

IMPORTANCIA DE LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA DETERMINAR LAS AMENAZAS POR
MOVIMIENTOS EN MASAS DE LA LOCALIDAD DE USME EN LA CIUDAD
DE BOGOTÁ



AUTOR

BENJAMÍN SANTAMARÍA LONG

TUTOR:

ING MSC. CARLOS MARCELO JARAMILLO ECHEVERRY

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ, DICIEMBRE 2022

IMPORTANCIA DE LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA DETERMINAR LAS AMENAZAS POR
MOVIMIENTOS EN MASAS DE LA LOCALIDAD DE USME EN LA CIUDAD
DE BOGOTÁ



AUTOR

BENJAMÍN SANTAMARÍA LONG

TUTOR:

ING MSC. CARLOS MARCELO JARAMILLO ECHEVERRY

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ, DICIEMBRE 2022

TABLA DE CONTENIDO

1.	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.1	FORMULACION DEL PROBLEMA	11
2	JUSTIFICACIÓN.....	11
3	OBJETIVOS	13
3.1	Objetivo General.....	13
3.2	Objetivos Específicos	13
4	INTRODUCCIÓN.....	14
5	MARCO REFERENCIAL	16
5.1	ANTECEDENTES	16
6	MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	24
6.1	Movimientos en masas	24
6.2	Sistemas de Información Geográfica.....	28
6.3	Componentes de los sistemas de Información Geográfica	28
6.3.1	Datos:.....	28
6.3.2	Software:.....	28
	Además de ArcGIS, existen otros programas SIG gratuitos que pueden utilizarse para analizar datos geográficos. Estos programas, aunque no son tan robustos o interoperables como ArcGIS, son completamente adecuados para todo tipo de análisis geográfico.	29
6.3.3	Hardware:	29

6.3.4	Equipo Humano:.....	29
6.3.5	Técnico/Analista SIG:	29
6.3.6	Programador SIG:.....	30
6.3.7	Procesos:.....	30
6.2	Sistema de proyección con un único origen:	30
6.5	Plan de Ordenamiento Territorial	30
6.7	Los SIG y los Planes de Ordenamiento Territorial.....	31
6.8	SIG-OT	32
6.9	Importancia de los SIG	32
6.10	Beneficios de los SIG	32
6.12	Zonificación de Deslizamiento.....	34
7	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	35
7.1	Factores que inciden en la remoción de masa en la localidad de USME	38
7.2	Zonas con antecedentes de movimiento en masa en la localidad de Usme....	39
8	METODOLOGÍA.....	40
8.1	Recolección De La Información.....	43
8.2	Datos Utilizados	44
8.2.1	Cartografía base:.....	47
8.2.2	Geología:	47
8.2.3	Pendiente:	53

8.2.4 Precipitación:	54
8.3.5 Ubicación estaciones	55
8.2.6 Cobertura:	59
9. RESULTADOS Y ANALISIS	61
9.1 Proyección del Sistema de coordenadas	61
9.2 Pendiente	62
9.3 Precipitación	66
9.4 Cobertura	70
9.5 Geología	72
9.6 ANÁLISIS DE AMENAZA.....	74
10. IMPACTO	79
11. CONCLUSIONES.....	80
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	88

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipos de movimientos en masas.....	26
Ilustración 2. Tipos de movimientos en masas.....	27
Ilustración 3. Mapa localización área de estudio.....	35
Ilustración 4. UPZs de USME	36
Ilustración 5. Riesgos en la zona rural de las localidades en Bogotá	37
Ilustración 6. Amenaza por movimiento de masa zona rural en Bogotá.....	37
Ilustración 7. Riesgos zona urbana en las localidades de Bogotá.	38
Ilustración 8. Amenaza por movimiento de masa zona urbana en Bogotá.....	38
Ilustración 9. Mapas de zonas con antecedentes de movimientos en masas. Esc: 1:130 000	39
Ilustración 10. Mapa actual Geología localidad de Usme. Esc: 1:130 000.....	51
Ilustración 11. Mapa actual Unidad Geología de Usme. Esc: 1:130 000.....	52
Ilustración 12. Ubicación Estaciones Meteorológica	55
Ilustración 13. Estación Meteorológica Australia	55
Ilustración 14. Estación Meteorológica Cisaca	56
Ilustración 15. Estación Meteorológica Pasquilla	56
Ilustración 16. Estación Meteorológica Bocagrande.....	57
Ilustración 17. Estación Meteorológica la Unión	57
Ilustración 18. Mapa actual Cobertura localidad de Usme. Esc: 1:130 000.....	59
Ilustración 19. Proyección sistema de coordenadas	61
Ilustración 20. Caja de herramientas Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract by Mask,	62

Ilustración 21. Cálculo de las pendientes en porcentaje como característica de la variable del raster.....	63
Ilustración 22. Definición de límites de cada variable	63
Ilustración 23. Caja de herramientas ArcToolBox >3D Analyst Tools> Raster Reclass > Reclassify,	64
Ilustración 24. Mapa reclasificación Pendientes. Esc: 1:130 000	65
Ilustración 25. Localización de las estaciones meteorológicas conforme a las coordenadas dadas y su respectiva precipitación	66
Ilustración 26. Caja de herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools-> Interpolación> IDW.....	67
Ilustración 27. Caja de herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools-> Interpolación> IDW.....	67
Ilustración 28. ArcToolBox >3D Analyst Tools> Raster Reclass > Reclassify.....	68
Ilustración 29. Mapa reclasificación Precipitaciones. Esc: 1:130 000	69
Ilustración 30. Asignación valor a cada uno de los tipos de coberturas.....	70
Ilustración 31. Asignación valor a cada uno de los tipos de coberturas.....	70
Ilustración 32. Mapa Reclasificación Cobertura. Esc: 1:130 000	71
Ilustración 33. Asignación valor a cada una de las Unidades Geológicas Superficiales	72
Ilustración 34. Mapa reclasificación unidades Geológicas. Esc: 1:130 000	73
Ilustración 35. Caja de Herramientas ArcToolbox > Conversion Tools > To Raster > Polygon to Raster	75
Ilustración 36. Calculadora de Raster de la Caja de Herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools> Map Algebra>Raster Calculator	76

Ilustración 37. Calculadora de Raster de la Caja de Herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools> Map Algebra>Raster Calculator	77
Ilustración 38. Mapa resultado análisis por movimiento de masa.....	78

LISTADO DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama Metodología del proyecto	42
---	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de tablas de mapas temáticos.....	44
Tabla 2 Clasificación de las unidades geológicas-Ponderación de pesos por litología (SNGR, 2017).....	45
Tabla 3. Calificación de los depósitos	48
Tabla 4. Calificación de los depósitos	48
Tabla 5. Calificación de los depósitos	49
Tabla 6. Unidades geológicas superficiales según su origen.....	50
Tabla 7. Clasificación susceptible por variable pendiente	54
Tabla 8. Valor de susceptibilidad por precipitación	58
Tabla 9. Calificación Coberturas	60
Tabla 10. Incidencia de factores de riesgo	74
Tabla 11. Ponderación de cada valor.....	75
Tabla 12. Rangos de amenaza método Natural Break.....	77

ANEXOS

Anexo 1. Estacion Australia	88
Anexo 2. Estacion Bocagrande.....	88
Anexo 3. Estacion Cisaca	89
Anexo 4. Estacion escuela La Unión.....	89
Anexo 5. Estacion Pasquilla	90

1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Esta labor de investigación tiene como eje central para su alcance, reconocer la importancia de la exploración y estudio de la información obtenida a través de una investigación exhaustiva, que permita determinar las causas de los movimientos en masa de la localidad de Usme en la ciudad de Bogotá, por medio de una zonificación, utilizando los sistemas de información geográfica, que son una gran herramienta que facilita la identificación de las áreas que se encuentran en alto riesgo.

De igual manera y para su alcance en segunda medida, esta herramienta permite al profesional, tener un acercamiento a la localidad de Usme, con la finalidad de conocer y entender el medio físico, lo cual proporcionará las bases para planear las primeras acciones y tomar decisiones que faciliten la investigación y luego se corrobore con la visita presencial al lugar.

En lo concerniente a limitaciones, se establece en primera medida que posiblemente en el ejercicio de investigación, no se logre recopilar todos los datos necesarios para el análisis final de los posibles riesgos que se pueden presentar en la localidad de Usme de la ciudad de Bogotá. Por consiguiente, se destaca la importancia de implementar el sistema de información geográfica, donde para lograr su cumplimiento es indispensable la visita al lugar por parte de profesionales en el área de la ingeniería civil, para que con una visión objetiva se logre llevar a cabo las metas establecidas.

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta algunos factores y antecedentes de riesgo relacionados con los movimientos en masa de la localidad de Usme, se pretende por medio de este ensayo dar respuesta al interrogante ¿Cuál es la importancia de la aplicación de los sistemas de información geográfica para determinar las amenazas por movimientos en masas de la localidad de Usme en la ciudad de Bogotá?

2 JUSTIFICACIÓN

La Localidad de Usme, cuenta con antecedentes de movimientos por remoción en masa asociadas con procesos humanos elevados, como la excavación de taludes inferiores para minería, carga de taludes y excavación de casas y redes, sistemas de drenaje mal mantenidos, escorrentía de aguas pluviales, tala y deforestación para uso urbano. Debido a los niveles de amenaza media y alta de esta zona, la mayoría de los sectores no son aptos para ser habitados.

Se investigará el tema, el movimiento de remoción en masas, su historia, las causas y las posibles soluciones para abordar la cuestión. También se estudiarán los trabajos que pueden realizarse para minimizar la situación.

Esta investigación pretende resaltar la importancia del uso del SIG en la zonificación de deslizamiento de la localidad de Usme en la ciudad de Bogotá, debido a la presencia de procesos de circulación de masas, los cuales son fenómenos que presentan movimiento de material formador de laderas resultado de la gravedad, sin la ayuda de algún agente de transporte fluido. Según FOPAE 2018 (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias), en la Localidad de Usme, existe un factor de riesgo para las personas que habitúan la zona, debido a que existe una zonificación de amenaza por movimiento en masa, siendo categorizado como un sector en amenaza media a alta.

Para llevar a cabo los objetivos propuestos se utiliza un software de sistema de información geográfica con el fin de detectar las zonas de alto peligro de movimientos en masa, en Usme; teniendo en cuenta que el profesional de ingeniería civil está en la capacidad de evaluar y definir los sectores que puedan ser susceptibles a deslizamientos, se busca una unificación entre la información geográfica y el ejercer la profesión de manera óptima.

Dicha investigación es viable dado que existe una amplia documentación e información referente a la problemática, la zona a estudiar y las temáticas generales que dentro de la investigación se profundizan. Del mismo modo, el desarrollo de este proyecto es pertinente dado que no se hayan suficientes investigaciones enfocadas en la localidad de Usme, en las cuales se analicen sus problemáticas relacionadas a su ubicación y/o por el tipo de suelo en el que se encuentra.

Dicho lo anterior, se beneficiarán todas las personas no solo del área de ingeniería civil, sino toda aquella persona de otras áreas interesada en la localidad como también de sus problemáticas; el autor, que pone en práctica lo aprendido e igualmente suma conocimientos y experiencia para su vida.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar las amenazas por movimientos en masas de la localidad de Usme en la ciudad de Bogotá.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las zonas altas de deslizamiento en masas en la localidad de Usme a través del sistema de información geográfica.
- Hacer un análisis con los sistemas de información geográfica para determinar las amenazas por movimiento de masas que se pueden presentar en la localidad de Usme teniendo en cuenta la información recolectada.
- Inventario de la información existente a cerca de los movimientos en masas en la localidad de Usme.

4 INTRODUCCIÓN

Con el tiempo, el campo de la ingeniería civil en el país se ha ampliado y ha crecido de forma muy competitiva, esta área se encuentra inmerso mayormente en distintos campos laborales y de acción al pretender lograr el mejoramiento de un espacio determinado.

Su presencia en las distintas áreas a la propia está basada en la necesidad y desarrollo social de un territorio, teniendo en cuenta en ellas las **edificaciones**, los acueductos, alcantarillados, vías, riegos, entre otras construcciones que se llevan a cabo para tal fin.

Para lograrlo, se desarrollaron los SIG, que son programas informáticos utilizados para la mejor planificación, creación, ejecución y mantenimiento de las obras civiles, así como una herramienta de apoyo para la prevención y recuperación de los sucesos relacionados con los desastres naturales.

Por otro lado, los SIG permiten evaluar y diagnosticar si en el lugar en el que se vaya a realizar una obra, se puede llegar a presentar un fenómeno natural por las acciones que se realicen o si la comunidad que se verá beneficiada correrá peligro por las labores que se desarrollen en esa zona.

Adicionalmente, es válido mencionar que Colombia por su ubicación geográfica se encuentra naturalmente propenso a movimientos de masa, estos se pueden causar por las fuertes lluvias y meteorización, entre otros. En este caso las comunidades que se hallan en la localidad de Usme de Bogotá, anualmente se encuentran afectados por estos fenómenos.

Sin embargo, los deslizamientos que afectan a los ciudadanos de la comunidad también se pueden dar por las actividades que se realicen en esa zona tales como la construcción de viviendas en terrenos no óptimos para ellas, las cuales traen consigo la desestabilización del suelo y por ende, se da mayor riesgo ante cualquier movimientos de masa donde se generan pérdidas materiales. Por otro lado, si bien estos movimientos al ser

naturales y no propios del ser humano no pueden ser evitados en total, pero, si se puede contribuir en la medida de lo posible disminuir los riesgos de ellos.

Por tal razón, resulta necesario la intervención y utilización de los SIG para conocer con plenitud y claridad cuáles son las zonas específicas de la localidad en la que se presente mayor presencia y probabilidad de remoción de masa por los movimientos de la tierra.

