porcentaje de pendiente mayor será la susceptibilidad como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 10. Pendientes

Rango	Valor_Pendiente	Peso_Pendiente	Pendiente
< 5		0	Bajo
5 - 7		1	Bajo
7 - 12		1	Bajo
12 -25		2	Medio
25 - 50		2	Medio
50 - 75		3	Alto
> 75		3	Alto

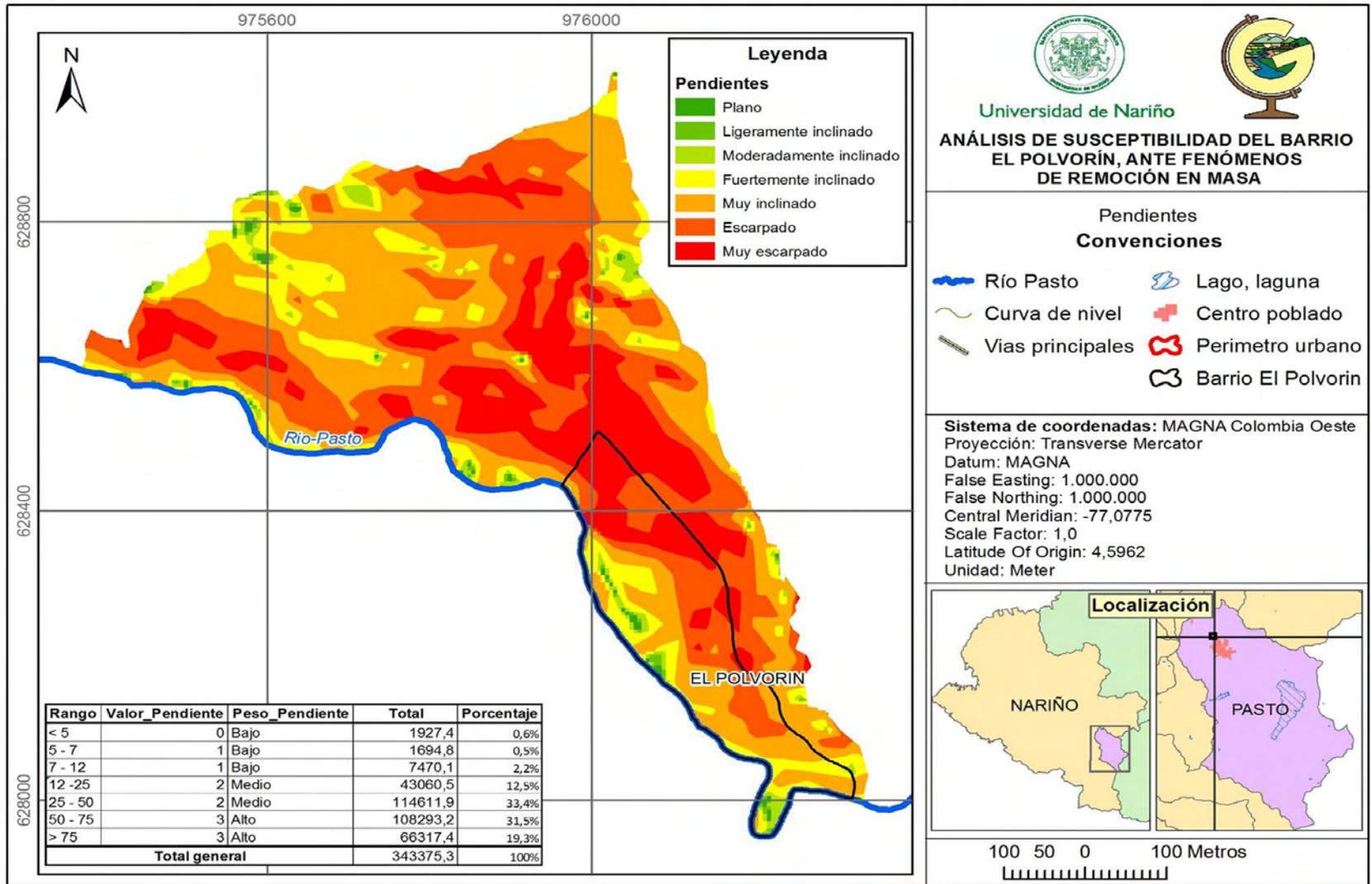


Fuente: Esta investigación 2017.

En la tabla anterior como se puede observar el peso de pendiente en la tercera columna permite determinar la susceptibilidad como bajo, medio y alto en ese contexto se designan unos colores dependiendo del tipo de pendiente. Estos atributos servirán como uno de los elementos claves para la determinación total de la susceptibilidad.

<sup>35</sup> VELASQUEZ.Op.cit., p50.2013.

Imagen 9. Mapa de pendientes.

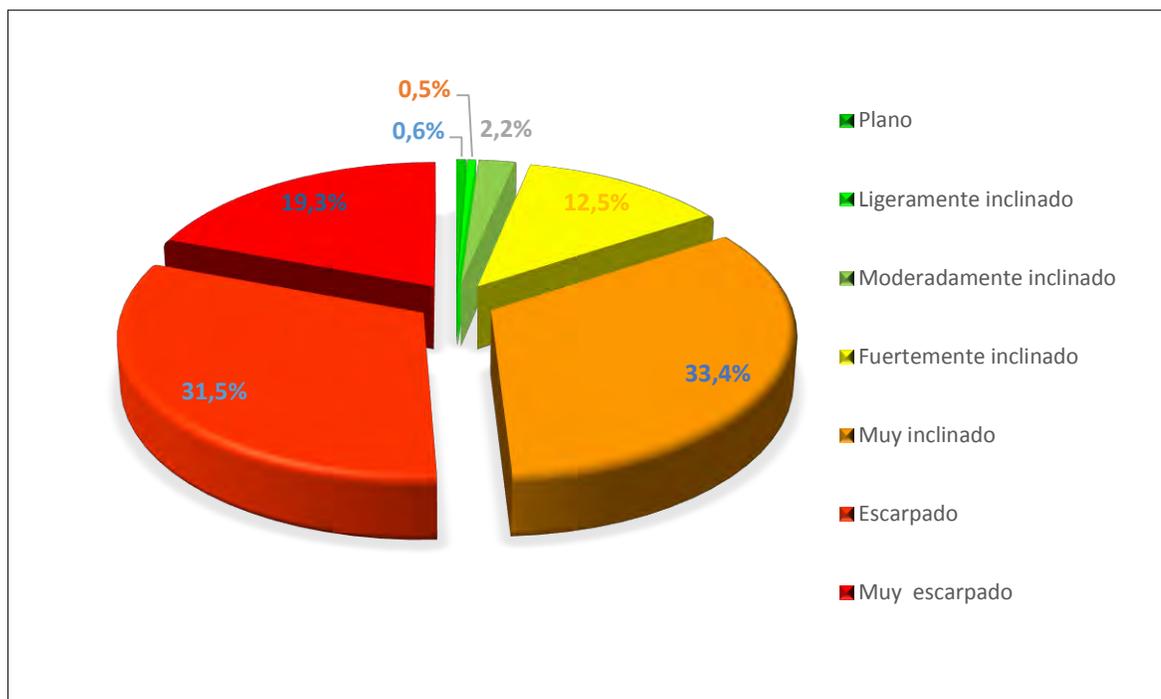


Fuente: Esta investigación 2017.

Con el mapa de pendientes podemos decir que la mayor parte del Barrio El Polvorín se encuentra entre pendientes fuertemente inclinadas, muy inclinadas escarpadas y muy escarpadas con lo cual si la susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa solo fuera con la variable pendiente, podríamos deducir que el barrio se encuentra en una susceptibilidad media y alta, con muy pocas zonas y casi escasa de pendientes planas que representan el color verde. La ubicación del barrio El Polvorín está en pendientes de 12% a 75 % que tiene mayor susceptibilidad y por tanto condicionan el territorio a una zona de riesgo.

El mapa de pendientes nos permite observar también la condición total de la ladera con lo cual la mayor parte del territorio está en un rango de fuertemente inclinadas a muy escarpadas en la siguiente imagen se describe los atributos básicos que tiene la cartografía sobre la pendiente.

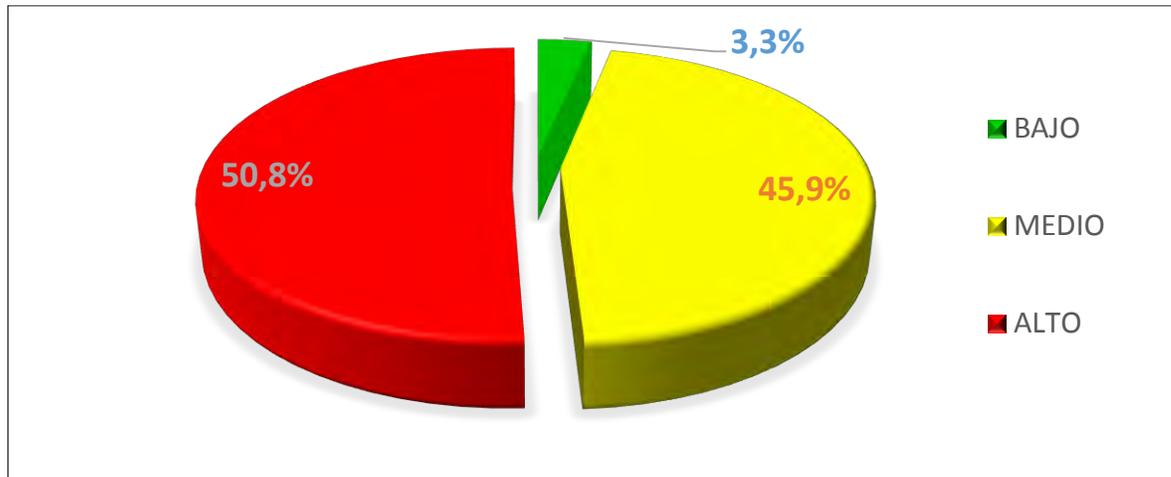
Imagen 10. Áreas de pendientes en porcentajes.



Fuente: Esta investigación 2017.

La grafica nos muestra que el 31,5% del área total de estudio es escarpado y el 19,3% del área de estudio es muy escarpado, seguido del 13,4% con muy inclinado y 12,5% con fuertemente inclinado, con esto podemos inferir que el área estudio el 50,8% del terreno tienen un nivel de susceptibilidad alto y con 45,9% en un nivel de susceptibilidad medio como se muestra en la siguiente gráfica:

Imagen 11. Porcentaje de terreno y niveles de susceptibilidad.



Fuente: Esta investigación 2017.

Estos datos nos aclaran que el mayor porcentaje de terreno está ubicado en áreas de influencia de 12% a > 75% de pendientes desde fuerte mente inclinadas a muy escarpadas.

### 9.2.2 Mapa de geomorfología.

Para realizar el mapa de geomorfología se debe comprender los factores condicionantes del terreno para que se den los fenómenos de remoción en masa, para esto utilizamos la herramienta en Análisis Tols-Extrac Clip(cortar) se cortó el área de la ladera sobre el mapa de unidades geomorfológicas de Pasto y se encontró que en la zona de estudio se presentan las siguientes unidades geomorfológicas: abanico aluvial, terraza volcánica fuertemente disectadas, terraza aluvial, laderas fuertemente escarpadas, escarpes de disección y laderas moderadamente escarpadas a continuación se hizo una breve explicación de cada una de las variables geomorfológicas.

- **Abanicos aluviales:**

Un abanico o cono aluvial o cono de deyección es un depósito de sedimentos-gravas, arena y sedimentos más finos que se acumula en la base más llana, de un frente montañoso o, en el interior de un área montañosa, allí donde el relieve se amplía y disminuye la pendiente de un torrente. Su superficie forma un segmento de un cono que radia pendiente abajo desde el punto donde la corriente abandona el área.<sup>36</sup>

- **Terrazas volcánicas fuertemente disectadas:**

---

<sup>36</sup> BLISSENBACH, 1954; BULL, 1977; WASSON, 1975; NILSEN Y MOORE, 1984. Abanicos Aluviales: Aportación Teórica a Sus Aspectos Más Significativos. Citado por GOMEZ, Villar a. p. 4

Se considera un superficie plana y alta de antigua acumulación, limitada por un escarpe vertical o por un talud de sedimentación, este tipo de geoforma que se presenta en el área de estudio se dio por la influencia volcánica que se condicionaron a partir de las rocas eruptivas de la actividad volcánica de fines del terciario y del cuaternario y en su formación han modelado la topografía dando origen a terrazas volcánicas y su condición de fuertemente disectadas se debe condicionamientos como fallas tectónicas, la erosión.<sup>37</sup>

- **Terraza Aluvial:**

Se denomina terrazas aluviales a las pequeñas zonas de suelo con componentes sedimentarios o elevaciones, también con componentes sedimentarios, que se formaron en valles con características fluviales a causa del depósito de sedimentos en los laterales del cauce del río Pasto, en zonas donde las pendientes del terreno disminuyen, disminuyendo así la habilidad del terreno para arrastrar los sedimentos.<sup>38</sup>

- **Laderas:**

Se define en la geografía como una de las características de la morfología de la superficie terrestre o formas del relieve y es producto de los fenómenos del ciclo geográfico. La morfo genética se da por los procesos de erosión, transporte y sedimentación de materiales, dándole forma a la superficie de la tierra, la que evoluciona por procesos constructivos y destructivos permanentemente afectados por la fuerza de la gravedad y los procesos geomorfológicos que modelan constantemente la superficie de la tierra y que están determinados por factores geográficos, bióticos, geológicos y los antrópicos<sup>39</sup>.

- a) **Laderas levemente escarpadas:** están condicionadas con pendientes de 0 a 12 %
- b) **Laderas moderadamente escarpadas:** Sus características están entre pendientes de 12% a pendientes del 50%
- c) **Laderas fuertemente escarpadas:** están determinadas por pendientes muy altas con un porcentaje del 50% a pendientes iguales o mayores del >75% con características abruptas del terreno.

- **Escarpes de disección:**

Se forma donde se origina un proceso gravitacional de desprendimiento o deslizamiento. La disección se refiere a la destrucción de un relieve inicial principalmente homogéneo por la erosión del agua corriente.

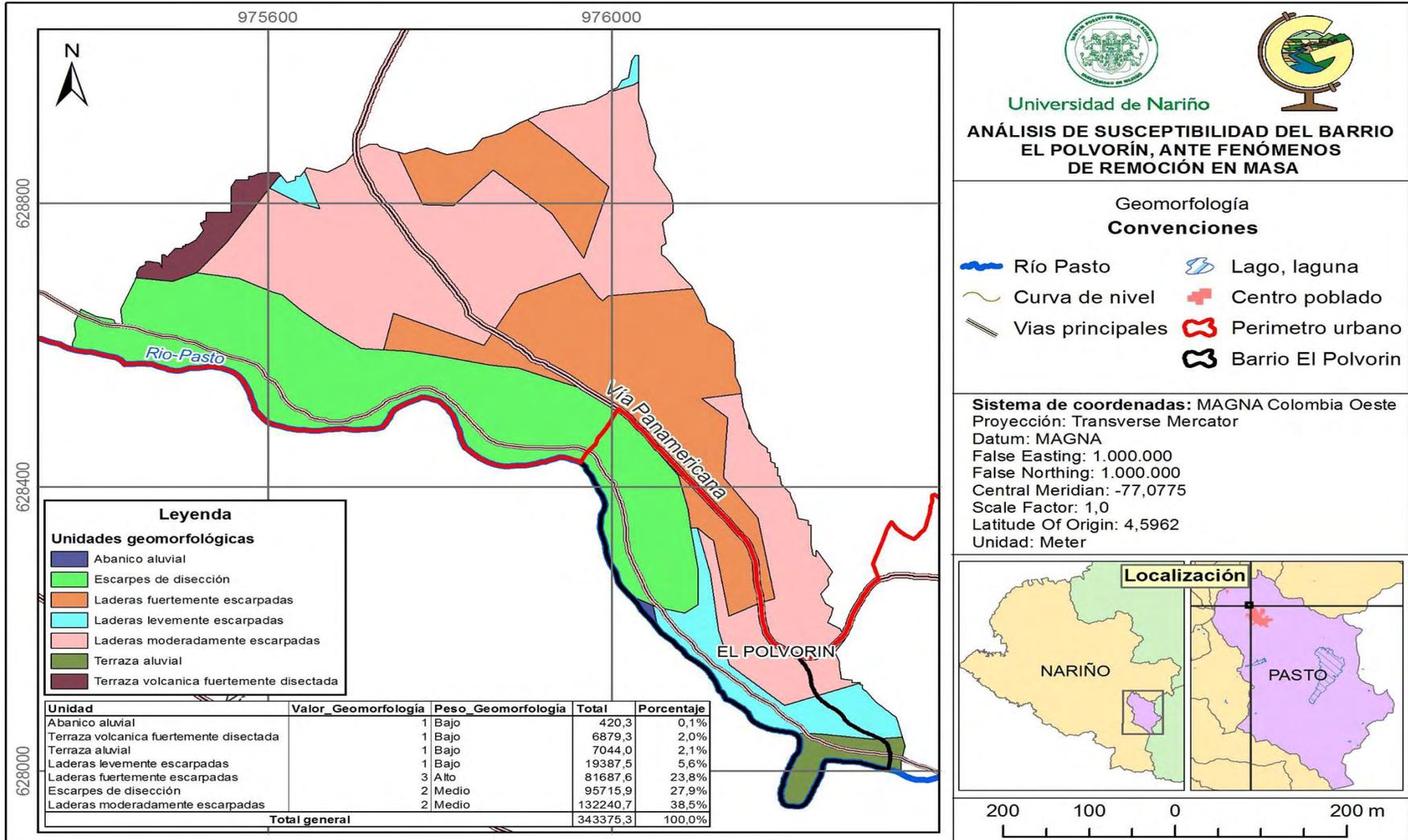
---

<sup>37</sup> POT. Op.cit., p25.2012-2015.

<sup>38</sup>GEOGRAFIA. Terrazas Aluviales.15 de noviembre 2011.pag1(en línea) <http://geografia.laguia2000.com/general/terrazas-aluviales>

<sup>39</sup> CABALLERO, Elsa. El concepto de ladera urbana vol. 4 (en línea). 2011.Disponible enfile:///C:/Users/Amanda%20E/Downloads/2549-8469-1-PB.pdf

Imagen 12. Mapa de geomorfología



Fuente: Esta investigación 2017.

Para el mapa de geomorfología del área de estudio se determinó un valor para cada unidad dependiendo de la susceptibilidad que estas geoformas tengan ante los fenómenos de remoción en masa en un rango de 0 a 3 así por ejemplo: las laderas fuertemente escarpadas serán más susceptibles que los abanicos aluviales en consecuencia, la primer geoforma tiene un valor de 3 por las condiciones altas de pendiente, en tanto que el abanico aluvial tendrá un valor de 1, pues la susceptibilidad de esta geoforma es menor ya que los abanicos aluviales se ubican en las partes donde se disminuye la pendiente.

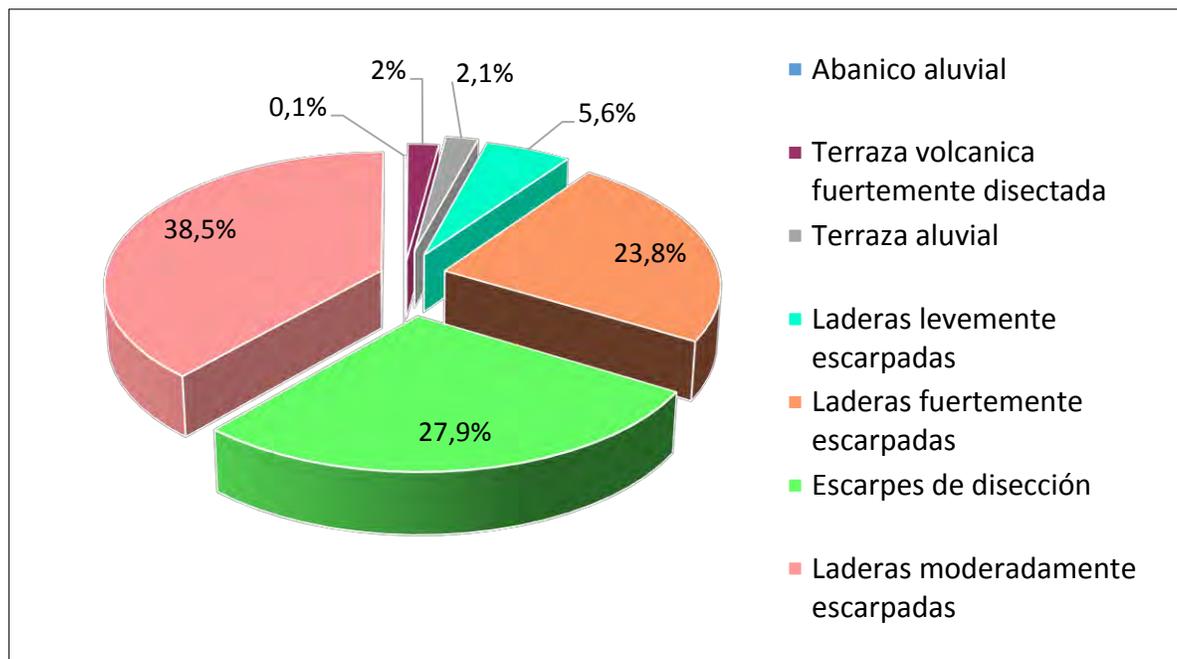
A continuación se muestra la tabla en que se especifica el valor de cada geoforma.

Tabla 11. Valor Geomorfología.

Unidad	Valor_Geomorfología	Peso_Geomorfología	Total	Porcentaje
Abanico aluvial	1	Bajo	420,3	0,1%
Terraza volcanica fuertemente disectada	1	Bajo	6879,3	2,0%
Terraza aluvial	1	Bajo	7044,0	2,1%
Laderas levemente escarpadas	1	Bajo	19387,5	5,6%
Laderas fuertemente escarpadas	3	Alto	81687,6	23,8%
Escarpes de disección	2	Medio	95715,9	27,9%
Laderas moderadamente escarpadas	2	Medio	132240,7	38,5%
<b>Total general</b>			<b>343375,3</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Esta investigación 2017.