Es importante que en la ciudad se ejecuten planes de gestión de los fenómenos existentes en la localidad, planes que se basen en una descripción exhaustiva y profunda de estos eventos.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 ANTECEDENTES

A escala internacional se mencionan las siguientes investigaciones de las cuales se destacan sus objetivos, metodología y conclusiones, información importante que permite determinar la conectividad que existe con la actualmente realizada:

- ***Identificación de rutas y zonas óptimas de evacuación frente a un evento de inundación, mediante la aplicación de sistemas de información geográfica en el sector de Chosica del distrito de Lurigancho*** (Tordoya, 2020)

En ella la autora se planteó como objetivo general identificar las rutas y zonas óptimas de evacuación frente a un evento de inundación en el distrito de Lurigancho-Chosica (PERÚ), y para lograrlo se definieron como objetivos específicos recopilar la información a ser utilizada como insumo base para la identificación de las rutas y zonas óptimas de evacuación en caso de un evento de inundación, **generar mapas temáticos** como riesgo, susceptibilidad, rutas y zonas óptimas de evacuación, Determinar las zonas vulnerables a un evento de inundación (muy alto, alto, medio, baja, muy bajo), Generar modelamiento espacial de rutas óptimas y crear una cartografía especializada que ayude a la toma de decisiones para la mitigación y prevención de los problemas provocados por la ocurrencia de lluvias severas.

Para ello empleó un diseño metodológico dividido en 5 etapas desglosadas de la siguiente manera: recopilación de información, homogenización de la información, análisis de la información, generación de cartografía y análisis de resultados.

De todo ellos se concluyó que, de los 11068 terrenos estudiados, solo 1340 de ellos se encuentran en buena ubicación y de los restantes solo 257 son muy vulnerables y se destruyen fácilmente, lo que los pone en gran riesgo.

- ***Análisis socio espacial con sistemas de información geográfica marco conceptual basado en la teoría de la geografía*** (Buzai & Baxendale, 2015)

Los autores en este artículo aplicaron principalmente la metodología cuantitativa con perspectivas racionalistas, con el objetivo de contar con un marco teórico sustentado en la teoría de la Geografía. De las cuestiones teóricas y metodológicas tratadas se desprende que una visión sistémica de la realidad sirve de base para el análisis socioespacial mediante sistemas de información geográfica.

- ***Uso de un sistema de información geográfica para el análisis de amenaza por inundaciones en la cuenca alta del río Bogotá-municipio de Cota-límites localidad de Suba*** (Alvarado, 2014)

Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar por medio de sistemas de información geográfica, un modelo para el análisis de tipo predictivo, con amenaza de inundación para el sector ubicado entre la cuenca alta del río Bogotá en el sector de Cota - Cundinamarca y límites con la localidad de Suba; así mismo, su metodología utilizada fue a partir del método cuantitativo.

Los resultados de este estudio demuestran que la ubicación del municipio de Cota, que tiene poca pendiente, lo hace susceptible a las inundaciones. Asimismo, los patrones de comportamiento de las zonas permiten identificarlas como áreas de mayor riesgo de inundación.

El autor llegó a la conclusión de que existe un 50-60% de posibilidades de inundación en invierno por desbordamiento en las regiones de las localidades de Cota y Suba a lo largo

del río Bogotá. Por otra parte, el desarrollo del SIG permitió identificar un área total de 36,2966 km susceptible de inundación por desbordamiento en la cuenca alta del río Bogotá.

- ***Uso de sistemas de información geográfica SIG para análisis de procesos de remoción en masa dentro de zonas de alta vulnerabilidad, sector ciudad Bolívar, Bogotá*** (Díaz, 2013)

Esta investigación tuvo como objetivo general identificar y evaluar los riesgos por fenómenos de remoción en masa en la localidad de Ciudad Bolívar (Bogotá) por medio del uso de Sistemas de Información Geográfica de libre distribución.

Finalmente, de lo investigado se concluyó que la zona de trabajo por sus propiedades geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, topográficas y uso del suelo, se ha definido de alta vulnerabilidad en remoción en masa. Por otro lado, las casas construidas de Ciudad Urbe Bolívar permanecen construidas escalonadamente gracias a la topografía del área, no obstante, dichos poseen malos sistemas estructurales lo cual conlleva a colapsos repentinos. El primer sistema de proyección utilizado en Colombia fue el sistema "Datum BOGOTÁ, Orígenes Gauss - Krüger", adoptado en 1941 y construido sobre la proyección cilíndrica horizontal tangente de Mercator; Debido a la gran extensión del país, dividió el país en 6 áreas geográficas con 6 puntos de partida diferentes a 1.000.000 m de latitud norte y 1.000.000 m de longitud este.

El segundo sistema de proyección definido para Colombia es el "Datum MAGNA-SIRGAS—Orígenes Gauss—Krüger", el cual fue adoptado oficialmente en 2011. Sigue dividiendo al país en las mismas seis regiones geográficas del sistema y proyección anterior. Su proyección se basa en el mismo sistema tangente horizontal de Mercator, pero este último está relacionado con MAGNA-SIRGAS. "SIRGAS", significa Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, el cual es construido con base al Sistema Internacional de Referencia Terrestre

(ITRS); y “MAGNA”, se refiere al Sistema Nacional de Referencia Geocéntrico, conocido en Colombia como el conjunto de datos SIRGAS.

Recientemente, por medio de la Resolución 471 de 2020, se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia. El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) adoptó para Colombia un nuevo Sistema de Proyección Cartográfico, el tercero, denominado “Datum MAGNA-SIRGAS – Origen único Nacional”. Como su denominación indica, se reemplazan los seis orígenes de los sistemas de proyección antiguos por un único origen de coordenadas, denominado Origen Nacional, que reemplaza el antiguo sistema de proyección de seis orígenes.

El Origen único nacional se ubica en el Departamento del Meta, cerca de Puerto López, y es un punto equidistante a cada extremo del territorio nacional, localizado exactamente en las coordenadas geográficas: Latitud 4° - Longitud -73°.

Tener una sola fuente para el nuevo sistema de proyección tiene muchas ventajas sobre los sistemas anteriores de seis fuentes. Según el IGAC (2020), el nuevo sistema de pronóstico está orientado a la modernidad, apuntando a crear información geográfica completa, continua, actual y precisa, con el fin último de facilitar la gestión de la información. Por supuesto, la principal ventaja del origen único es la integración de toda la información geográfica en una base de datos con el sistema de mapeo común, con coordenadas planas únicas e inequívocas en todo el territorio.

El Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático- IDIGER, en cumplimiento de sus funciones de acuerdo con lo establecido en el Decreto Distrital 173 de 2014, se establecen entre otras funciones las de emitir los Conceptos Técnicos donde se evalúan las condiciones de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa y/o inundaciones por desbordamiento, con el objeto de establecer las recomendaciones de restricción o condicionamiento al uso del suelo, en el marco de la implementación de los distintos instrumentos de planificación territorial.

Con el fin de reducir las condiciones de riesgo existentes la administración Distrital ha implementado diferentes intervenciones en el territorio como la ejecución de obras, la identificación de áreas a incorporar como suelo protección por parte de la Secretaría Distrital de Planeación cuando se encuentra en amenaza alta no urbanizable o por riesgo alto no mitigable, así como el reasentamiento de familias.

Estas acciones de reducción hacen parte del Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y del Cambio Climático para Bogotá D.C 2018-2030 PDGRDCC.

El Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y del Cambio Climático para Bogotá D.C. 2018-2030 se formuló en cumplimiento de las disposiciones establecidas en la Ley 1523 de 2012, el Acuerdo Distrital 391 de 2009, el Acuerdo Distrital 546 de 2013 y el artículo 7 del Decreto Distrital 172 de 2014. En consecuencia, orienta las acciones para el conocimiento del riesgo de desastres, del cambio climático y sus efectos, la reducción del riesgo, la mitigación y adaptación al cambio climático, y el manejo de emergencias y desastres.

Este programa comprende la implementación y fortalecimiento de los diferentes instrumentos y redes de medición de los parámetros de los fenómenos y actividades amenazantes y de fenómenos naturales componentes del clima con fines de alimentar y/o retroalimentar el análisis de riesgos, las medidas de adaptación y los factores, dinámicas e

impactos del riesgo y del cambio climático. Cuenta con las siguientes líneas estratégicas de acción:

- Implementación, fortalecimiento y operación de redes de monitoreo de los parámetros de los fenómenos y actividades amenazantes.
- Fortalecimiento y operación de los sistemas de alertas en los principales escenarios de riesgo.
- Estructuración, modelación y establecimiento de umbrales con fines de alerta.
- Consolidación y administración de la información de parámetros con fines de conocimiento del cambio climático.
- Estructuración e implementación de sistemas de reporte de boletines y avisos.
- Fortalecimiento y articulación de los observatorios distritales que incorporan variables ambientales.

En la ley 1523 de 2012, en el contexto del Rol de los municipios en el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SNGRD -, se definen tres procesos a seguir por los diferentes niveles de gobierno, así:

- Proceso de Conocimiento del Riesgo: Mediante el cual se identifican, evalúan y analizan las condiciones de riesgo a través de sus principales factores (amenaza, elementos expuestos y vulnerabilidad), sus causas y sus actores causales. Incluye el monitoreo de estos factores, así como la comunicación del riesgo.
- Proceso de Reducción del Riesgo: Consiste en la aplicación de las medidas a intervenir las condiciones actuales de riesgo (intervención correctiva) y futuras (intervención prospectiva). Estas son las medidas que en la realidad hacen la

prevención de desastres. Además, este proceso incluye la protección financiera para reponer el valor económico de las pérdidas.

- Proceso de Manejo de Desastres: Consiste en la aplicación de medidas orientadas a la preparación y ejecución de la respuesta a emergencias y posterior recuperación.

Cuando existe la posibilidad de que en el territorio se den fenómenos de origen o socio naturales que puedan generar pérdidas humanas, pérdidas en los medios de vida y en los bienes productivos y daños en viviendas, infraestructuras y equipamientos colectivos, se reconoce que un municipio se encuentra en riesgo de desastre. Se busca finalmente que con la implementación de las medidas de reducción del riesgo de desastres que se incorporen en los POT que permitan anticiparse y/o controlar el riesgo, se posibilite la garantía de la vida de los habitantes de las comunidades municipales expuestas, a su vez que se permita un mayor acierto en la toma de decisiones frente al desarrollo territorial.

Las acciones de Integración determinan las medidas específicas en cada etapa del POT (Diagnóstico, formulación y programa de ejecución - Implementación) y están correlacionadas con dos primeros de los procesos de la Gestión del Riesgo: Conocimiento y Reducción del Riesgo.

En la etapa de diagnóstico se definen estudios para identificar áreas con condición de amenaza y/o con condición de riesgo.

En la etapa de formulación del POT se establecen decisiones de ordenamiento en relación con la Gestión del Riesgo de Desastres (con base en los estudios básicos de amenaza de la etapa de diagnóstico) y se determinan las normativa y medidas de regulación urbanística aplicables para estas áreas.

En la etapa de implementación del programa de ejecución – se ejecutan los estudios técnicos de detalle que permitan definir las áreas de riesgo y su mitigabilidad o no mitigabilidad

estableciendo regulaciones y acciones urbanísticas adicionales y específicas para las áreas de riesgo.

En síntesis, estas medidas se definen como las acciones mínimas que se deben contemplar para integrar la Gestión del Riesgo en los planes de ordenamiento territorial.

Estas acciones de integración orientan la ruta o pasos a seguir para integrar en los POT consideraciones sobre:

- Desarrollo seguro y sostenible del territorio.
- Señalamiento, delimitación y tratamiento de zonas expuestas a amenazas y/o con condición de riesgo.
- Categorización del riesgo.
- Definición de la mitigabilidad o no mitigabilidad de áreas con condición de riesgo.
- Medidas de regulación y normas urbanísticas sobre usos.
- Programas y proyectos prioritarios para la mitigación de la amenaza o riesgo presente.
- Determinación de áreas de riesgo no mitigable con restricción de urbanización.
- Definición de suelos de protección por riesgo.
- Constitución de reservas de tierras para reasentamientos.
- Pasos para reubicación de asentamientos en zonas de riesgo no mitigable.

En relación con la incorporación de la reducción de riesgos en la planificación, se puede señalar que con los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT) se inició la incorporación del tema en la planificación territorial en forma decidida bajo el marco de la Ley 388 de 1997.

6 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

Para el desarrollo del proyecto, se hace el análisis de las diferentes temáticas y conceptos relacionados con el manejo de un SIG y la determinación de la amenaza por movimientos en masa, empleados de manera clara y concisa que se describe a continuación.

6.1 Movimientos en masas

En general, los movimientos en masa se refieren al desplazamiento del suelo, la roca y/o la tierra por las laderas como resultado de la gravedad. También se denominan desprendimientos, deslizamientos, fenómenos de derrumbe y volcaduras.

Se han realizado diversos tipos de clasificación de acuerdo con el tipo de material, mecanismos de movimiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación (GEMMA, 2007). Las clasificaciones de movimientos en masa más aceptadas son las de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968,1988) (Franco, 2004) aunque en este trabajo se enfoca en la clasificación de Varnes por ser la más completa, ya que emplea como criterio principal para la clasificación, el tipo de movimiento y el tipo de material.

De este modo, los clasifica en:

6.1.1 Caídas: Separación de una masa de roca o suelo desde un talud empinado, a lo largo de una superficie sobre la cual se puede presentar o no desplazamiento por cortante. Una vez ocurrido el desprendimiento, el material desciende a través del aire, principalmente en caída libre, rebotando o rodando (Cruden & Varnes 1996, 53).

6.1.2 Volcamientos: Comprende la rotación hacia delante de una masa de roca o suelo en una ladera, alrededor de un pivote o eje, por debajo del centro de gravedad de la masa que se desplaza (Varnes1978; Cruden & Varnes 1996)

- 6.1.3 Deslizamientos:** Cruden & Varnes (op. cit., 56) definen este tipo de desplazamiento como un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca, predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o de zonas relativamente delgadas sometidas a intensos esfuerzos de corte.
- 6.1.4 Propagaciones:** Según Cruden & Varnes (op. cit.), se trata de la extensión o expansión lateral de un suelo cohesivo o una masa de roca blanda junto con el hundimiento general del material fracturado sobre este material blando sin la formación de una superficie de fractura claramente definida. La extrusión de materiales que pasan por un flujo plástico o licuefacción es una de las formas en que se expresa la elongación.
- 6.1.5 Flujos:** De acuerdo con Cruden & Varnes (op. cit.), este se refiere al movimiento continuo en el espacio con planos de corte transitorios estrechamente espaciados que generalmente no se conservan. La distribución de la velocidad de una masa desplazada se asemeja a la de un fluido viscoso. Su borde inferior podría ser una superficie con una cantidad sustancial de movimiento diferencial o una zona gruesa con una distribución dispersa del desplazamiento.

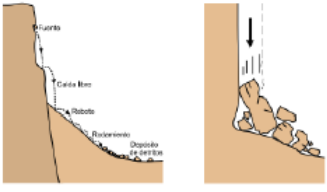
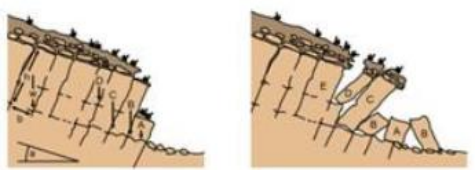
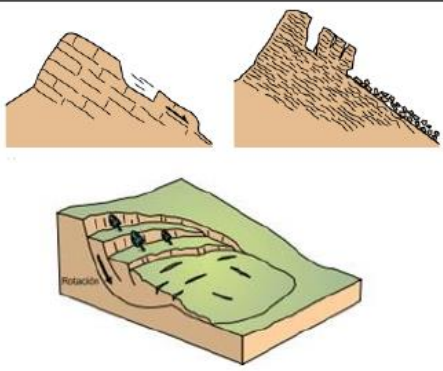
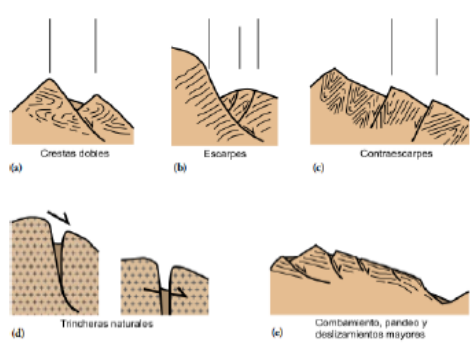
Tipo	Figura	Característica	Velocidad del movimiento
Caída		Desprendimiento de uno o más bloques de roca o suelo de una ladera. El material cae desplazándose principalmente por el aire, pudiendo generar rebotes, volcamientos y rodamientos. Este no es un movimiento de tipo masivo.	Rápido a extremadamente rápido.
Volcamiento		Rotación de uno o varios bloques de roca o suelo alrededor de un punto en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas.	Lento a gradual
Deslizamiento		Es un movimiento ladero, abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, rotacional (superficie de falla cóncava o curva) y traslacional (superficie de falla plana u ondulada)	Traslacional: Rápida a extremadamente rápida. Rotacional: de lenta a rápidamente.
Deformaciones gravitacionales profundas		Presentan rasgos de deformación, pero sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida.	Muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento.

Ilustración 1. Tipos de movimientos en masas

Fuente: (PMA: GCA, 2007.)

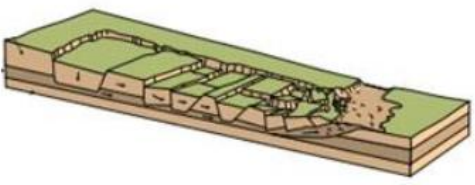
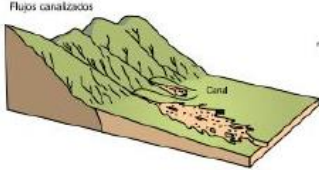
Propagación lateral		Este desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material. Se distinguen dos tipos de propagación, uno en el que el movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas, y otro que ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción o a materiales en flujo plástico.	Extremadamente lento.
Flujos		Tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser saturado o seco. En muchos casos, se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída. Se clasifican como: - Flujo de detritos. - Crecida de detritos. - Flujo de lodo. - Flujo de tierra. - Deslizamiento por flujo. - Avalancha de detritos.	Rápido o lento.

Ilustración 2. Tipos de movimientos en masas

Fuente: (PMA: GCA, 2007.)

Además, divide los materiales en: rocas y suelos que se subdividen en detritos y tierra (GEMMA, 2007).

6.2 Sistemas de Información Geográfica

Para (López, 2015), corresponden a un conjunto de herramientas que están conformados por hardware, software, datos y usuarios, los cuales unidos permiten manipular la información geográfica y realizar tareas como almacenamiento, administración y análisis, logrando también el desarrollo de información de este tipo y que puede ser representada alfanuméricamente.

6.3 Componentes de los sistemas de Información Geográfica

6.3.1 Datos:

Los datos son la materia prima de los sistemas de información geográfica (SIG), pues, si no se cuentan con los datos adecuados para construir mapas utilizando las técnicas de análisis espaciales es prácticamente imposible que esto pueda lograrse. Los datos pueden venir de diferentes fuentes como los son sensores remotos, GPS, fotografías aéreas, archivos formatos Shape-file, archivos CAD, archivos Excel, etc.

6.3.2 Software:

Corresponde a programas los cuales son seleccionados para la realización del análisis de la información. Estos pueden estar escritos en diversos lenguajes de computación y grabados en varias clases de soportes. Actualmente se cuenta con la existencia de muchos softwares SIG en el mercado que nos ponen a disposición herramientas SIG para el tratamiento de la información geográfica. A continuación, nombraremos los más comunes y/o utilizados.

ArcGIS es actualmente la tecnología de referencia en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta tecnología ha sido desarrollada y mejorada año tras año por la compañía propietaria ESRI (Environmental Systems Research Institute) desde hace más de 30

años. Actualmente ofrece una plataforma a nivel escritorio, servidor, online y aplicaciones que permite una interoperabilidad completa a la hora de trabajar con los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Además de ArcGIS, existen otros programas SIG gratuitos que pueden utilizarse para analizar datos geográficos. Estos programas, aunque no son tan robustos o interoperables como ArcGIS, son completamente adecuados para todo tipo de análisis geográfico.

6.3.3 Hardware:

Se requiere equipo o hardware para usar cualquiera de los programas anteriores. Dependiendo de las características de esta máquina se consigue un mayor o menor rendimiento a la hora de realizar el análisis.

Para esto solo necesitas una computadora con esta característica para desarrollar el software ArcGIS que tiene la mejor resolución para visualizar las imágenes satelitales que utilizamos.

6.3.4 Equipo Humano:

Una vez **obtenidos** los datos y con qué analizarlos, necesitamos saber cómo. Aquí es donde entramos en juego los profesionales SIG. Y es que el profesional SIG es un perfil muy cuestionado (y demandado) en los últimos años, ya que existen muchas tareas dentro de un análisis SIG, las cuales necesitan de uno o varios profesionales, incluso profesionales temáticos, por ejemplo:

6.3.5 Técnico/Analista SIG:

Profesional encargado de realizar análisis geográficos y obtener resultados acordes con el proyecto que se esté llevando en curso.

6.3.6 Programador SIG:

Desarrollador de los elementos funcionales de un SIG de escritorio (o de servidor) y /o de aplicativos webs para la visualización de mapas.

6.3.7 Procesos:

La correcta formulación del problema y la creación de un diagrama de flujo que permita alcanzar los mejores resultados para cada problema son componentes cruciales del desarrollo de los sistemas de información geográfica.

6.2 Sistema de proyección con un único origen:

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), implementó este nuevo sistema de proyección con la finalidad de garantizar una estandarización en cuanto a la información, permitiendo que la interpretación de los resultados y los trabajos de investigación tengan un nivel de complejidad menor y obtener así mejores resultados para la población que necesite de ellos.

Hoy día resulta pertinente hacer uso de este sistema para cualquier tipo de ejecución que quiera llevar a cabo e implique información georreferenciada. Esto debido a que, gracias a los 5 pilares del sistema, facilita el procesamiento de información a gran escala que yace en varias fuentes. Así mismo, el SIG ayuda a que se tomen decisiones coherentes y eficaces ante el desarrollo de planes de acción para enfrentar distintas situaciones a nivel geográfico en una zona específica. (Flórez & Fernández, 2017)

6.5 Plan de Ordenamiento Territorial

En la nación, se trata de un instrumento fundamental que se estableció en la Ley 388 de 1997 con el propósito de que los gobernantes de los municipios y distritos del país planifiquen el ordenamiento territorial. También contiene los objetivos, políticas, tácticas,

metas, programas, acciones, y normas que se desarrollarán orientadas en el desarrollo físico-geográfico del área y la implementación o usos del suelo de esta.(SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN DE BOGOTÁ, 2019)

6.6 Aplicaciones de los SIG

El uso de los SIG facilita la combinación de los datos existentes a cualquier nivel: Nacional, regional o local encontrada acerca de las amenazas naturales, recursos naturales, población e infraestructura y contribuye a la planificación para mitigar los riesgos de las zonas en las que se detecten tales riesgos.

Los SIG pueden ser aplicados en cualquier área zonal que requiera conocer con profundidad los riesgos con los que se pueda llegar a enfrentar un territorio, se puede detallar el tipo de estructuras construidas que tengan mayor peligro de riesgos. (ALVARADO, 2014)

En Colombia, los progresos tecnológicos han permitido el desarrollo de los SIG para que los modelos con recursos gráficos georreferenciados (mapas) tengan más detalles conectados a una base de datos, lo cual permite el estudio para generar nuevos resultados. La utilización de los sistemas obedece a la relevancia de codificar y monitorear, por medio de herramientas tecnológicas, los datos sobre la composición geográfica de cada zona.(Muñoz, Segura, & Benavidez, 2019)

6.7 Los SIG y los Planes de Ordenamiento Territorial.

Entre ambos existe una conexión implícita que posibilita investigar de forma extensa los aspectos positivos o negativos que se hallen entre ambos, esto gracias a la información generada por cuenta de esta unión. Es importante mencionar que del POT dependen los avances que se logren con la aplicación del SIG, permitiendo comprender de mejor manera las movilizaciones y transformaciones territoriales que se pueden llegar a presentar en una zona específica. (Gutiérrez & Urrego, 2009)

6.8 SIG-OT

Esto resulta de la unión entablada entre de entidades, alianzas y recursos tecnológicos que permite la entrada y uso de información georreferenciada, con el objetivo final de proporcionar información para la adecuada toma de decisiones ante un problema o riesgo potencial que se manifieste en la zona en la que se aplica, se ha conformado un sistema de información geográfica más la ordenación del territorio de una zona concreta, disponiendo de información político-administrativa, socioeconómica y ambiental georreferenciada la cual brinda la posibilidad de que dichas decisiones sean certeras y reales basadas en sí. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2018)

6.9 Importancia de los SIG

La importancia de ellos a aborda varios ejes y puede ser detallado no solo desde una perspectiva, por consiguiente, su importancia radica en lo social, político y ambiental que son en general las áreas que se benefician de él.

Estos sistemas resultan siendo indispensables en la incorporación de gran información, ya que facilitan el uso de esta e integran datos que terminan simplificados en sí. El recopilar, guardar, procesar y visualizar información geográfica, dan mayor precisión sobre aquello que se pretende priorizar en acciones direccionadas a mejoras. (Jiménez, 2013)

6.10 Beneficios de los SIG

Para (Seguí, Portalés, Cabrelles, & Lerma, 2012) los SIG brindan beneficios en la integración de datos dado que permiten visualizar, editar, interpretar y gestionar todos los recopilados, sean estos actuales o no.

Del mismo modo, consideran que el acceder a información alfanumérica a partir de tablas, gráficas u otra forma en la que se encuentre depositada, reduce en cierta medida el tiempo que se emplee en un proyecto, como también beneficia la creación de mapas temáticos

brindándoles un atractivo y permitiendo a su vez nuevos mapas basados en información ya depositada en mapas anteriores, y por último destacan que, la pérdida de datos o duplicación de estos es casi nula pues su gran capacidad de almacenamiento logra evitar que esto suceda y vaya siendo almacenada en totalidad.

Así mismo, (Morea & Huerta, s.f.) mencionan beneficios generales sobre los SIG, tales como la gestión del patrimonio público, el control a las licencias que son entregadas para obras, control de tráfico, exacto conocimiento sobre suelo en el que se desee trabajar como así mismo el inventario y mantenimiento a construcciones urbanas.

6.11 Deslizamiento

Consta de un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca, predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o de zonas relativamente delgadas sometidas a intensos esfuerzos de corte. desplazamiento de masa, sea esta masa suelo, piedra sólida o combinaciones. (RSN, 2019) Este deslizamiento se puede dar por la debilidad con la que cuente la zona en la que suceda y suele darse la separación de esta. (SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL, s.f.)

Adicionalmente para (Romero, Astudillo, & Medina, 2009) estos deslizamientos se pueden presentar sin la presencia del agua y este puede ser progresivo, es decir, se puede dar en cualquier momento en frecuencia y cantidad de remoción distinta pues estos pueden ser una sola masa o varias independientes.

6.12 Zonificación de Deslizamiento

La zonificación es el proceso de definir los límites físicos de una región en la que se produce un determinado fenómeno natural, en este caso un desprendimiento.