Imagen 13. Geoformas y porcentajes de área.



Fuente: Esta investigación 2017.

En la imagen 13 podemos observar que la geoforma de ladera moderadamente escarpada tiene el 38,5% del área de estudio y se le asignado un valor de 2 que significa que se encuentra en el nivel medio de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa por su condición de pendiente, también podemos decir que los escarpes de disección tienen un 27,9% del área de estudio con un valor 2 que lo condiciona a una susceptibilidad media ya que los escarpes se forman por procesos gravitacionales de desprendimiento. Las laderas fuertemente escarpadas por su relación con pendientes con un valor del 50% a > 75% se las determina con un valor de 3 y una susceptibilidad de un rango alto frente los fenómenos de remoción en masa, las geoformas con menores proporciones son las laderas levemente escarpadas con un porcentaje de 5,6% y un valor de 1 con un rango de susceptibilidad bajo característica que se presenta también en las terrazas aluviales con 2,1% del área y valor de 1 así mismo para abanicos aluviales con 1% del área y también las terrazas volcánicas con un 2% del área.

### 9.2.3 Mapa Geológico.

El mapa de geología del área de estudio se realizó a partir de información geológica de Pasto IGAC, para esto se utilizó la herramienta en Análisis Tols-Extrac Clip (cortar) se cortó el área de la ladera sobre el mapa de unidades geológicas se les asigno un color para cada una de ella y se encontró que hay 2 unidades.

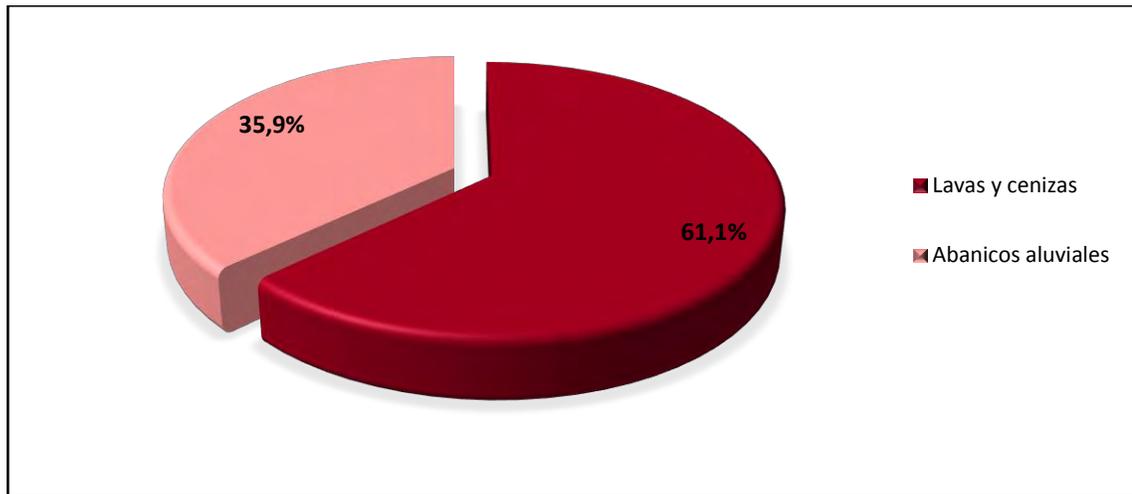
- **Lavas y Cenizas (TQv1c):** esta unidad está conformada de lavas andesíticas que se hallan cubiertas por cenizas o tiene intercalaciones de ellas. Estos depósitos lávicos y piroclastos están relacionados con la actividad de los volcanes Galeras, Morasurco y bordoncillo.
- **Abanicos Aluviales (QCAL):** generalmente forma conos de deyección y algunos esta asociados a trazas de fallas, los depósitos aluviales se componen de gravas, arenas, limos y arcillas asociados a canales fluviales y a las llanuras de inundación, son sedimentos recientes no consolidados compuestos por grava, arena, limo, arcilla y depósitos aluviales lacustres asociados a las corrientes fluviales como el Rio Pasto.

Tabla 12. Valor Geología

Nombre	Valor_Geología	Peso	Area	Porcentaje
Lavas y cenizas	2	Medio	220232,6	64,1%
Abanicos aluviales	3	Alto	123142,8	35,9%
<b>Total general</b>			<b>343375,3</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Esta investigación 2017.

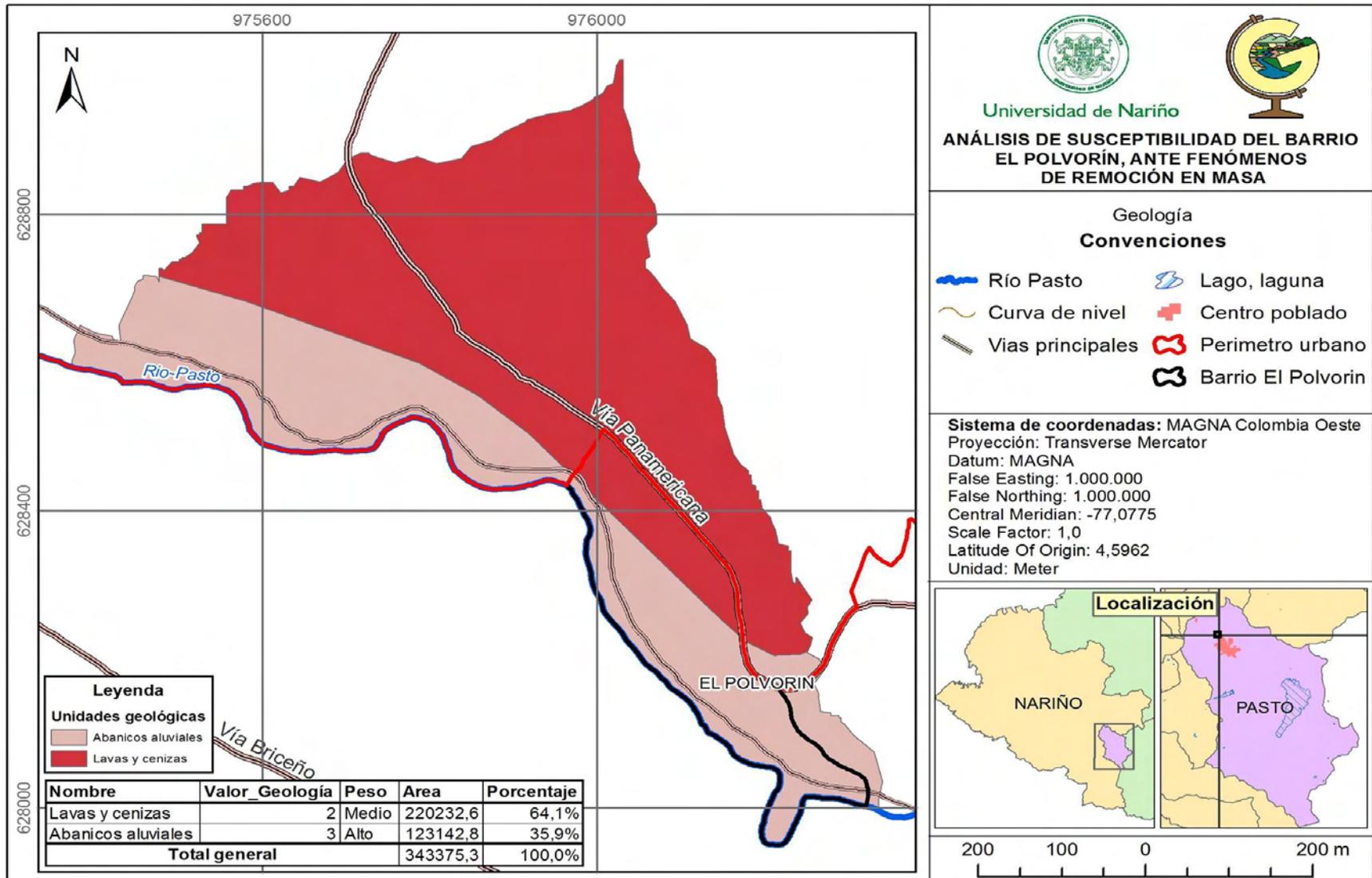
Imagen 14. Áreas de unidades geológicas.



Fuente: Esta investigación 2017.

Con la Imagen 14. podemos deducir que la mayor unidad geológica del área de estudio son las lavas y cenizas (TQvlc) con un porcentaje de 61.1% y una susceptibilidad media con un valor de 2 ya que este tipo de unidad geológica por su composición de lava y piroclastos es un tipo de roca ígnea y tiene una textura más dura y resistente ante los FRM, por su parte Abanicos Aluviales (QCAL) tiene un porcentaje del 35,9% del área de estudio se los considera un tipo de roca sedimentaria menos resistente por sus sedimentos no consolidados y por lo tanto se le da un valor de 3 que lo determina con una susceptibilidad de alto.

Imagen 15. Mapa geológico



Fuente: Esta investigación 2017.

### 9.2.4 Mapa usos de suelo.

El mapa de usos de suelo se realizó teniendo en cuenta los usos que se presentan en el área de Pasto y se identificaron tres características infraestructura urbana, protección urbana y protección natural.

- **Usos De Protección** se consideran con la misma característica en la que se busca que su ambiente natural no sea modificado por ningún tipo de causa como las actividades del ser humano y sus procesos de población en el territorio, estos usos se determinan por factores como el Rio Pasto, y especies naturales.
- **Infraestructura Urbana** este tipo de uso está determinado como un territorio de que tiene una problemática sobre ocupación de ladera que determina al barrio el Polvorín como un territorio ilegal de poblamiento que está en continuo aumento por la necesidad de las personas por tener un lugar donde habitar.

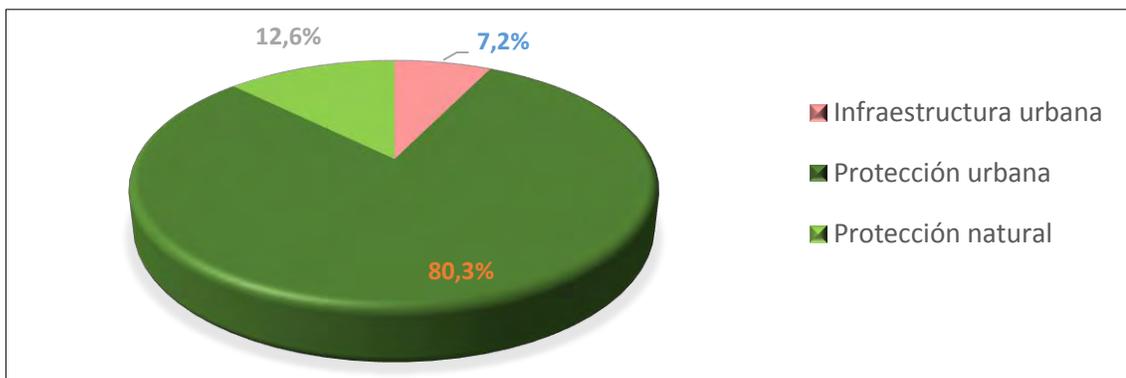
Tabla 13. Valor usos de suelo

Codigo	Nombre	Valor_Usos	Peso_Usos	Area	Porcentaje
ZU	Infraestructura urbana	3	Alto	24631,0	7,2%
ZU	Protección urbana	2	Medio	275697,9	80,3%
Prot	Protección natural	2	Medio	43174,4	12,6%
Total general				343503,3	100,0%

Fuente: Esta investigación 2017.