Por consiguiente, corresponde a aquella área geográfica en la que puede existir la probabilidad de presentar tal remoción sea por intervención humana o cualquier acción natural causada por fuerte lluvia, sismo, etc. En la planeación de un proyecto establecer esta zona es importante pues así se tiene certeza sobre cuáles zonas se puede realizar dicho proyecto. Como también, por parte del estado se realizan controles por la utilización de ese suelo y todas las características de este. (Osorio, 2019) (Alccamari, 2017)

7 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio seleccionada para la ejecución del proyecto es la localidad de Usme, situada en el sur de Bogotá, limita al norte con las localidades San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe y Tunjuelito; al oriente con los municipios de Chipaque y Une; al sur con la localidad de Sumapaz; y al occidente con la localidad Ciudad Bolívar, con el río Tunjuelo y los municipios de Pasca y Soacha.

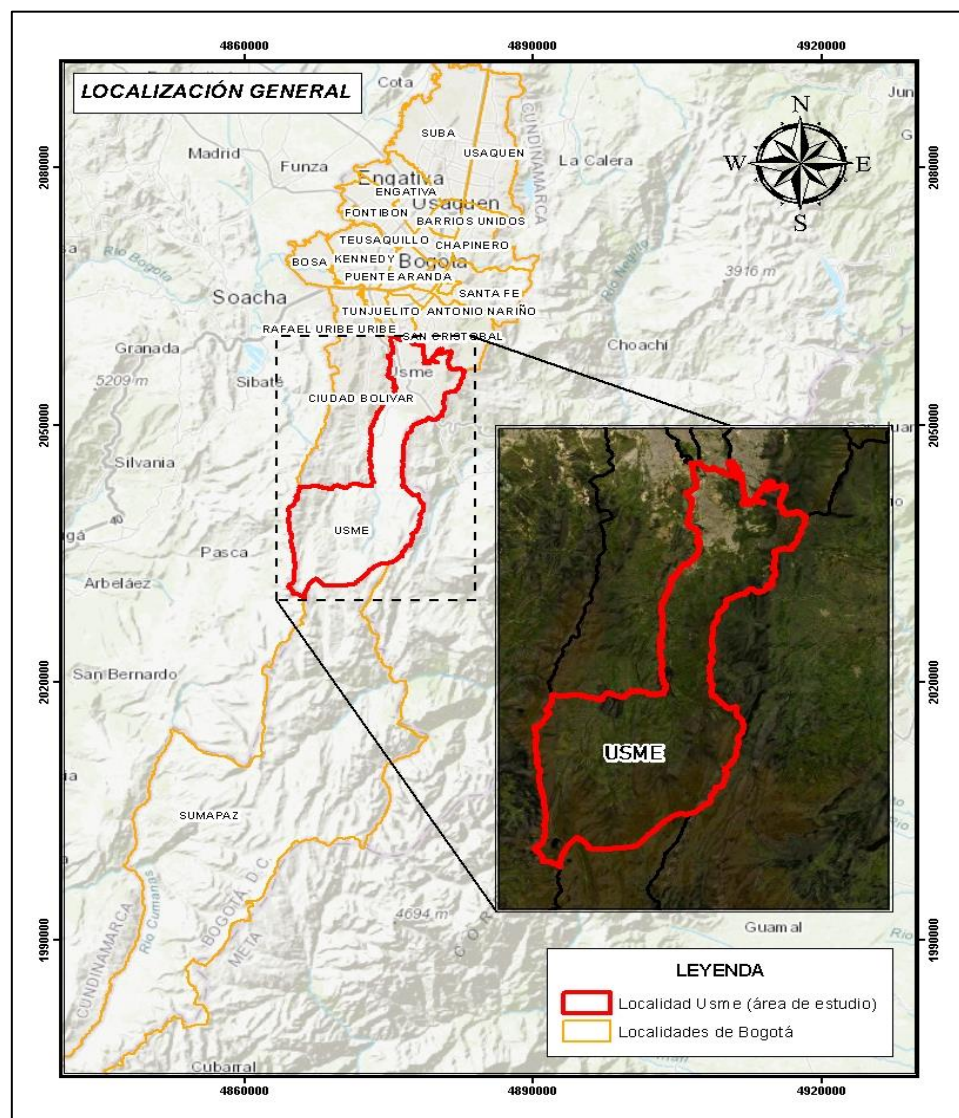


Ilustración 3. Mapa localización área de estudio.

Fuente: Elaboración propia (2022)

Esta localidad tiene una extensión de 21.506 hectáreas (ha), de estas 2.120 ha corresponden a suelo urbano, 902 ha se clasifican como suelo de expansión urbana y las restantes 18.483 ha constituyen suelo rural. Usme ocupa el segundo lugar, después de Sumapaz, entre las localidades con mayor superficie dentro del Distrito Capital.

Basado en información publicada por parte de la (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019) y la alcaldía local se tiene que esta localidad la zonificación de amenaza por movimiento de masa se encuentra en las 7 UPZs que pertenecen a ella, posicionando a esta localidad entre todas las de la ciudad en un nivel medio alto de riesgos.

Cuadro 1 Usme. Clasificación, extensión, cantidad y superficie de manzanas según UPZ					
UPZ	Clasificación	Área total (ha)	%	Cantidad manzanas	Área manzanas (ha)
52 La Flora	Residencial de Urbanización Incompleta	180,3	6,0	386	145,5
56 Danubio	Residencial de Urbanización Incompleta	288,7	9,6	298	171,0
57 Gran Yomasa	Residencial de Urbanización Incompleta	535,8	17,7	1.221	371,0
58 Comuneros	Residencial de Urbanización Incompleta	493,0	16,3	892	375,0
59 Alfonso López	Residencial de Urbanización Incompleta	216,5	7,2	484	142,2
60 Parque Entrenubes	Predominantemente Dotacional	382,0	12,6	63	410,0
61 Ciudad Usme	Desarrollo	925,5	30,6	239	291,2
Total		3.021,9	100,0	3.583	1.905,8

Fuente: SDP, 21 Monografías de las localidades, localidad 5 Usme, Distrito Capital 2011.

Ilustración 4. UPZs de USME

Fuente: (Monografías localidad 5 Usme, 2011)

A nivel rural esta se encuentra en segunda posición, antecedida por Sumapaz y en el ámbito urbano encabeza la lista.

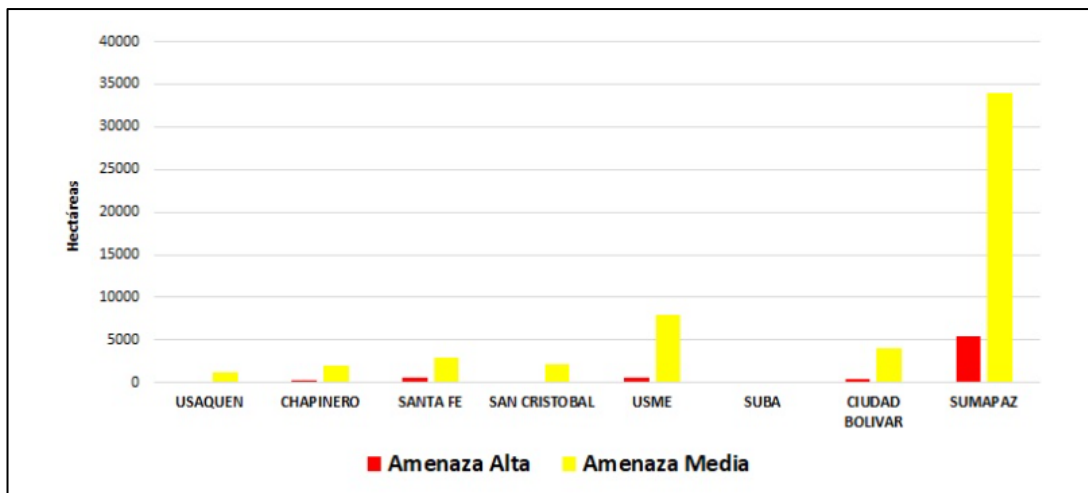


Ilustración 5. Riesgos en la zona rural de las localidades en Bogotá

Fuente: (IDIGER, 2021)

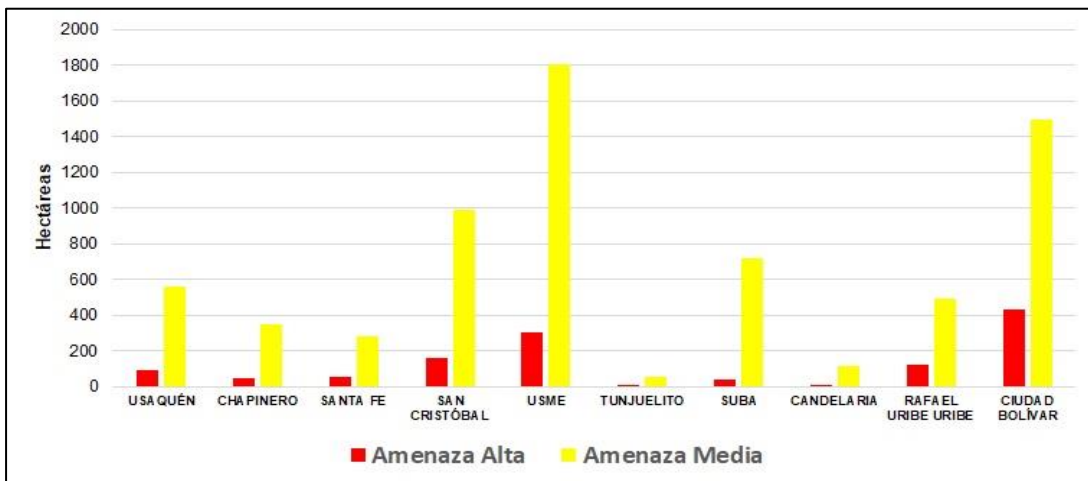


Ilustración 6. Amenaza por movimiento de masa zona rural en Bogotá.

Fuente: (IDIGER, 2021)

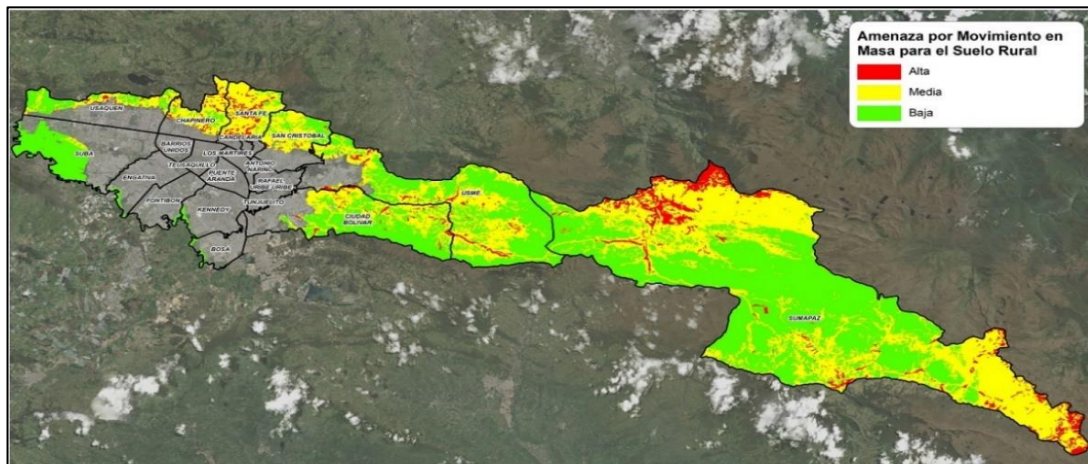


Ilustración 7. Riesgos zona urbana en las localidades de Bogotá.

Fuente: (IDIGER, 2021)

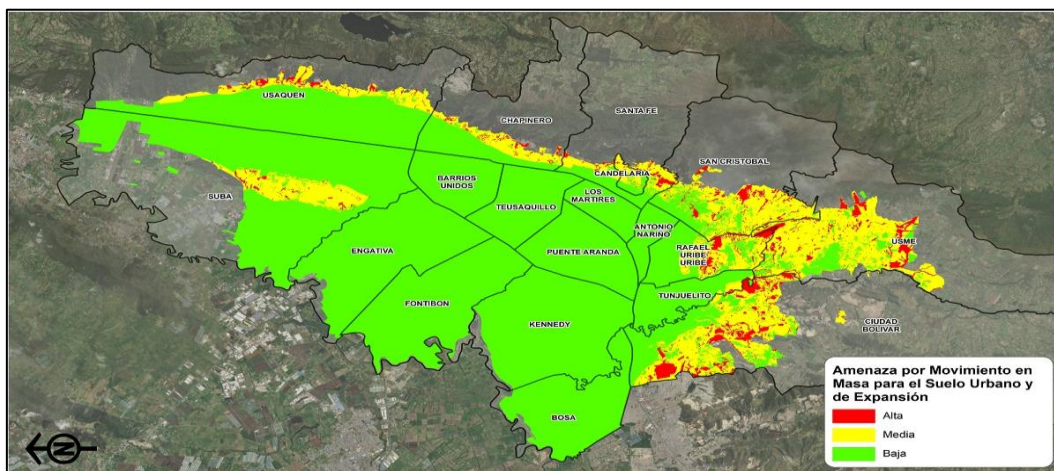


Ilustración 8. Amenaza por movimiento de masa zona urbana en Bogotá.

Fuente: (IDIGER, 2021)

7.1 Factores que inciden en la remoción de masa en la localidad de USME

- Minería a cielo abierto
- Escarpes de antiguas canteras
- Rellenos antitécnicos,
- Erosión superficial

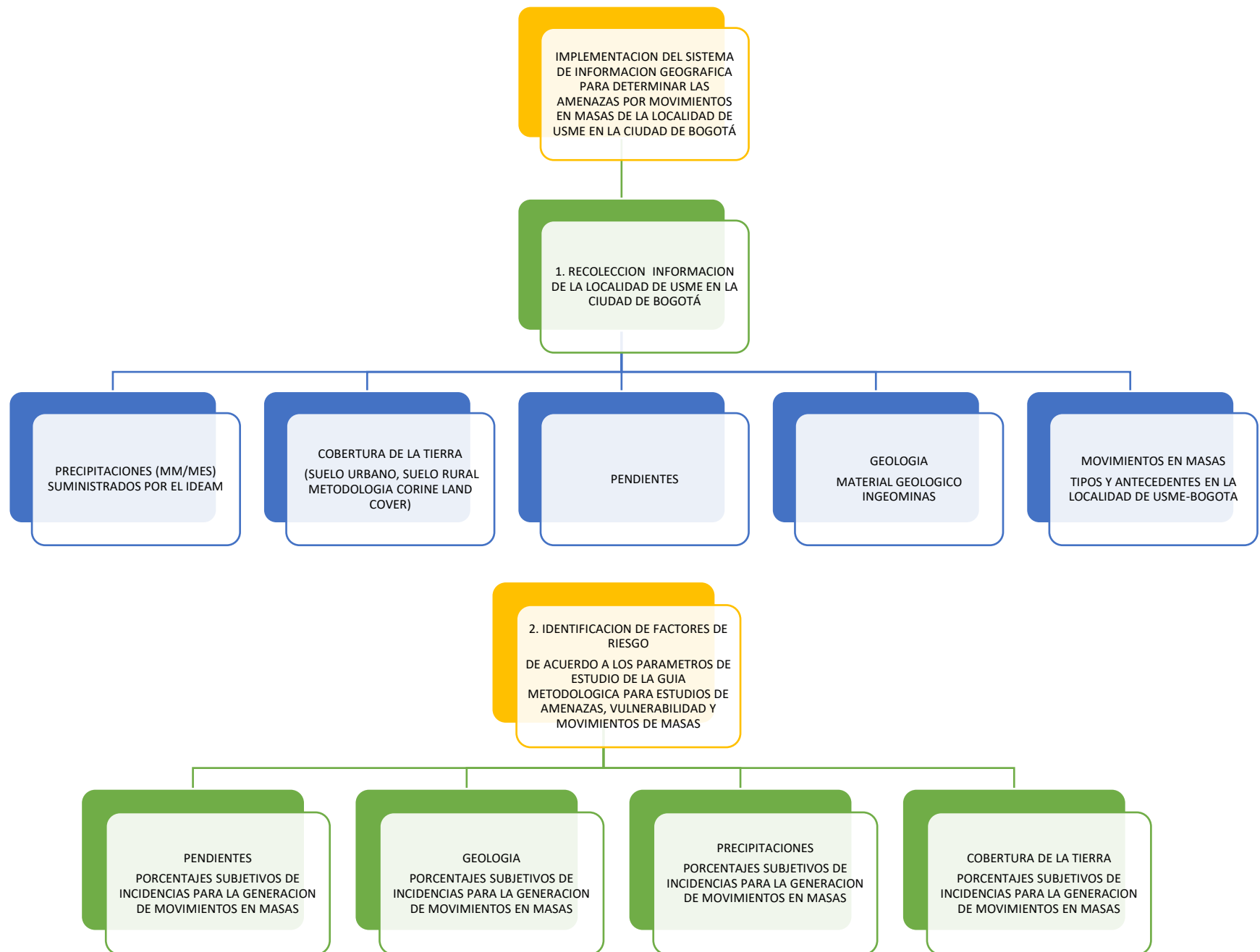
- (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019)

Fuente: Elaboración propia (2022)

8 METODOLOGÍA

Con la finalidad de tener un seguimiento y desarrollo del proyecto se realizó el proceso metodológico con base en la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa; y así determinar la probabilidad de falla y zonificación de la amenaza resultante.

A continuación, se describirán cada una de las fases de la investigación, así como los parámetros que se emplea para la elaboración de una zonificación por movimiento en masa.



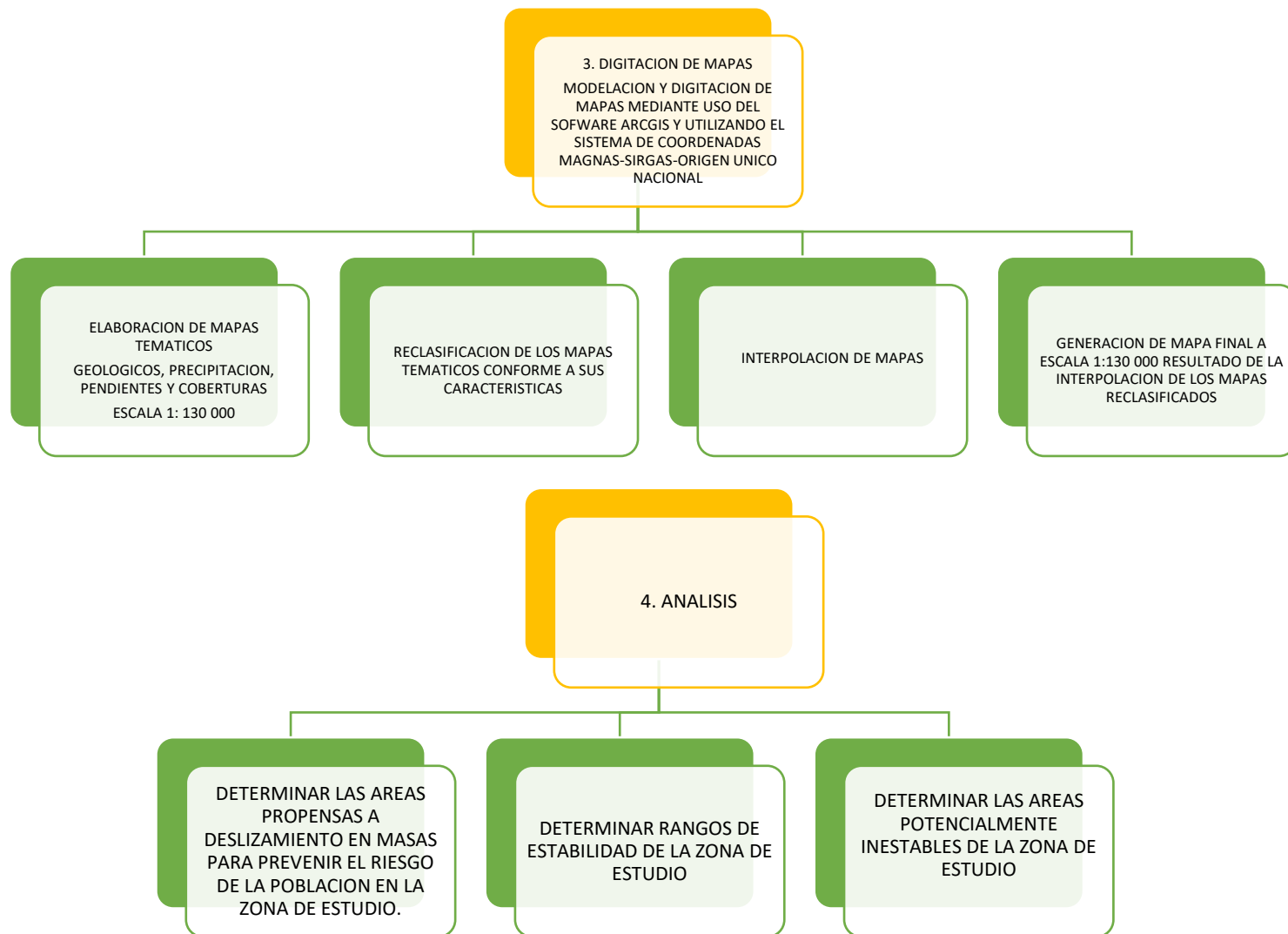


Diagrama 1. Diagrama Metodología del proyecto

8.1 Recolección De La Información

En esta fase se procedió a realizar la búsqueda de todo el material bibliográfico y cartográfico de la localidad de Usme en Bogotá, relacionado con la geología; mapas topográficos generados por el Instituto Agustín Codazzi de la zona de estudio, datos hidrológicos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y documentación sobre la caracterización de usos de suelos, factores que generar movimientos en masa, zonificación de susceptibilidad, amenazas y riesgo.

Para esta fase inicial se identificó la zona de estudio, con algunos antecedentes de movimientos en masas y se comprobó que efectivamente la localidad de Usme estaba catalogada como una zona de mediana y alta amenaza por remoción de masa, y se definió como objeto de análisis de estudio. Ver ilustración 3.

Para la caracterización de los elementos expuesto se utilizaron recursos de medios tales como mapas Bogotá y de la Infraestructura de Datos espaciales para el Distrito Capital (IDECA), que son plataformas de datos abiertos que se encargan del manejo de datos espaciales y de información geográfica de la capital del país.

8.2 Datos Utilizados

Para el desarrollo de este trabajo se requirieron diversos datos, incluyendo imágenes rasterizadas DEM, capas en formato Shape con información de unidades geológicas y la información referente a la precipitación (mm/mes) se realizó consulta en el portal web del IDEAM (www.ideam.gov.co) en el cual se solicitó consulta de parámetros hidrológicos como lo es la precipitación mensual acumulada durante los años desde 1998 hasta el 2021 para la localidad de Usme.

Tabla 1. Lista de tablas de mapas temáticos

MAPA	FORMATO	REPRESENTA
Pendientes	Raster	Zona del municipio en la que el terreno está en pendiente.
Precipitación	Raster	Las precipitaciones en la zona del municipio donde se distribuyen espacialmente.
Materiales	Vector	La distribución geográfica de los diferentes materiales derivados de agregación o modificaciones de materiales existentes
Cobertura Superficial	Vector	Asignación espacial de las áreas destinadas a los diferentes fines, distinguiendo los tipos de uso agrícola.

Fuente: (LOPEZ, 2016)

Tabla 2 Clasificación de las unidades geológicas-Ponderación de pesos por litología

(SNGR, 2017)

Los registros de cada factor representado en un mapa en formato vector se valoran de 1 a 5.

DESCRIPCIÓN MATERIAL	CALIFICACIÓN
Areniscas conglomeráticas en capas gruesas, tabulares y cuneiformes con estratificación cruzada	4
Bloques, cantos y gravas	1
Conformada por gruesos niveles de lutitas gris oscuro a negras con intercalaciones menores de limolitas síliceas, calizas arenáceas, arenitas de grano fino y hacia la base esporádicos mantos de carbón.	5
Cuerpo de Agua	1
Depósito de Flujos de Tierra y de Suelos	5
Acumulación de gravas con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas y paleosuelos	2
Almacenamiento de Pendiente - Principalmente de pendiente de bloques.	5
Depósitos actuales no consolidados del cauce y orillas de los drenajes. Conformados por bloques, cantos, gravas y arenas, de composición heterogénea	1
Depósitos Coluviales. Bloques angulares a subangulares de variado tamaño, embebidos en una matriz de composición arcillosa	5
Depósitos conformados por bloques, cantos y gravas, redondeados y subredondeados con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas y turbas	1
Depósitos de ladera procedentes de movimientos de remoción en masa, de composición heterogénea (bloques y fragmentos angulosos en matriz areno-arcillosa) y espesor variado	5
Depósitos de Pendiente - limosos hasta arenosos	5
Depósitos morrénicos de fragmentos de roca subangulares a subredondeados con tamaños de grandes bloques, envueltos en matriz arenosa	3
En la parte superior: arcillolitas abigarradas con esporádicas intercalaciones de arenita feldespática de grano medio a grueso. Parte inferior: alternancia de lodolitas rojizas y arenitas feldespáticas y líticas de grano medio a fino en capas muy gruesas.	1
Formación Arenisca Dura. Secuencia predominante de areniscas gris claras, grano fino ocasionalmente grano medio a grueso, duras, en estratos delgados a muy gruesos, con intercalaciones menores de limolitas.	3
Formación Bogotá. Arcillolitas abigarradas entre las cuales se intercalan algunos bancos gruesos de areniscas y areniscas arcillosas	4
Formación Cacho. Areniscas líticas, cuarzosas algo ferruginosas, de grano medio a fino, con intercalaciones de niveles de grano grueso a conglomeráticos, en general friables, en estratos gruesos a muy gruesos. Hacia la parte media un nivel lutítico.	1
Formación Chía, localmente limos fluviales	2
Formación Chía, sedimentos sobre gravas de Qrt	2

Formación Guaduas. Arcillolitas en estratificación gruesa, color gris claro y abigarradas, con intercalaciones de cuarzoarenitas grises, de grano medio a fino, en capas muy delgadas con estratificación ondulada y limolitas y algunos mantos de carbón.	2
Formación Marichuela	4
Formación Regadera, Conjunto Inferior	5
Formación Regadera, Conjunto Medio	5
Formación Regadera, Conjunto Superior	4
Formación Río Siecha. Gravas hasta pequeños bloques redondeados de origen fluvio-glacial con intercalaciones de arenas, arcillas (orgánicas) y paleosuelo negros. Localmente fragmentos de roca hasta bloque subangulosos en matriz arcillosa	4
Formación Río Tunjuelito, Miembro Sabana	1
Formación Río Tunjuelito, Miembro Subachoque	1
Formación Sabana, aumento de arcillas orgánicas, turbas, arcillas arenosas y arenas arcillosas intercaladas	5
Formación Tilatá	5
Formación Usme Inferior	5
Formación Usme Superior	1
Intercalaciones de areniscas friables de grano fino a conglomeráticas, rojizas y blancas, y capas lenticulares de lodolitas	3
Rellenos Antrópicos de alto espesor en los open pits de las explotaciones del Río Tunjuelo	5
Secuencia de arcillas de variado color (gris-anaranjado), localmente limos y arcillas orgánicas	4
Secuencia de arcillolitas de variado color (carmelito y gris), con intercalaciones de areniscas de color amarillo.	1
Secuencia de areniscas color blanco y gris claro de grano fino a grueso, en capas gruesas a muy gruesas en general friables con intercalaciones de capas delgadas de arcillolitas y limolitas	1
Secuencia predominante de arcillolitas gris claras y abigarradas, con intercalaciones de niveles de cuarzo arenitas de colores grises de grano fino a medio en capas delgadas, y limolitas; con esporádicos mantos de carbón	1
Secuencia predominante de areniscas de grano fino ocasionalmente grano medio a grueso en estratos delgados a muy gruesos con intercalaciones menores de lodolitas y limolitas silíceas	4

Fuente: (Ponderación de pesos por litología SNGR, 2017)

Con base en lo anterior, se incluye la información más importante obtenida para la realización de la investigación. Esta información detalla el método de extracción, el análisis realizado y el producto producido.