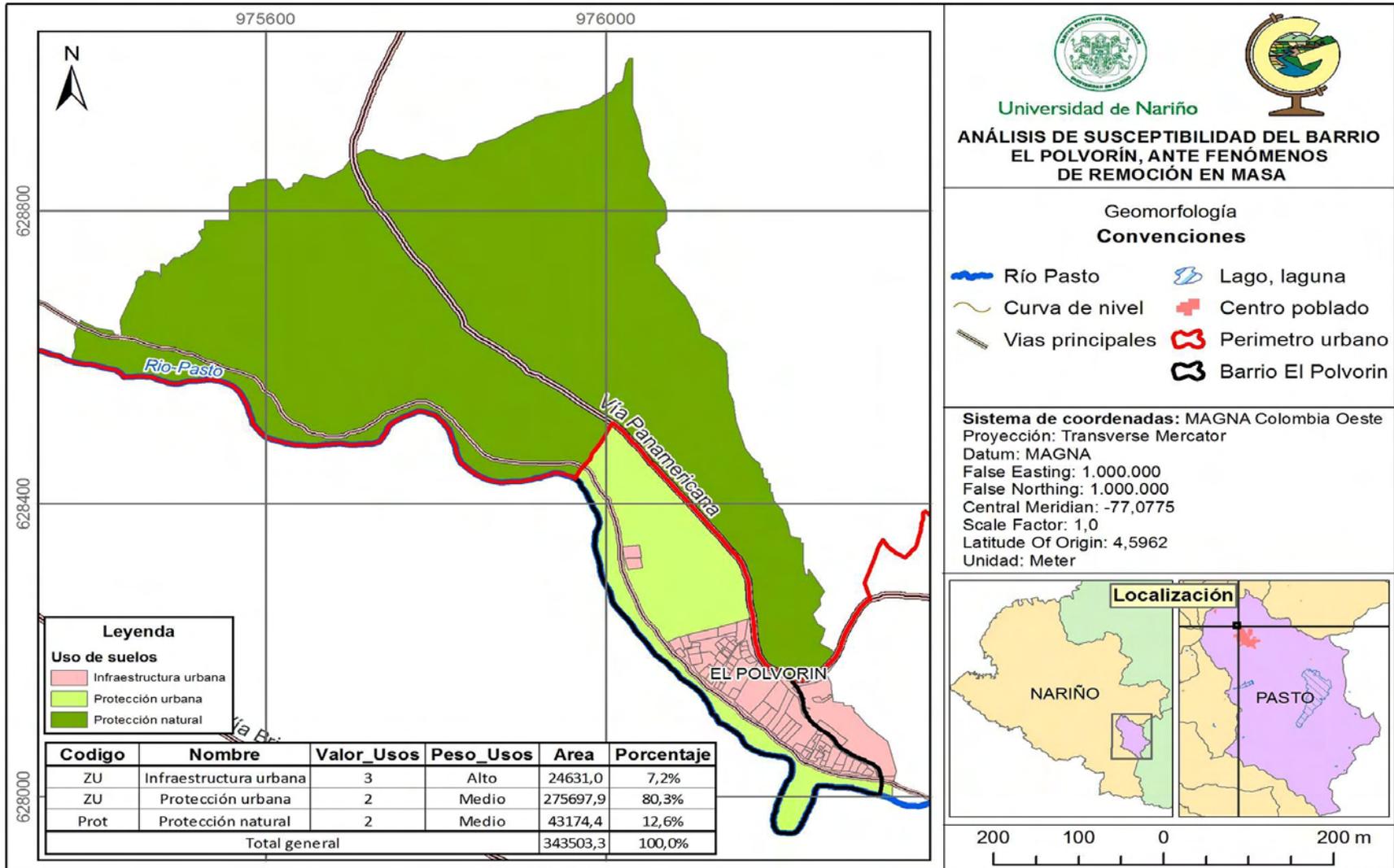
En cuanto al valor designado a los usos de suelo para infraestructura urbana se le dio un valor de 3 ya que la influencia de los habitantes hacen de este tipo de uso de suelo más susceptible a los fenómenos de remoción en masa con un grado de susceptibilidad alta, y a los usos de protección si bien no tiene habitantes son áreas con un valor de 2 y una susceptibilidad de media pues las áreas de protección requieren de un tratamiento especial y de importancia que también pueden ser afectados por los FRM.

Imagen 16. Áreas de usos de suelos



Fuente: Esta investigación 2017.

Imagen 17. Mapa usos de suelo

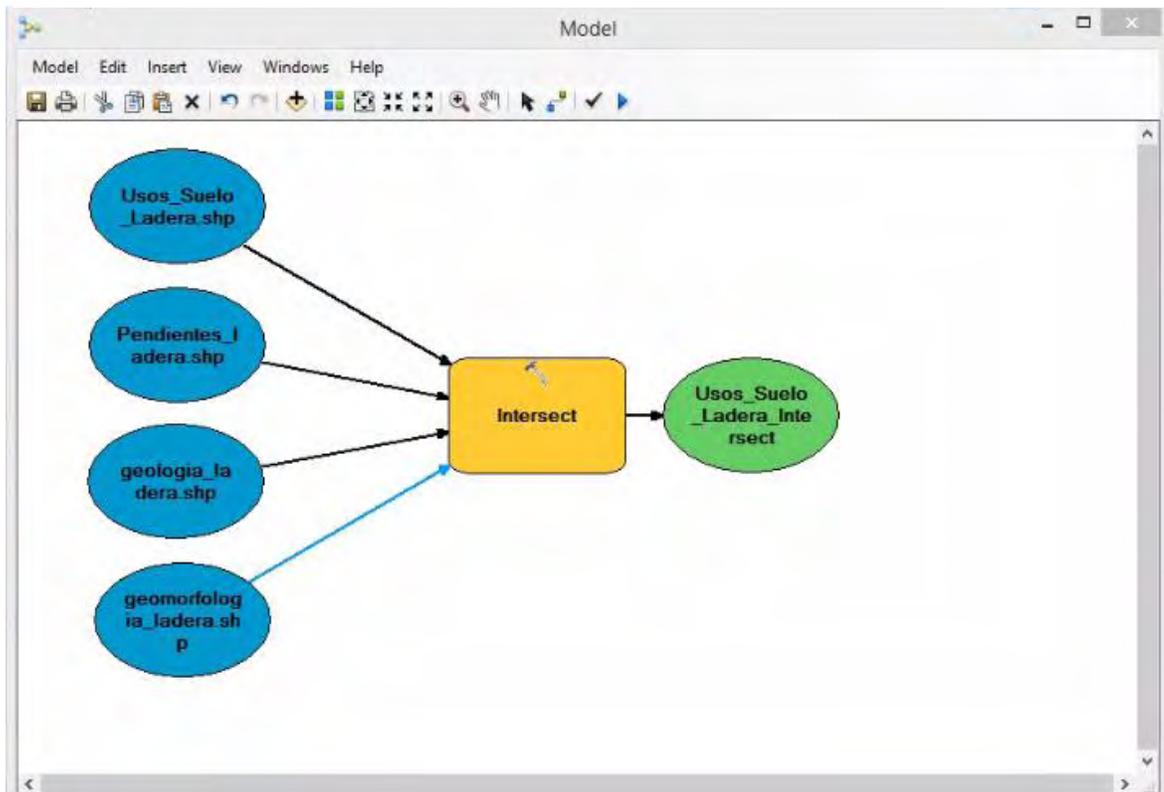


Fuente: Esta investigación 2017.

### 9.3 GENERACIÓN DE MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD.

Realizados los mapas de pendiente, geomorfología, geología y uso de suelos se generó el cruce de mapas para esto se utilizó el software ArcGIS 10.4.1 (versión académica), en el cual se tomó la herramienta Modelo Builder se exportaron los 4 mapas y en ArcToolbox se buscó la herramienta intersección y se la adjunto al modelo, con Connect se conectó cada uno de los mapas a la intersección.

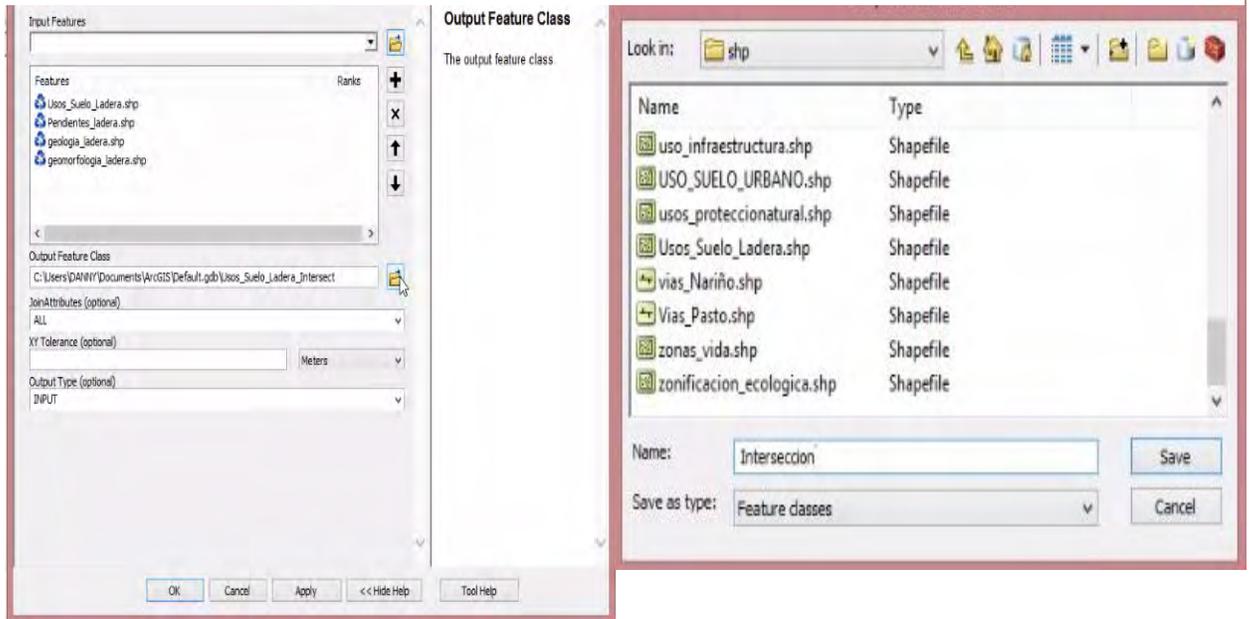
Imagen 18. Modelo-Intersección



Fuente: Esta investigación 2017.