8.2.1 Cartografía base:

La cartografía base fue recolectada de fuentes oficiales de datos abiertos de la alcaldía de Bogotá. Para garantizar que la información generada conserva los sistemas estándar de la nación y el municipio, la información se nivela agrupando el sistema de coordenadas y el sistema de proyección.

Los resultados cartográficos obtenidos y producidos están referenciados en el origen único nacional vigente por medio de la Resolución 471 de 2020. Los mapas se presentarán en un sistema de proyección cartesiana (N, E).

Al utilizar la información cartográfica recopilada se logra determinar la presencia de áreas urbanizadas, terrenos baldíos, distribución hidrológica y contornos en el territorio. Usando esta información, se pueden crear mapas para delinear y dividir áreas de condiciones de riesgo y definir criterios para caracterizar y delinear unidades de análisis.

8.2.2 Geología:

La información referente a la geología fue recolectada mediante la página web Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Bogotá, donde fue descargada la información en formato Shape. La geología superficial posee una nomenclatura específica y se le dio una clasificación de acuerdo con el grado de condición que sea más propenso a que se dé un movimiento en masa, la cual es tomada del Servicio Geológico Colombiano.

El Servicio Geológico Colombiano por medio del documento Guía metodológica para la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000, determina un rango para susceptibilidad en base a la geología de los depósitos en el terreno presentes en la siguiente tabla:

Tabla 3. Calificación de los depósitos

Denudacional	Depósitos coluviales	Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión y Conos de deyección, Glacis de acumulación	$Qc/Qd/Q2v/Qtl/Q/Q2c/Qdp/Qcol/Qdt/Qac/Qtf/Qgd1/Qgd2$	5
	Depósitos de detritos	Cono o lóbulo de deslizamiento traslacional de detritos, Cono o lóbulo de deslizamiento rotacional de detritos	$Qco/Q/Qdt$	4
	Depósitos de tierras	Cono o lóbulo de deslizamiento traslacional de tierras, Cono o lóbulo de deslizamiento rotacional de tierras.	Qco	5
	Depósitos de terraza sobre elevada	Terraza sobreelevada o colgada	$Qt1$	4
	Depósitos lodos	Cono o lóbulo de flujo de lodo	Qfl	5

Fuente: (Servicio Geologico Colombiano, 2013)

Tabla 4. Calificación de los depósitos

Ambiente	Depósito	Geoforma Asociada	Equivalente Geológico	Calificación
Eólico	Depósitos de arenas	Dunas, Dunas antiguas, Dunas Transversales, Barjanes o Barchanes, Dunas longitudinales, Dunas parabólicas, Dunas costeras sin diferenciar, Campo de dunas remontantes, Campo de dunas de sombra, Mantos de arena eólica	$Qe/Q1-ep$	2
	Depósitos de loes	Mantos de Loess	$Qe/Q1-ep$	2,5
Volcánico	Depósito de caída piroclástica	Manto de piroclastos	Qvb	5
	Depósito de flujo piroclástico de bloque y ceniza	Manto de piroclastos, Flujo piroclástico aterrazado y Escarpe de flujo piroclástico aterrazado	Qc/Qto	4
	Depósitos de flujo piroclástico de ceniza y pómez o ignimbrita	Manto de piroclastos, Flujo piroclástico aterrazado y Escarpe de flujo piroclástico aterrazado	Qvb	5
	Depósitos de oleada piroclástica	Manto de piroclastos	Qpi	5
	Depósitos de avalancha de escombros	Campo de Hummocks	$Qf/Qaecvnh$	4
	Depósitos de flujo de escombros o <i>lahar</i> o flujo de lodo volcánico	Flujo lahárico aterrazado, Escarpe de flujo lahárico aterrazado y cono lahárico	$Qf/Qfl/Qva$	3
	Depósitos fluvioglaciares/glaci ofluviales	Esquersy kames	$Qf/Qmfg/Qg/Qfg/Qmfg$	4
Glacial y periglacial	Depósitos glaciolacustres	Planos glaciolacustrinos	Qf/Qg	2
	Depósito glacial till de ablación	Morrenas frontales y laterales	$Qf/Qg/Qma/Qm/Qmr/Qmfg$	3,5
	Depósito glacial till basal	Morrenas de fondo y morrenas periglaciales	Qf/Qg	3
Antropogénico	Rellenos de basuras o rellenos sanitarios	Rellenos de basuras o rellenos sanitarios		5

Fuente: (Servicio Geologico Colombiano, 2013)

Tabla 5. Calificación de los depósitos

Ambiente	Depósito	Geoforma Asociada	Equivalente Geológico	Calificación
Fluvial y Lagunar	Depósitos de cauce y llanura aluvial	Cauce activo y abandonado, albardones, barras, cuencas de decantación, lagos en media luna, lagunas naturales, meandros abandonados, planicie o llanura de inundación, planicies y deltas lacustrinos, planos anegadizos, planos y artesas lagunares.	Qal2/Qac/Qar/Qal/Q2-al/Qalu/Qal/Q2cal/Qo1/Qa/Q2-aldi/Qb/Qall/Q2-alpr/Qlal/Qo2/Q2alh/Q2alca	1
	Depósitos de terrazas aluvial	Terrazas de erosión, terrazas de acumulación subreciente, terrazas de acumulación antigua, terrazas de depositación y escarpes de terraza.	Qt/Qt2/Q2t2	2
	Depósitos paludales	Artesas lagunares y planos anegadizos	Q2m/Q2alp	1
	Depósitos lagunares	Lagos en media luna y meandros abandonados	Q2l/Ql/Q2l/Qfl/Qlp	1
	Depósitos de abanicos aluviales	Abanicos fluviotorrenciales, conos de deyección, deltas de desborde natural, deltas lacustrinos y escarpes de abanicos fluviales	Qab/Q2cal/Qc/Q1ab/Q2g/Qaa/Qap1/Qcal	3
Marino/Costero	Depósitos marino aluviales	Llanuras costeras	Q2mlm (Q2ml)/Qes	2
	Depósitos intermareales	Planos de inundación	Q2mlm (Q2ml)	1
	Sustrato de manglar	Planos y llanuras con vegetación halófica	Q2mlm (Q2ml)/m/Qm	1
	Depósitos de playón	Tómbolo, espigas, barras litorales y playones	Q2mlm (Q2ml)/Q2ib	1
	Depósitos de origen arrecifal	Bajos arrecifales, isla	Q2mlm (Q2ml)	1,5
	Depósitos de playa y dunas	Abanico de sobre elevado, Lóbulos y planos deltaicos actuales, Complejos de crestas y artesas de playa, Complejo de crestas y artesas de playa (planos de cresta de playa, playas antiguas)	Qp/p//Q2p/Qpl	1,5

Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2013)

Tabla 6. Unidades geológicas superficiales según su origen

» **Tabla 3.11.** Unidades Geológicas Superficiales (UGS) según su origen

TIPO DE MATERIAL	ORIGEN DE LA UGS	TIPO DE UGS
Roca	Roca inalterada	• Roca dura (Calidad de macizo buena y muy buena) • Roca intermedia (Calidad de macizo regular) • Roca blanda (Calidad de macizo mala y muy mala)
	Derivadas de roca In situ	• Suelo residual: Horizontes IV (saprolito grueso), V (saprolito fino) y VI.
	Depósitos volcanoclásticos primarios	• Flujos piroclásticos (Ignimbrita), oleada piroclástica, caídas piroclásticas (bombas, bloques y ceniza).
Suelo	Depósitos volcanoclásticos secundarios	• Lahar, avalancha de escombros
	Depósitos aluviales	• Aluviones recientes y de cauce activo • Llanura aluvial • Abanicos o conos aluviales • Terrazas aluviales • Depósitos fluvio-torrenciales
	Depósitos lacustres y paludales	• Suelos fluviolacustre • Suelos paludales
	Depósitos costeros	• Deltas, Barras, Playas, etc.
	Depósitos eólicos	• Dunas y Médanos • Loess
	Depósitos glaciares	• Morrenas y Tillitas • Suelos Fluvio-glaciares
	Depósitos de gravedad y ladera	• Coluvial • Talus, derrubios de pendiente • Flujos (de lodo, tierra y de escombros)
	Depósitos antrópicos	• Llenos de basuras • Llenos de escombros • Llenos mixtos
Fuente: modificado de Hermelín (1985).		

Fuente: Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000

Es necesario tener en cuenta que un área de la localidad de Usme se encuentra ubicada dentro de la zona urbana de Bogotá y su mayor extensión se encuentra dentro la zona rural, por lo que se procedió a descargar la geología de las dos zonas y luego se unifica para efectos del estudio objeto de este documento.

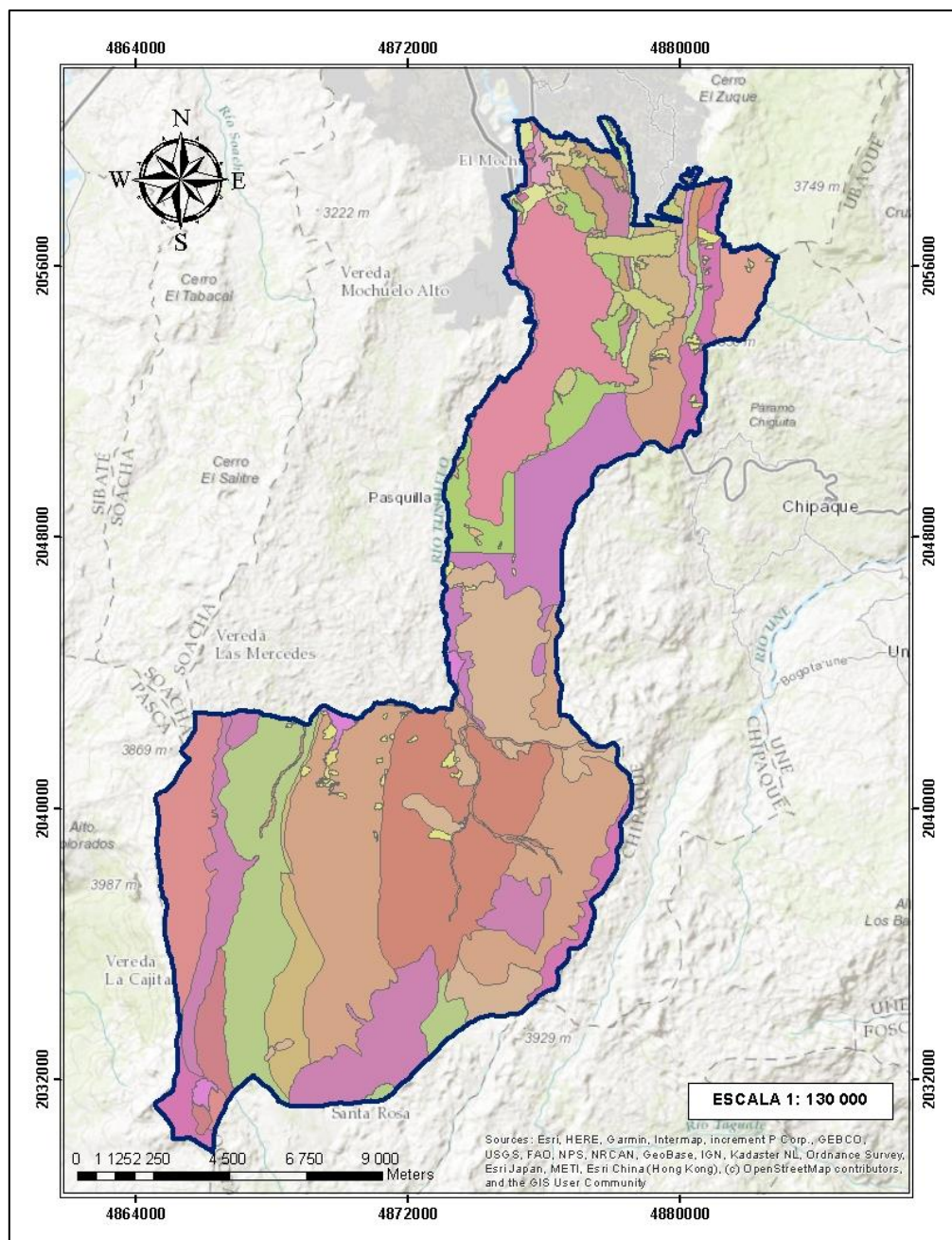


Ilustración 11. Mapa actual Unidad Geología de Usme. Esc: 1:130 000

Fuente: Elaboración propia (2022)

8.2.3 Pendiente:

Para el análisis de pendiente se contó con un DEM ALOS PALSAR, (Digital Elevation Model, por sus siglas en inglés). El ALOS PALSAR DEM es uno de los muchos recursos de mapeo disponibles en el producto satelital ALOS de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA), que capturó imágenes de radar de 2006 a 2011. ALOS (Advanced Land Observation Satellite), también conocido como DAICHI, tiene tres sensores: PRISM para imágenes pancromáticas, radar de apertura sintética PALSAR y radiómetro AVNIR. Airborne Instruments proporciona DEM multitemporal y otros productos SAR que podemos descargar en varias resoluciones, formatos y niveles de productos.

Con un DEM ALOS PALSAR que cubre la zona de estudio y del cual se procedió a realizar el mapa de pendientes. Lo cual sirve como punto de partida pues es una de las condicionantes concernientes a los movimientos en masa. Dicho DEM se obtuvo de forma gratuita desde la página web <https://asf.alaska.edu/>.

Luego, mediante la propuesta metodológica desarrollada para el análisis de amenazas ante movimientos en masa para la zonificación de susceptibilidad, amenaza y riesgo en el capítulo 13 del libro deslizamiento y análisis geotécnico (Jaime Suarez, 2009) se expresa el valor de la inclinación del terreno en 5 clases. Los registros de cada factor se representan en un mapa formato vector con las clases de 1 a 5 para conseguir un mapa reclasificado en el que se puede evidenciar los registros agrupados en virtud de su mayor o menor desventaja para la ocurrencia de un proceso de movimiento en masa.

Tabla 7. Clasificación susceptible por variable pendiente

CLASIFICACION	PENDIENTE (Angulo de inclinación)
Muy Baja	0 a 5% (0 a 8.5 grados)
Baja	15 a 30% (8.5 a 16.7 grados)
Mediana	30 a 50% (16.7 a 26.6 grados)
Alta	50 a 100% (26.6 a 50 grados)
Muy Alta	Mas de 100% (más de 45 grados)

Fuente: (Suarez, 2009)

8.2.4 Precipitación:

La información referente a precipitación (mm/mes) se realizó consulta en el portal web del IDEAM (www.ideam.gov.co) en el cual se solicitó consulta de parámetros hidrológicos como lo es la precipitación mensual acumulada durante los años desde 1998 hasta el 2021 (Anexo B). De la página del IDEAM se descarga el Excel de las precipitaciones promedio mensual de cada año por cada estación.

Luego se halla la media para cada mes por todos los años desde 1998 al 2021 que es el rango de años utilizado y la media por los 12 meses y con ese promedio anual se calculó el Raster de precipitaciones.

8.3.5 Ubicación estaciones

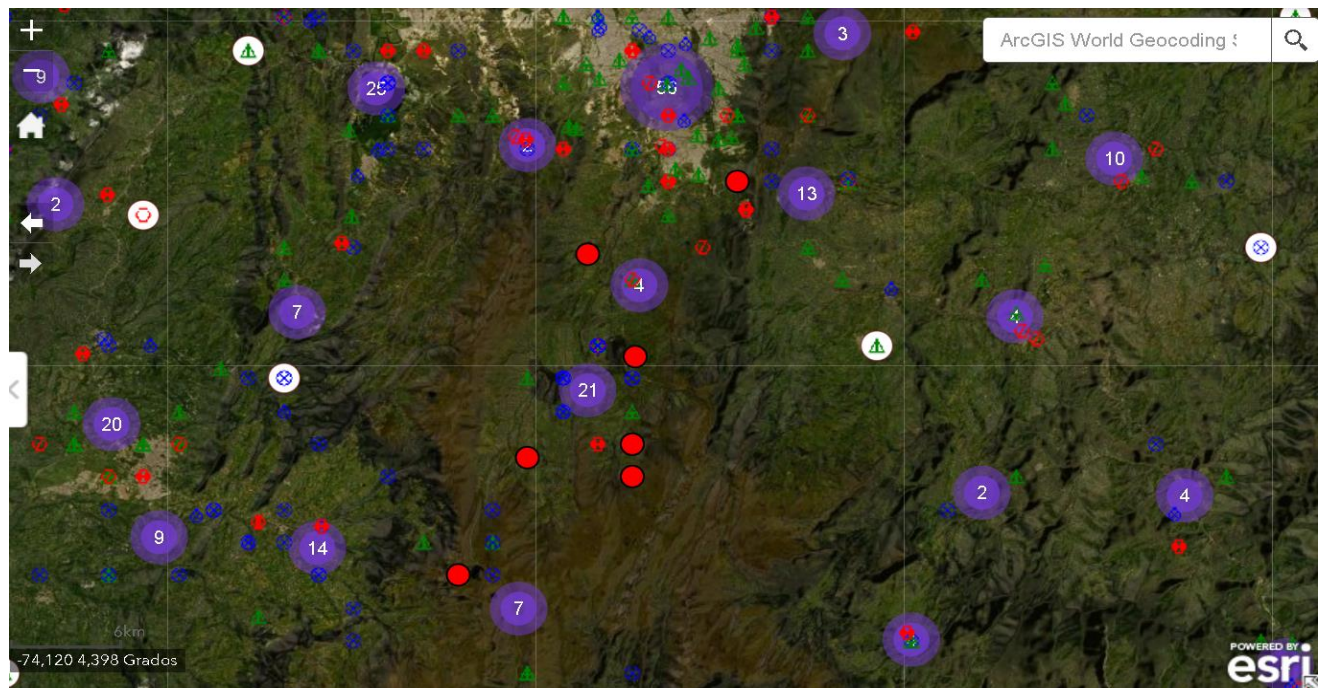


Ilustración 12. Ubicación Estaciones Meteorológica

Fuente:(IDEAM, 2021).

Estación Australia

Catalogo Nacional de Estaciones: AUSTRALIA [21201300]	
Código	21201300
Nombre	AUSTRALIA [21201300]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-74,13
Latitud	4,39
Altitud	3.050,00
Departamento	Bogotá
Municipio	Bogota, D.C
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Marzo 15, 1985
Fecha de Suspensión	

Ilustración 13. Estación Meteorológica Australia

Fuente:(IDEAM, 2021)

Estación Cisaca

Catalogo Nacional de Estaciones: CISACA [21200850]	
Código	21200850
Nombre	CISACA [21200850]
Categoría	Pluviográfica
Longitud	-74,08
Latitud	4,48
Altitud	2.880,00
Departamento	Bogotá
Municipio	Bogota, D.C
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Diciembre 15, 1962
Fecha de Suspensión	

Ilustración 14. Estación Meteorológica Cisaca

Fuente: (IDEAM, 2021)

Estación Pasquilla

Catalogo Nacional de Estaciones: PASQUILLA [21201580]	
Código	21201580
Nombre	PASQUILLA [21201580]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-74,15
Latitud	4,45
Altitud	30,00
Departamento	Bogotá
Municipio	Bogota, D.C
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Noviembre 14, 1981
Fecha de Suspensión	

Ilustración 15. Estación Meteorológica Pasquilla

Fuente: (IDEAM, 2021)

Estación Bocagrande

Catalogo Nacional de Estaciones: BOCA GRANDE [21200190]	
Código	21200190
Nombre	BOCA GRANDE [21200190]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-74,13
Latitud	4,33
Altitud	3.460,00
Departamento	Bogotá
Municipio	Bogota, D.C
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Agosto 15, 1941
Fecha de Suspensión	

Ilustración 16. Estación Meteorológica Bocagrande

Fuente: (IDEAM, 2021)

Estación Escuela la Unión

Catalogo Nacional de Estaciones: ESCUELA LA UNION [21201200]	
Código	21201200
Nombre	ESCUELA LA UNION [21201200]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-74,18
Latitud	4,34
Altitud	3.320,00
Departamento	Bogotá
Municipio	Bogota, D.C
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Marzo 14, 1985
Fecha de Suspensión	

Ilustración 17. Estación Meteorológica la Unión

Fuente: (IDEAM, 2021)

Tabla 8. Valor de susceptibilidad por precipitación

Precipitación Máxima	Calificativo	Peso
< 50	Muy Baja	1
51-100	Baja	2
101-200	Media	3
201-300	Alta	4
>300	Muy Alta	5

Fuente: (Llano, 2015)

Luego por cada una de las estaciones se generó un Raster de precipitaciones y conforme a los rangos de las precipitaciones donde se le da un calificativo o un peso, dependiendo de las precipitaciones mm/mes, el Raster se reclasifico y entre esos rangos se le asignaron unos valores y al final nos genera el mapa de reclasificación de precipitaciones 2 y 3, esto quiere decir que las precipitaciones están dentro de esos rangos.

8.2.6 Cobertura:

Se utiliza para significar el tipo de material físico que cubre la superficie de la tierra, entre las coberturas tenemos: lagunas, los árboles, el tipo de pasto y espacios naturales, tubérculos, zona de extracción minera, etc.

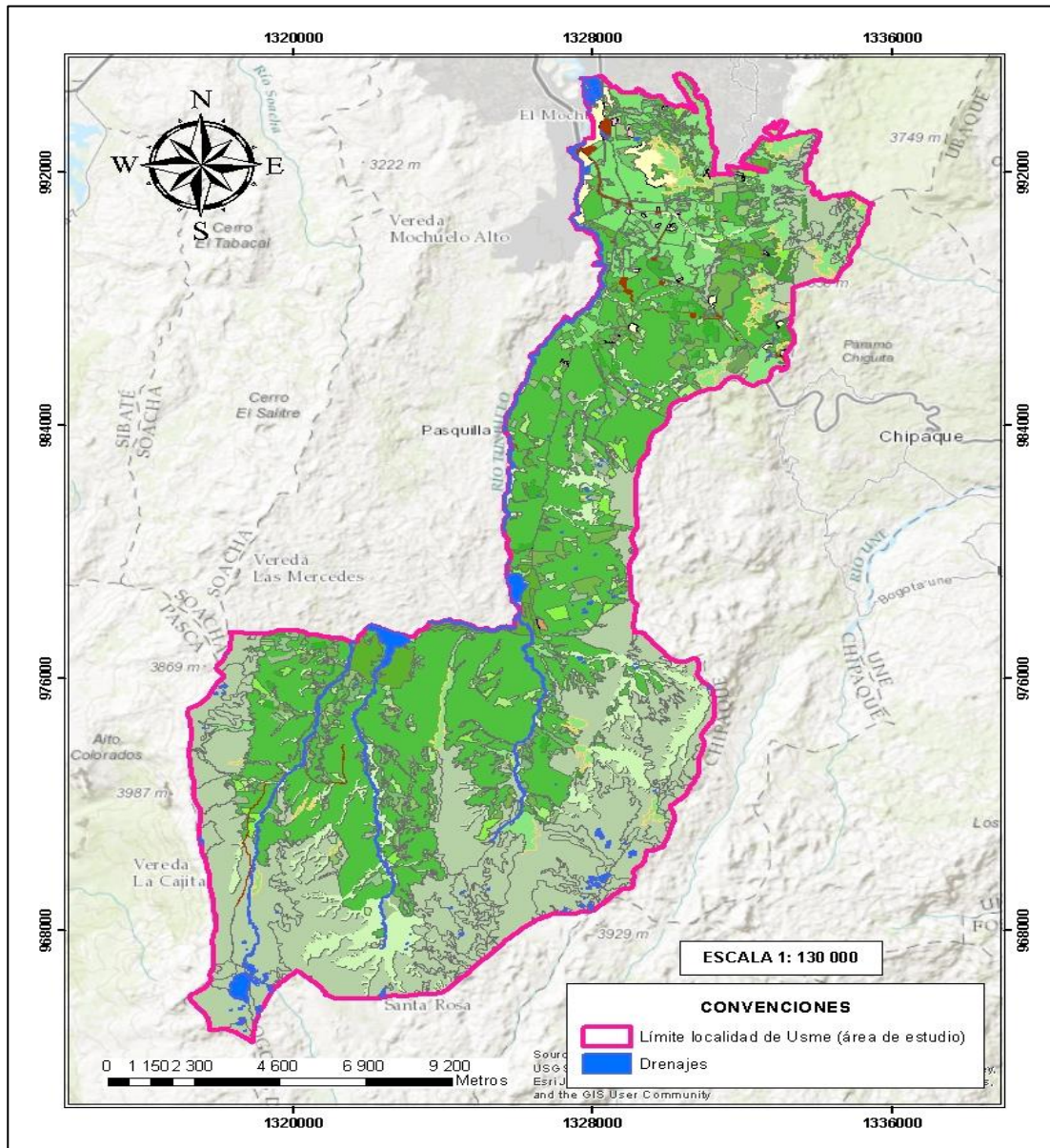


Ilustración 18. Mapa actual Cobertura localidad de Usme. Esc: 1:130 000.

Fuente: Elaboración propia (2022)

Para realizar esta reclasificación se descargó la información de cobertura para el sector y se hace el mapa de las coberturas actualmente existen en la zona, y posteriormente utilizando la herramienta de reclasificación del software ArcGIS, se le indica que tipos de coberturas son menos o más propensas a movimientos en masas de acuerdo con la tabla 5.

Tabla 9. Calificación Coberturas

COBERTURA NIVEL 2	COBERTURA
Aguas continentales	Humedales y zonas pantanosas
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales Ríos (quebradas y rondas)
Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos Tierras desnudas y degradadas
zonas con vegetación arbustiva o herbácea	Matorral Pastizal Vegetación secundaria o en transición
Áreas húmedas continentales	Tumbras
Bosques	Bosque abierto Bosque de galería o ripario Bosque denso Plantación forestal
Cultivos permanentes	Mosaico de cultivos Mosaico de cultivos con espacios naturales Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
Cultivos transitorios	Cereales Hortalizas Oleaginosas y leguminosas Otros cultivos transitorios Tubérculos
Pastos	Mosaico de pastos con espacios naturales Mosaico de pastos y cultivos Pastos arbolados Pastos enmalezados Pastos limpios
Region de extracción minera	Region de extracción minera Region de extracción minera
Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Red vial, ferroviaria y terrenos asfaltados Zonas industriales o comerciales
Zonas urbanizadas	Construcciones rurales Tejido urbano continuo Tejido urbano discontinuo
Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	Zonas verdes urbanas y rurales

Fuente: (SGC, 2013)

9. RESULTADOS Y ANALISIS

Con base a toda la información recolectada se procede a realizar cuatro mapas de susceptibilidad de acuerdo con los valores o pesos dados para su reclasificación.

Dichos procesamiento, análisis y mapas fueron elaborados mediante la herramienta SIG y software ArcGIS.

9.1 Proyección del Sistema de coordenadas

Las capas vectoriales y Raster fueron proyectadas al Sistema de Coordenadas MAGNA SIRGAS, Origen Único Nacional.