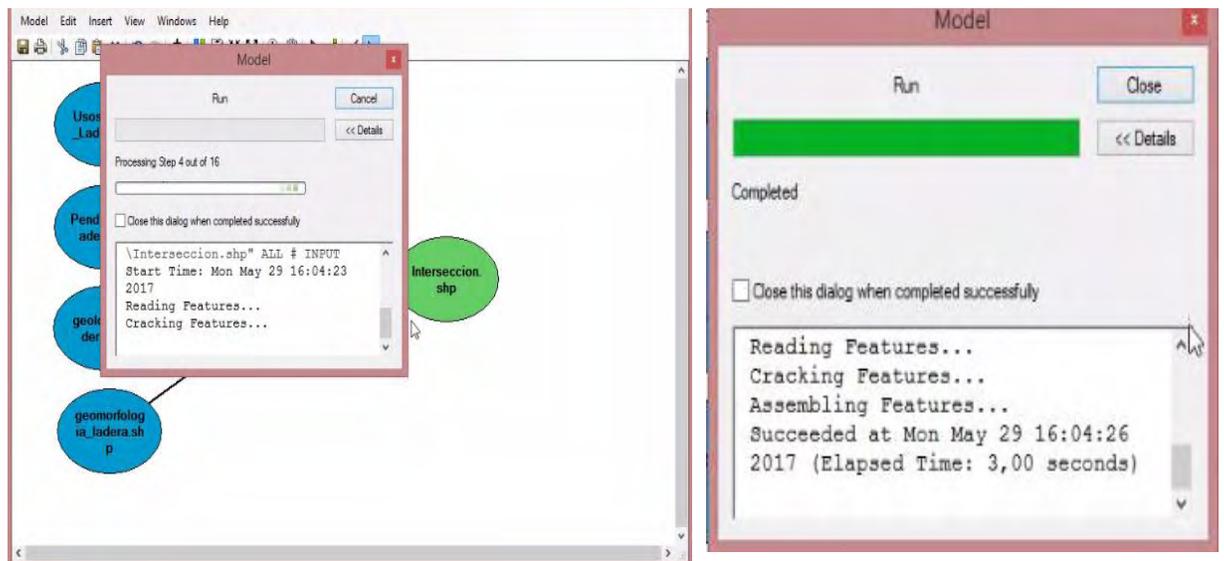
Después de este paso se da clic en Intersect para dar el nombre de la carpeta en la que se guarda la información en la carpeta de los Shapefile con el nombre de intersección.

Imagen 19. Grabado de información



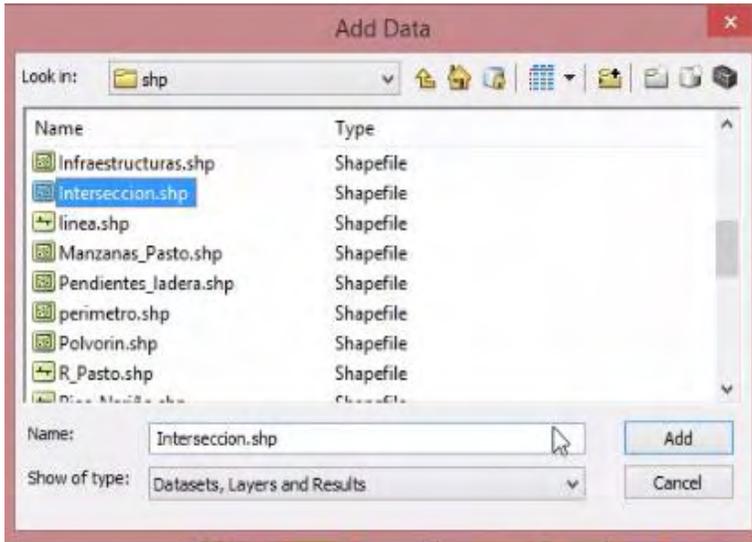
Posteriormente al guardado se procede a ejecutar el cruce geométrico, haciendo correr el modelo de intersección.

Imagen 20. Cruce geométrico con modelo de intersección



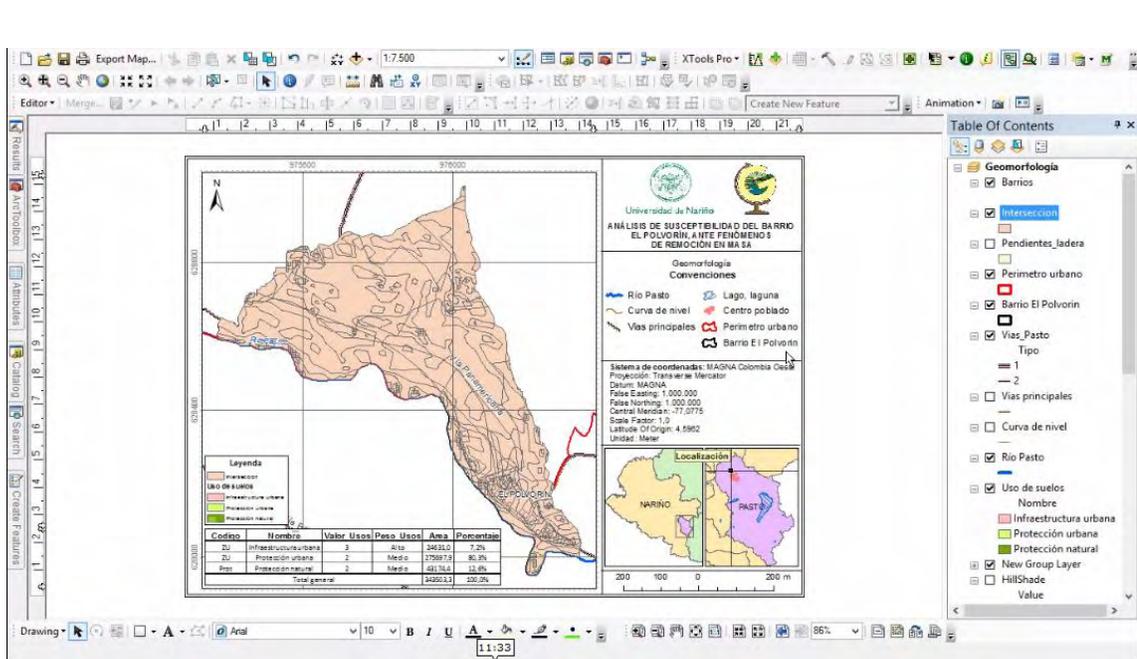
Ya con la intersección realizada se guarda el modelo en toolbox con el nombre de modelo de intersección después de guardado se cierra el modelo y con la herramienta Add Data y se adhiere el archivo de intersección.

Imagen 21. Herramienta Add data



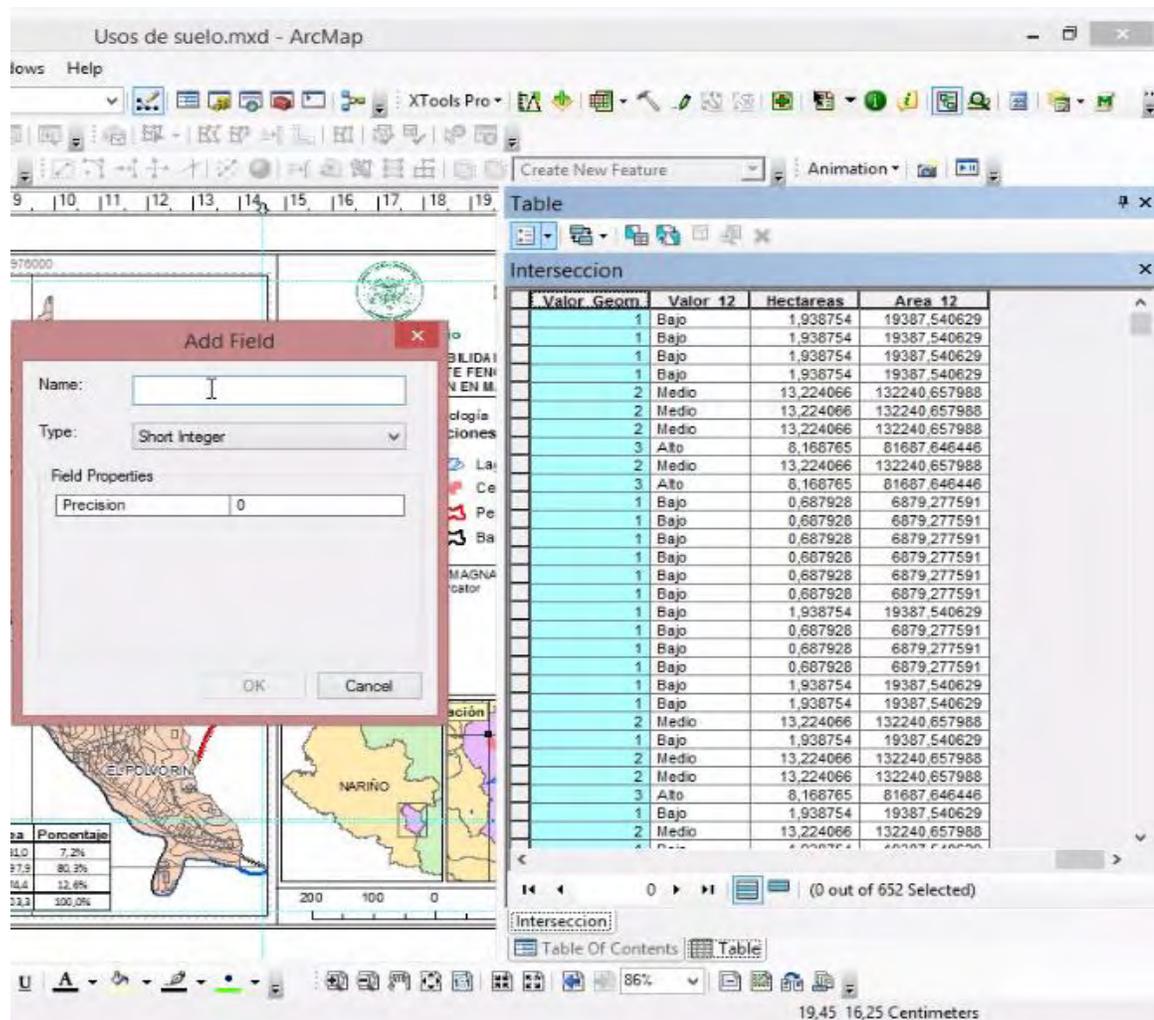
Adherido el archivo de intersección se puede observar que en el mapa la información ya se encuentra relacionada.

Imagen 22. Pantallazo con información relacionada



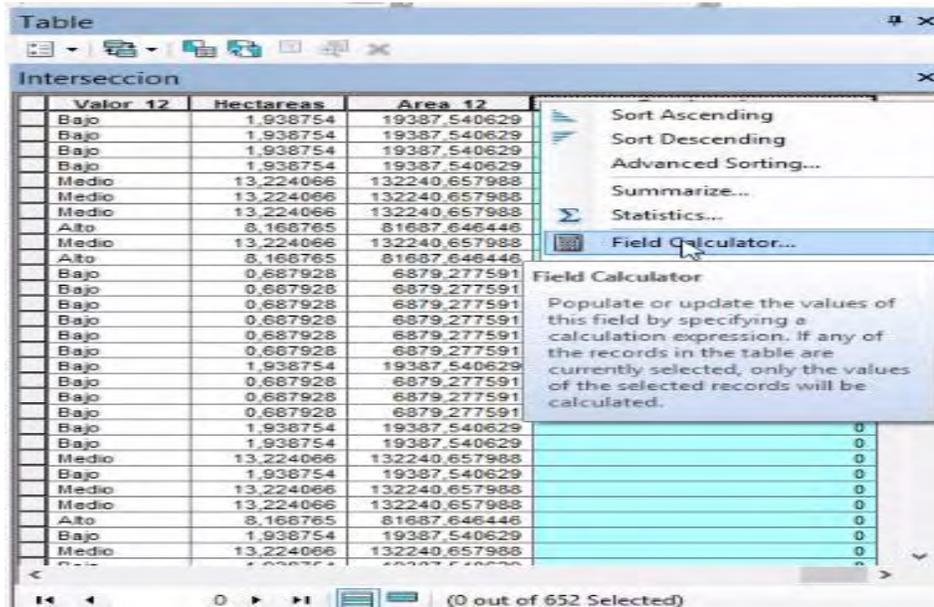
Para verificar que la información esté relacionada se observa la tabla de atributos en ella se encuentra la información de pendiente, geología, geomorfología y uso de suelo, verificada la información se adhiere una nueva columna mediante la herramienta Add Field. Con el nombre de ponderados, tipo doble.

Imagen 23. Pantallazo de la tabla de atributos.



Ya con el campo de ponderados se lo selecciona y se comienza a efectuar un análisis de multicriterio, con la herramienta Fiel Calculator

Imagen 24. Análisis multicriterio con Fiel Calculator



Con esa herramienta se ingresara valor de cada mapa para el análisis del área de estudio a cada mapa, se le asignó un porcentaje de valor teniendo en cuenta la metodología del IDEAM. En base a esa información se hizo una adaptación y la ponderación total de cada mapa se refiere a ese porcentaje dividido entre el 100% que es el valor final que se ingresa en la fórmula para determinar susceptibilidad.

Tabla 14. Ponderación total de variables.

INDICADOR	VALOR DE VARIABLES			PONDERADO TOTAL
PENDIENTES	PLANO	0		
	LIGERAMENTE INCLINADO	1		
	MODERADAMENTE INCLINADO	1		
	FUERTEMENTE INCLINDO	2		
	MUY INCLINADO	2		
	ESCARPADO	3		
	MUY ESCARPADO	3		
	<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	3	36%
GEOMORFOLOGIA	TERRAZA VOLCANICA FUERTEMENTE DISECTA	1		
	ESCARPES DE DISECCION	2		
	ABANICO ALUVIAL	1		
	TERRAZA ALUVIAL	1		
	LADERAS LEVEMENTE ESCARPADAS	1		
	LADERAS MODERADAMENTE ESCARPADAS	2		
	LADERAS FUERTEMENTE ESCARPADAS	3		
	<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	2	21%
GEOLOGIA	LAVAS Y CENIZAS (TQVLC)	2		
	ABANICOS ALUVIALES (QCAL)	3		
	<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	1	26%
USO DE SUELO	INFRAESTRUCTURA URBANA	3		
	PROTECCION NATURAL	2		
	<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	1	17%

Fuente: Esta investigación 2017.



**$((\text{VALOR\_PEND}) * 0,36) + ((\text{VALOR\_GEOM}) * 0,21) + ((\text{VALOR\_GEOL}) * 0,26) + ((\text{VALOR\_USOS}) * 0,17) = \text{LA SUSCEPTIBILIDAD ante FRM.}$**

Con los ponderados determinados se debe hacer un análisis de rangos para poder definir la susceptibilidad en alta, media y baja por lo tanto en el campo de ponderados que se creó se adhiere otro campo nuevo que va a tener una característica textual de 20 caracteres en el que se determina finalmente la susceptibilidad.

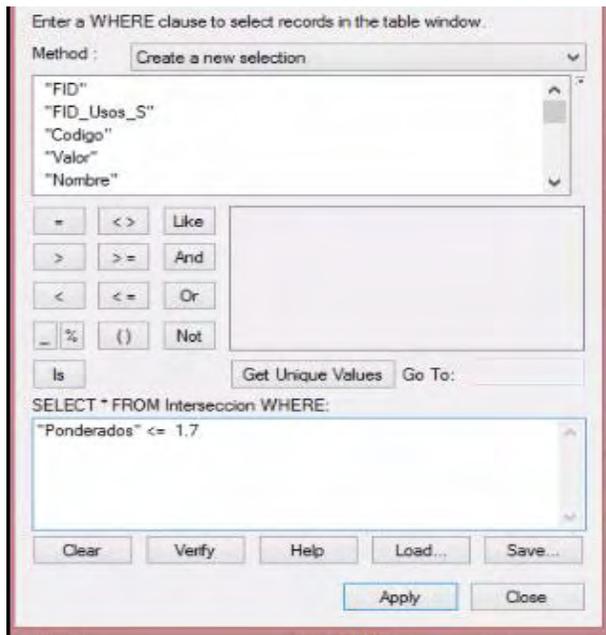
Area 12	Ponderados	Susceptibi
19387.540629	1,07	
6879.277591	1,07	
6879.277591	1,07	
19387.540629	1,07	
6879.277591	1,07	
6879.277591	1,07	
132240.657988	1,28	
132240.657988	1,28	
132240.657988	1,28	
132240.657988	1,28	
132240.657988	1,28	
132240.657988	1,28	
132240.657988	1,28	
6879.277591	1,33	
420.301675	1,33	
19387.540629	1,33	
19387.540629	1,33	
19387.540629	1,33	
7044.0223	1,33	
7044.0223	1,33	
7044.0223	1,33	
7044.0223	1,33	
6879.277591	1,43	
6879.277591	1,43	
6879.277591	1,43	
6879.277591	1,43	
19387.540629	1,43	
6879.277591	1,43	
6879.277591	1,43	

Para consolidar el nuevo campo de susceptibilidad se definió los siguientes niveles, teniendo en cuenta el ponderado más alto y el ponderado más bajo, la diferencia entre los dos será la variación que permitió determinar los siguientes niveles:

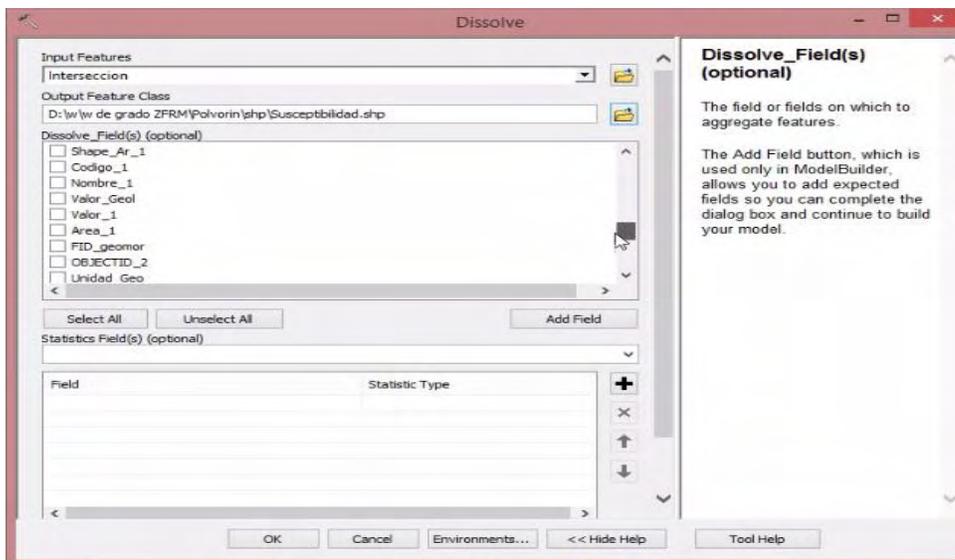
- < 0 iguales a 1,7 será nivel BAJO de susceptibilidad**
- >1,7 a 2,35 será nivel MEDIO de susceptibilidad**
- >2,35 será nivel ALTO de susceptibilidad**

Por medio de la herramienta Select By Attributes, se escribe la fórmula para los diferentes niveles de susceptibilidad así como se observa en la imagen 26.

Imagen 26. Pantallazo ingreso de formula niveles de susceptibilidad.

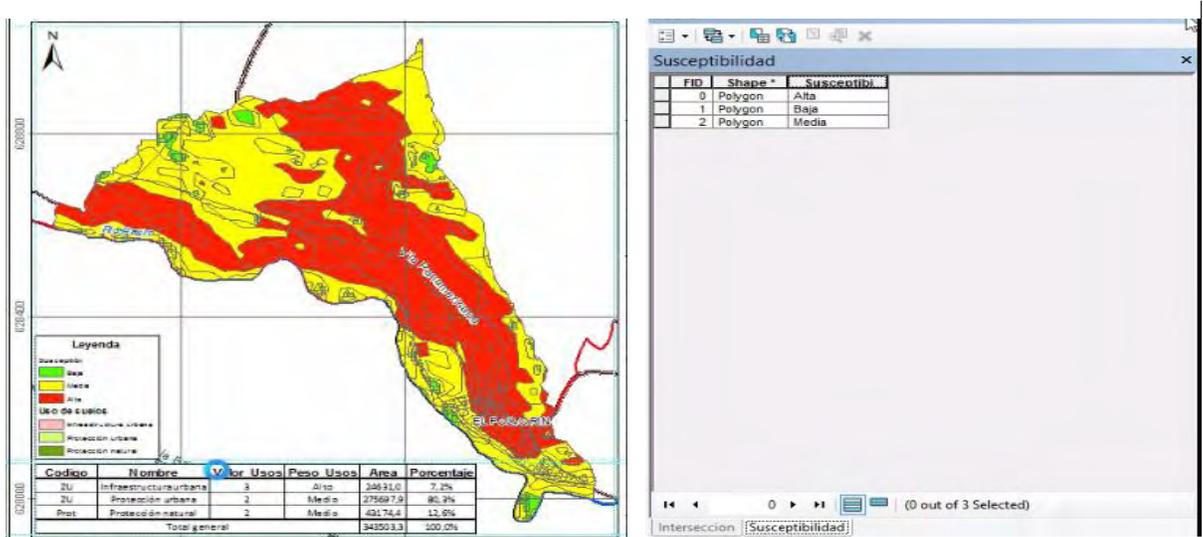


Generado la selección por atributo de todos los niveles de susceptibilidad, se procede a aplicar una generalización al mapa, mediante la herramienta Data Management Tools.-Generalization Dissolve. En el que se da un Input Features que para el caso es la intersección, en los campos a adherir se utiliza la variable de susceptibilidad y en el Output se da la orden de salida y se lo guarda como susceptibilidad final.



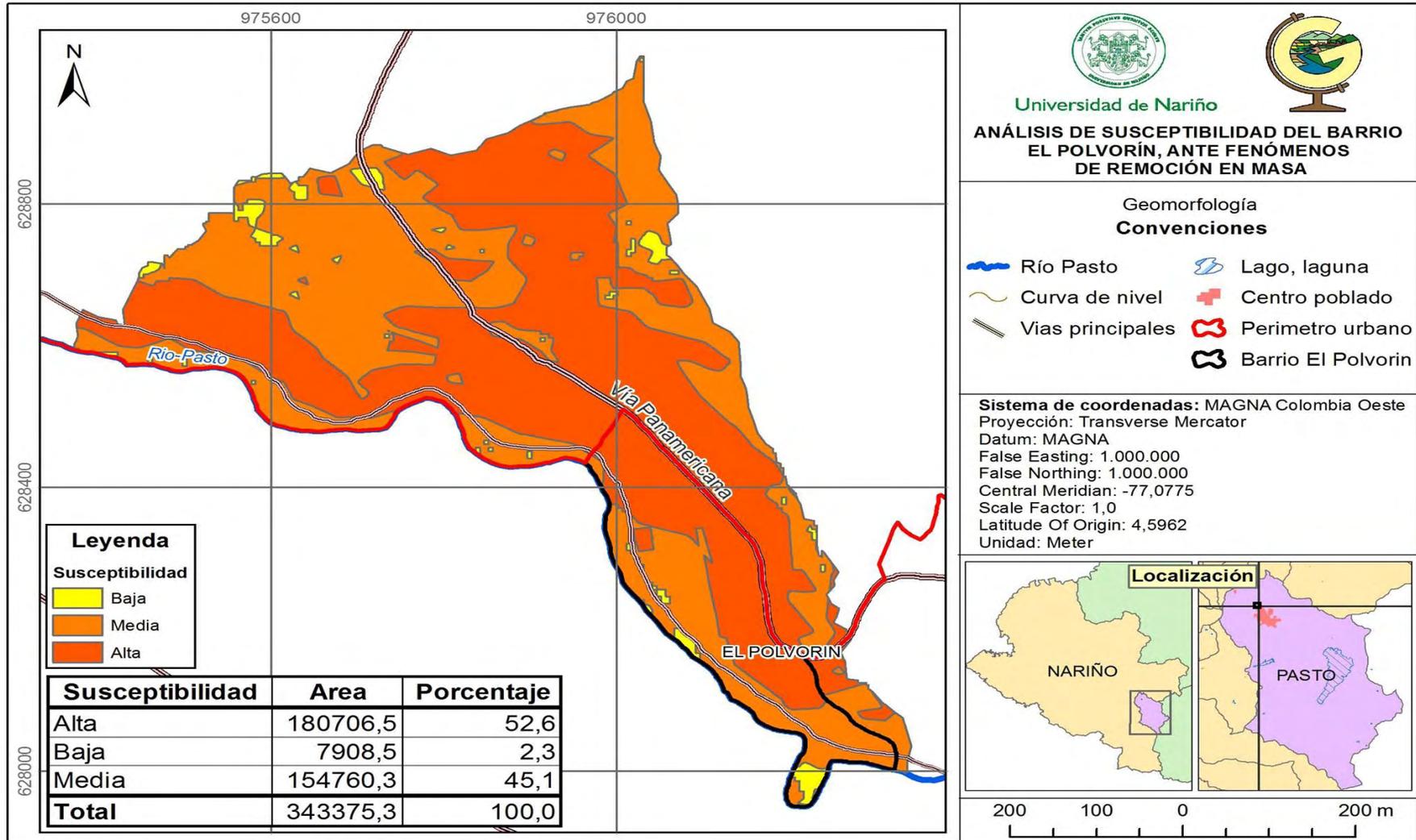
Con la herramienta de Dissolve la tabla de atributos quedara determinada en los niveles alto bajo y medio de susceptibilidad del area de estudio.

Imagen 27. Pantallazo mapa con tabla de atributos



Finalmente se quita el borde a cada polígono y se le da formato de color adecuado al mapa, a continuación se presenta el resultado final de todo el proceso descrito.

Imagen 28. Mapa de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa.



Fuente: Esta investigación 2017.

Con el mapa de susceptibilidad podemos analizar que el barrio el Polvorín se encuentra situado entre susceptibilidad media y alta, con escasas áreas de susceptibilidad baja y en consecuencia podemos decir que está en una zona de riesgo que con cualquier factor detonante (precipitación, fallamiento etc.) se pueden generar deslizamientos, la susceptibilidad ante FRM nos permite observar en el mapa que aproximadamente el 52,6% del área de estudio está en un nivel de susceptibilidad alto por las características y condiciones del área de estudio, en este caso el mapa de susceptibilidad es claro e indica que zonas son más susceptibles a este tipo de fenómenos según las condiciones expuestas en esta investigación.

Las zonas de susceptibilidad media tiene un porcentaje de área de 45,1% que de alguna manera también influye significativamente en el barrio el Polvorín, pues una parte considerable de este territorio tiene susceptibilidad media a los fenómenos de remoción en masa.

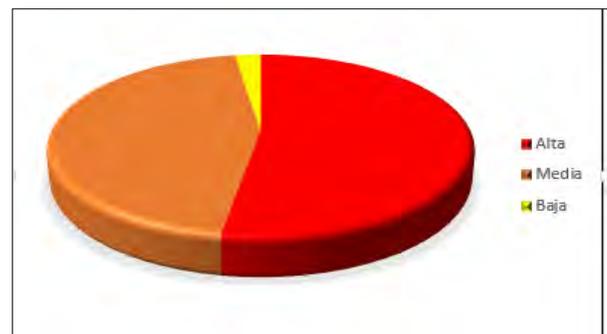
Las condiciones del barrio El Polvorín en cuanto a su ocupación del territorio constituye una problemática urbana y debe estar considerada por las autoridades de gestión del riesgo ya que la susceptibilidad alta y media en la que se encuentra este barrio puede generar sucesos catastróficos por la inadecuada planificación de este territorio. El análisis total de ladera permite comprender que no hay un área significativa que se pueda considerar como una zona apta para ser habitada ya que el 2,3 % del territorio se considera como áreas con baja susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa, el condicionante de esta ladera nos determina claramente que la expansión del barrio El Polvorín no debe ser permitida por las autoridades competentes de la gestión del riesgo.

Las zonas con alto, medio y baja susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa se determinan por la superposición de áreas y los valores asignados que se consolidan en el cruce de mapas indicando que algunas zonas por sus características y condicionamientos son más susceptibles que otras, esto nos indica que la cartografía temática es una gran herramienta para determina las zonas con alta susceptibilidad ante los FRM.

Tabla 15. Áreas susceptibilidad

Susceptibilidad	Area	Porcentaje
Alta	180706,5	52,6
Media	154760,3	45,1
Baja	7908,5	2,3
<b>Total</b>	<b>343375,3</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Esta investigación 2017.



## 10. CONCLUSIONES

- El barrio el polvorín se ha caracterizado por problemas de desarrollo urbano acelerado y conflictivo. En síntesis según nuestra investigación se puede dar cuenta del retraso que ha ocasionado la falta de una visión prospectiva hacia una buena planificación territorial a largo plazo y la poca efectividad de los instrumentos normativos aplicados.
- La ocupación urbana de áreas escarpadas debe ser considerado como un fenómeno de carácter importante a estudiar antes de que sucedan desastres de origen antrópico o socio-natural o por la ubicación de familias y edificaciones en áreas catalogadas como zonas de riesgo ante fenómenos de remoción en masa.
- La falta de planificación territorial genera problemáticas de invasión y exposición de las poblaciones ante evidentes amenazas, para los pobres de la ciudad, generalmente localizados en zonas de riesgo, la ocupación significa ubicarse en el territorio generando inadecuados usos de suelo, mal ubicados y mal servidos, que en efecto, constituyen uno de los problemas más agudos de la actualidad.
- Los sistemas de información geográfica (SIG) son primordiales a la hora de determinar las problemáticas en el territorio ya que sirve como una herramienta esencial para un análisis de diferentes variables y el cruce de las mismas por medio de un análisis de multicriterio.
- La importancia de generar estos estudios de análisis de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa (FRM) es que sirven para que en un futuro se tome como base para estudios más profundos como lo es un escenario de riesgo.
- Para analizar las zonas susceptibles a fenómenos de remoción en masa, es necesario ir acampo para verificar estas zonas, ya que llegaríamos a estudios más detallados con una buena escala y una aproximación a estudiar el fenómeno de una manera más rápida.
- Se encontraron zonas con mayor susceptibilidad en el barrio polvorín en donde por medio de esta investigación podemos dar a conocer a las autoridades competentes y a la comunidad afectada, para que se realice una buena gestión del riesgo hacia futuros deslizamientos.
- La incidencia de fenómenos de remoción en masa en toda el área se puede minimizar solo necesitamos crear acciones que mejoren una buena planificación del territorio promoviendo el buen manejo del recurso del suelo junto con el bienestar de las familias que habitan en estas zonas en riesgo.
- Con el análisis de susceptibilidad ante FRM podemos concluir que el área de estudio se encuentra en una zona de riesgo y que en general las autoridades correspondientes deberían hacer todo lo posible para que este territorio no se siga tomando como zona de expansión urbana.

## 11. RECOMENDACIONES

- Por medio de la normatividad de planificación territorial se debe realizar un control en las zonas periféricas del sector urbano para prevenir los asentamientos humanos que por lo general se dan en zonas de riesgo.
- Para prevenir desastres naturales es fundamental impulsar nuevos proyectos de investigación encaminados a la gestión del riesgo y la prevención de desastres.
- Generar políticas y acciones para implementarlas a la población que ayuden que ayuden a mejorar el conocimiento sobre las temáticas del riesgo de desastres.
- Actualizar la información sobre las zonas periféricas habitadas como consecuencia del desplazamiento masivo de los pobladores con escasos recursos.
- Permitir que los usos de suelo estipulados en el POT del municipio de San Juan De Pasto, se implementen según la normatividad expuesta teniendo en cuenta sobre todo las zonas periféricas del sector urbano.
- Es fundamental que los resultados de esta investigación realizados en el barrio El Polvorín, permitan generar acciones futuras para prevenir un desastre sobre fenómenos de remoción en masa.
- Se recomienda dentro de la planificación territorial y en el concepto de la gestión del riesgo de desastres por parte de las instituciones un monitoreo de licencias para el desarrollo de zonas urbanísticas en el barrio El Polvorín, para que así se controle su expansión.
- Es necesario para los entes gubernamentales tener en cuenta este tipo de estudios ya que desde nuestra ciencia geográfica, se quiere implementar investigaciones para la población vulnerable a este tipo de amenazas que de una u otra manera busca trabajar para el beneficio de la comunidad afectada.
- Este tipo de estudios se deben tomar como un elemento de trascendencia por la elaboración del mapa de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa ya que servirá para el futuro diseño de medidas de mitigación y prevención ante un posible desastre.

## 12. BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA MUNICIPAL PASTO POT. Cuaderno de diagnóstico gestión del riesgo 2012-2015 p.63

ARÉVALO, Diego y PARIAS, Juan. 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. Bogotá, 2015.p.23.

BLISSENBACH, 1954; BULL, 1977; WASSON, 1975; NILSEN Y MOORE, 1984. Abanicos Aluviales: Aportación Teórica a Sus Aspectos Más Significativos. Citado por GOMEZ, Villar a. p. 4

BENÍTEZ, Katherine y GÓMEZ, Daniel. Zonificación por susceptibilidad a fenómenos de inundaciones en el área de la influencia urbana de la quebrada Chapal en San Juan de Pasto Nariño.: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía. 2015. p.31

CABALLERO, Elsa. El concepto de ladera urbana vol. 4 (en línea). 2011. Disponible en: <file:///C:/Users/Amanda%20E/Downloads/2549-8469-1-PB.pdf>

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MAS LIMPIA. Proyecto de gestión ambiental en la industria de curtiembres.2004.p11.

CENAPRED. Inestabilidad de laderas. (En línea) 25 de mayo, 2017. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/fasciculoladeras2.pdf>

CIESAS. LABORATORIO UNIDAD PACÍFICO SUR. Sistemas de Información geográfica. p. 1. Disponible en: <https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. DECRETO 2811 DE 1974. Código nacional de recursos naturales y renovables y de protección al medio ambiente. Diario oficial No 34243.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. LEY 1523 DE 2012. Unidad Nacional Para La Gestión del Riesgo De desastres. Diario oficial. Abril, 2012. No 48411.

COLOMBIA. EL CONGRESO. LEY 388 DE 1997. Ley De Ordenamiento Territorial. Diario oficial. Julio, 1997. No 43 091

COLOMBIA. Constitución política de Colombia 1991 Capítulo 3: De los derechos colectivos y del ambiente, artículo 79

EL TIEMPO. La clave para planear un nuevo país es El POT. (En línea) Julio, 2016. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16643406>

FELICIANO, Manuel. Capítulo 2 (En línea). Modelo digital de elevación Disponible en: [http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema\\_2.pdf](http://www6.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_2.pdf).

GRUPO DE ESTÁNDARES PARA MOVIMIENTOS EN MASA (GEMMA). Proyecto Multinacional Andino: Geo ciencias para las Comunidades Andinas. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, 2007. ISSN 0717-3733, pág. 25.

GEOGRAFIA. Terrazas Aluviales. (En línea) 15 de noviembre 2011. p.1 disponible en: <http://geografia.laguia2000.com/general/terrazas-aluviales>

HOUSER Y CRUDEN. Definición de fenómenos de remoción en masa. Citado por LARA, Marisol y SEPULVEDA, Sergio. Remociones en masa. Chile, 2008. p.3.

INGEOMINAS. Catálogo de movimientos en masa. (En línea) ,25 de mayo de 2017. Disponible en: [File:///C:/Users/Amanda%20E/Downloads/catalogo%20de%20movimientos%20en%20masa%20\(2\).pdf](File:///C:/Users/Amanda%20E/Downloads/catalogo%20de%20movimientos%20en%20masa%20(2).pdf)

INGEOMINAS. Documento metodológico de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza por remoción en masa. BOGOTÁ D.C, 2011 p.44

INGEOMINAS. Catálogo de movimientos en masa. (En línea) ,25 de mayo de 2017. Disponible en: [ile:///C:/Users/Amanda%20E/Downloads/catalogo%20de%20movimientos%20en%20masa%20\(2\).pdf](ile:///C:/Users/Amanda%20E/Downloads/catalogo%20de%20movimientos%20en%20masa%20(2).pdf)

INGEOMINAS. Documento metodológico de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza por remoción en masa. BOGOTÁ D.C, 2011 p.44

MERGILI, Martin; MARCHANT, Carla y MOREIRAS, Stella. Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la Región Andina. En: Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía. Noviembre, 2014. (En línea). Vol. 24, no. 2, p. 113-131, ISSN electrónico 2256-544. Disponible en: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/50211/51664>. (citado en 19 mayo de 2017)

MOREIRA, Andrés. BORGOSQUE. Los sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. Junio, 1996. (En línea). Vol. XII- N° 2, p. 80 - 86 ISSN 0716 - 1476. Disponible en: [http://geografia.uc.cl/images/academicos/Andres Moreira /Moreira \\_SIG \\_cons.pdf](http://geografia.uc.cl/images/academicos/Andres%20Moreira/Moreira_SIG_cons.pdf)

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS (SNGR). Propuesta metodológica. Análisis de vulnerabilidad a nivel municipal. p.15.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Conceptos Generales sobre gestión del riesgo de desastres y contexto del país, Experiencias y herramientas de aplicación a nivel regional y local. (En línea). PNUD, Chile, diciembre. 2012. p, 8. Disponible en: [http://www.preventionweb.net/files/38050\\_38050conceptosbsicos.pdf](http://www.preventionweb.net/files/38050_38050conceptosbsicos.pdf)

PNUD. Escuela Virtual. Diplomado de especialización en desarrollo local y gestión integral del riesgo, Unidad 2 - Introducción a la Gestión Integral del Riesgo. pag3.

SEGERE, Carlos; VILLODAS, Rubén. Hidrología I (en línea),25 de mayo de 2107.Disponible en internet: <http://www.conosur-rirh.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf>

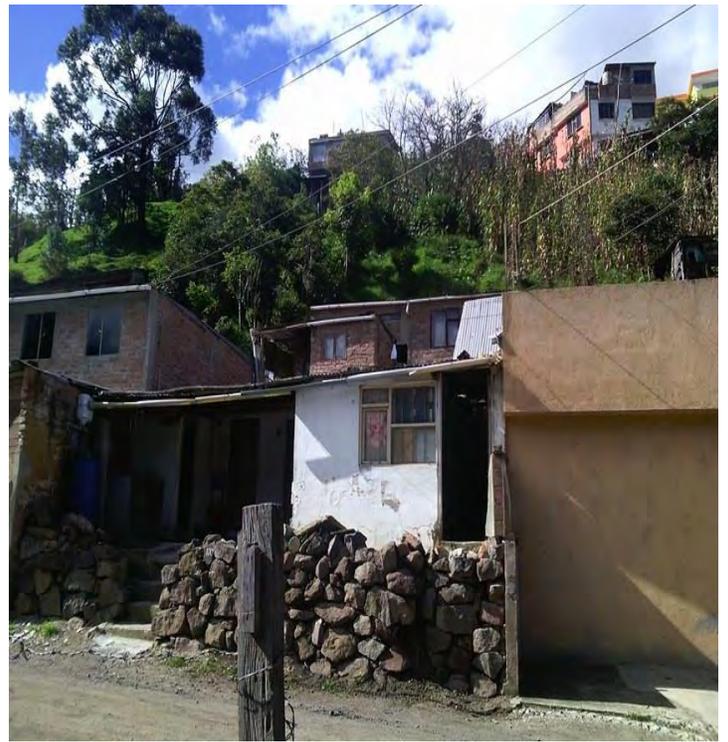
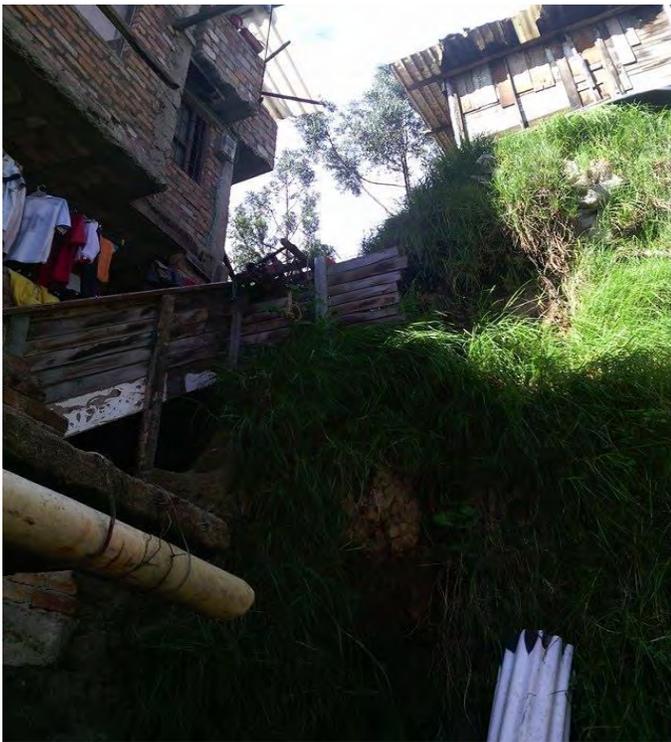
SEGERE, Carlos; VILLODAS, Rubén. Hidrología I (en línea),25 de mayo de 2107.Disponible en internet: <http://www.conosur-rirh.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf>

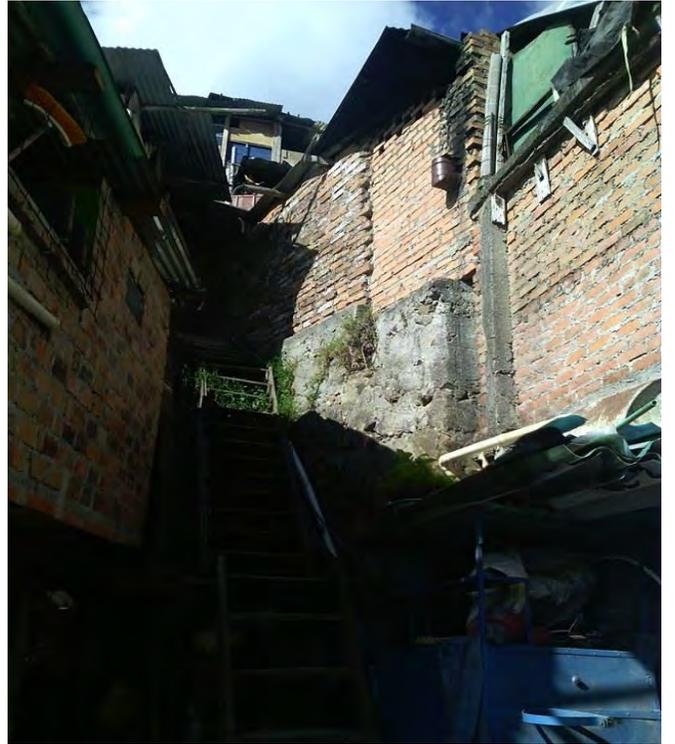
UNISDR. Terminología sobre reducción del riesgo de desastres (en línea). Naciones unidas. 2009. Disponible en: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)

VELASQUEZ, Julio. Estimación del grado de riesgo generado por la amenaza relacionado con fenómenos de remoción en masa de tipo hidrogravitatorios en los barrios de Juanoy Alto, San Antonio, Nuevo Amanecer y conjunto Cerrado Morasurco, Municipio de Pasto, Departamento De Nariño.: Universidad De Nariño. Facultad De Ciencias Humanas. 2017. p.52

## 13. ANEXOS

### 13.1 ANEXO1. REGISTRO FOTOGRAFICO





Fuente: Esta investigación 2017.