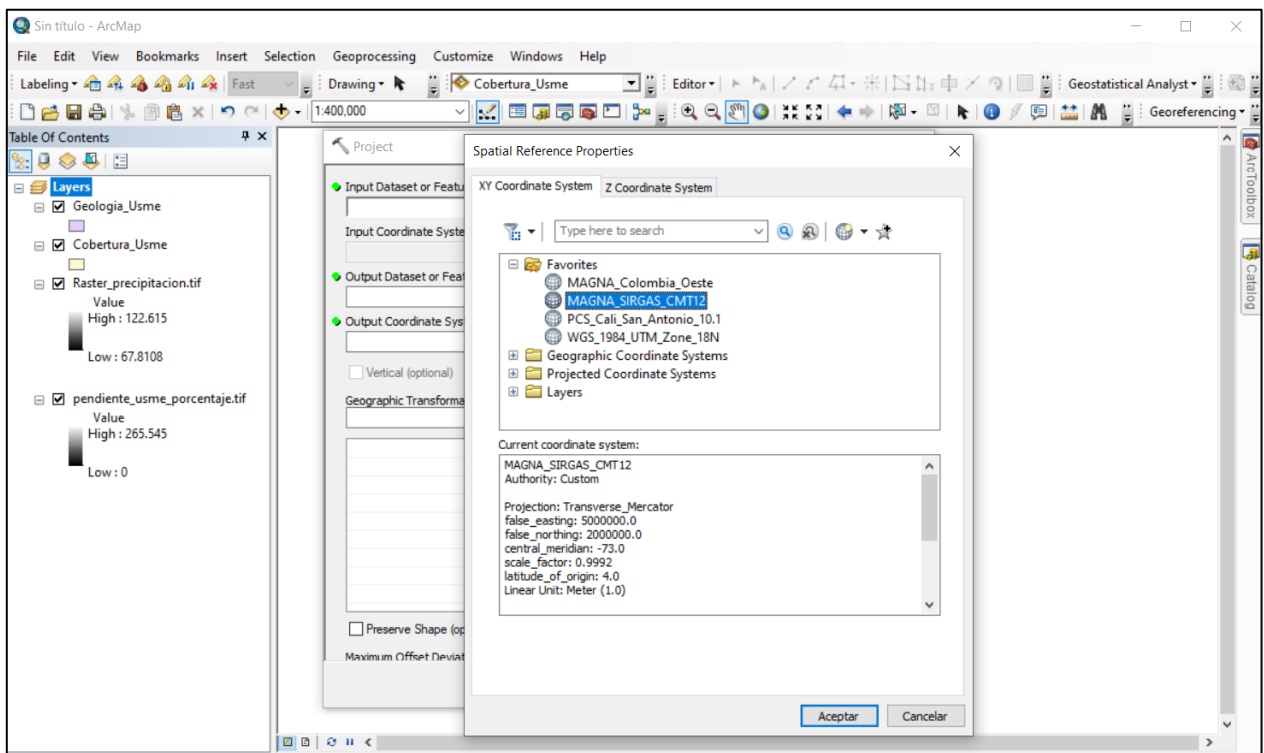


Ilustración 19. Proyección sistema de coordenadas

El proceso anterior se realiza con cada una de las capas (Pendiente, precipitación, cobertura y geología).

9.2 Pendiente

Una vez obtenido el DEM se delimita al área de estudio con ayuda de Spatial Analyst Tools

> Extraction > Extract by Mask,

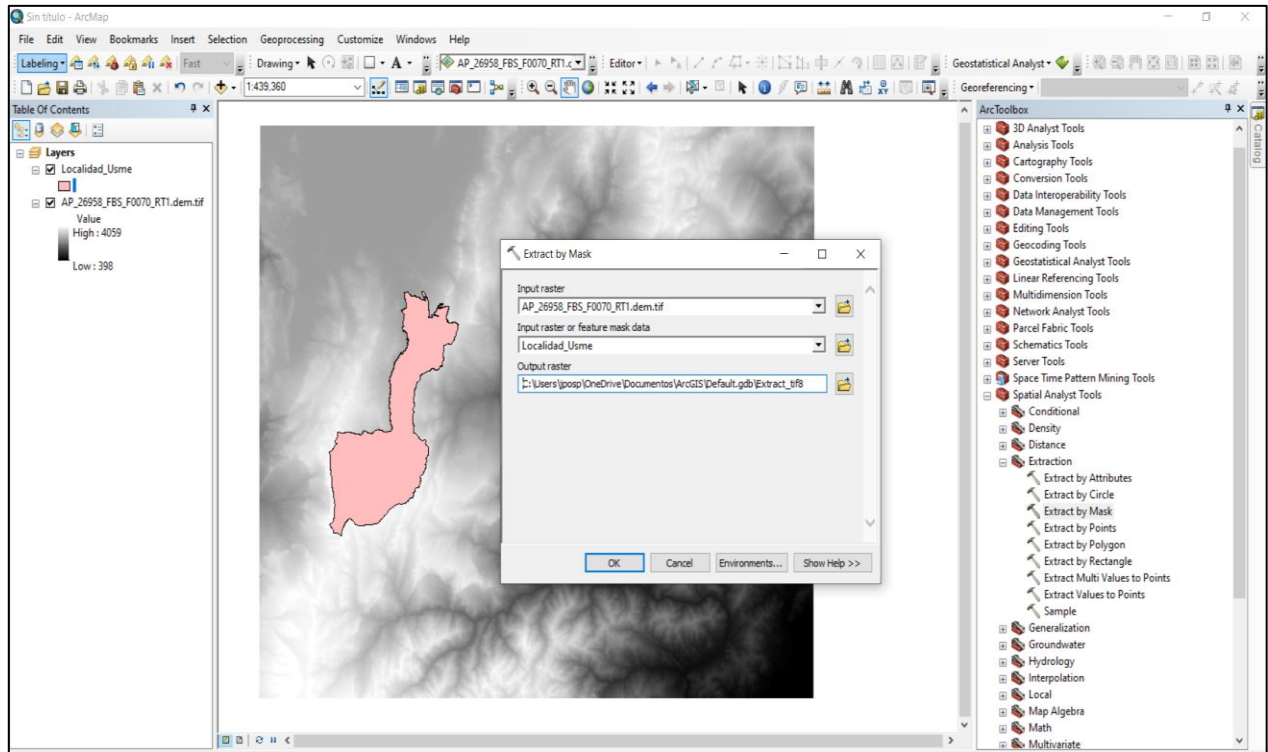


Ilustración 20. Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract by Mask,

Luego de realizar el recorte, se procede a calcular las pendientes en porcentaje como característica de la variable del raster con la ayuda de 3D Analyst Tools > Raster Surface > Slope, ver ilustración 33.

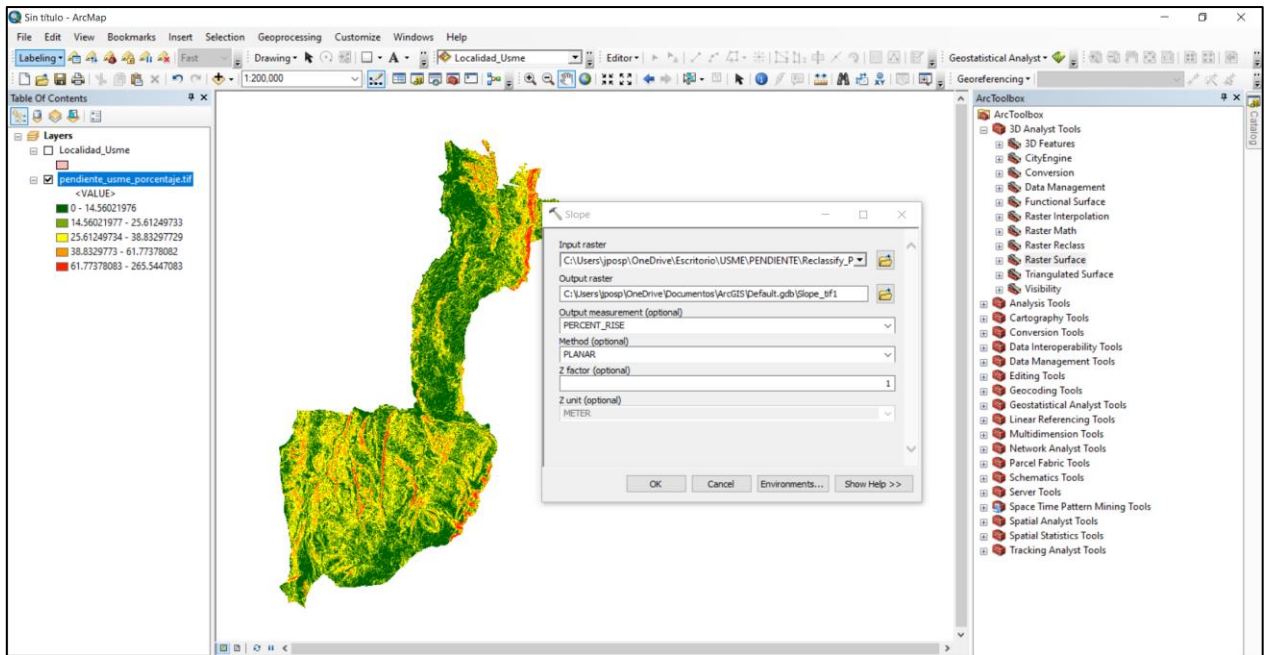


Ilustración 21. Cálculo de las pendientes en porcentaje como característica de la variable del raster.

Para realizar la reclasificación de acuerdo con las 5 variables ya dadas, se utiliza el método manual definiendo cada uno de los límites ver ilustración 34.

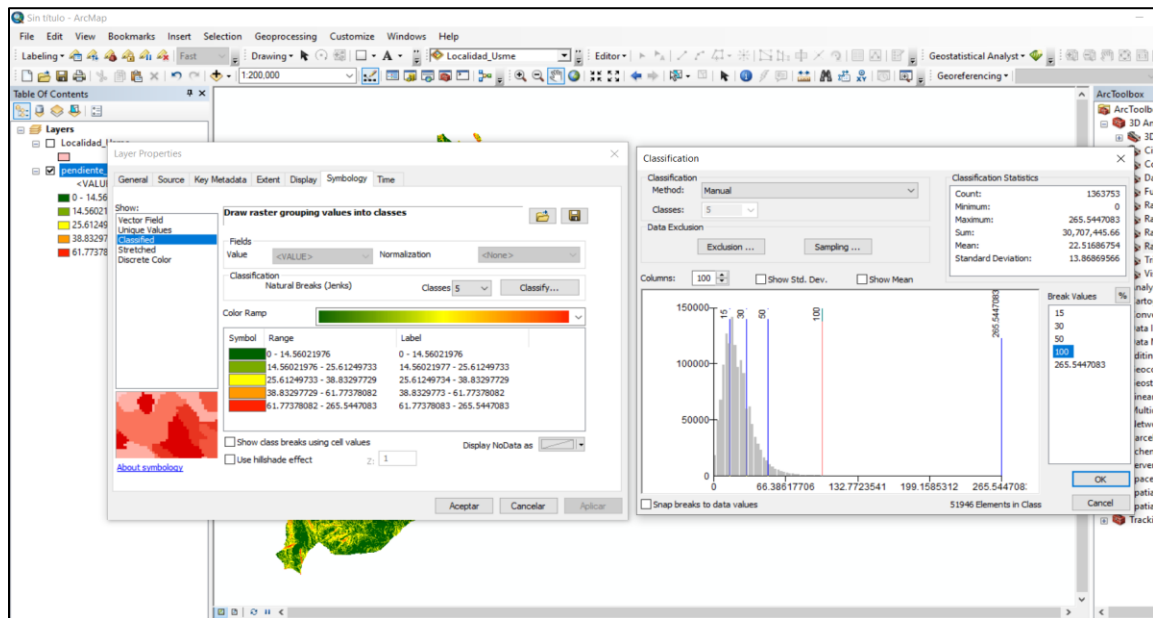


Ilustración 22. Definición de límites de cada variable

Luego con la ayuda de ArcToolBox >3D Analyst Tools> Raster Reclass > Reclassify,

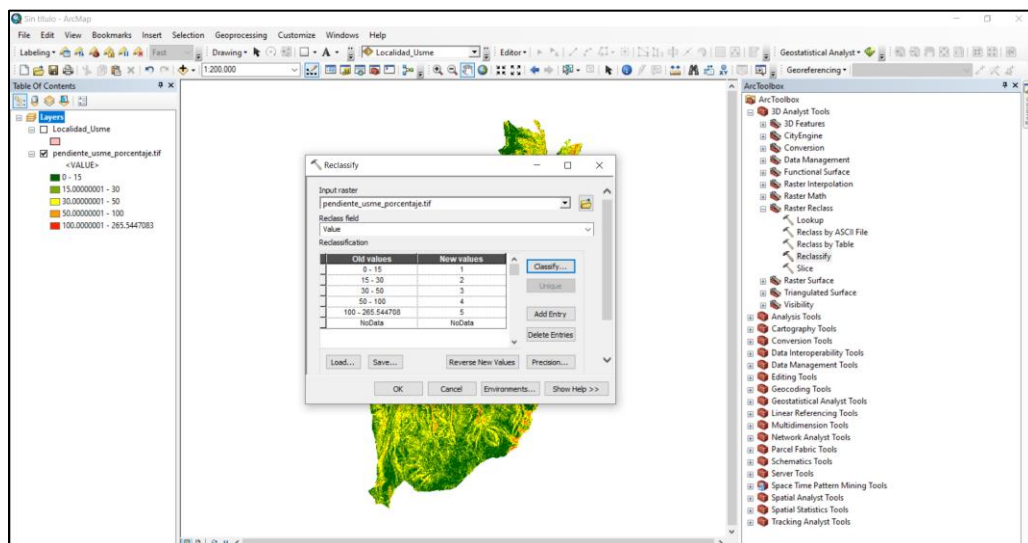


Ilustración 23. ArcToolBox >3D Analyst Tools> Raster Reclass > Reclassify,

Dando como resultado el Mapa de Pendientes Reclasificado. Ver Ilustración 24.

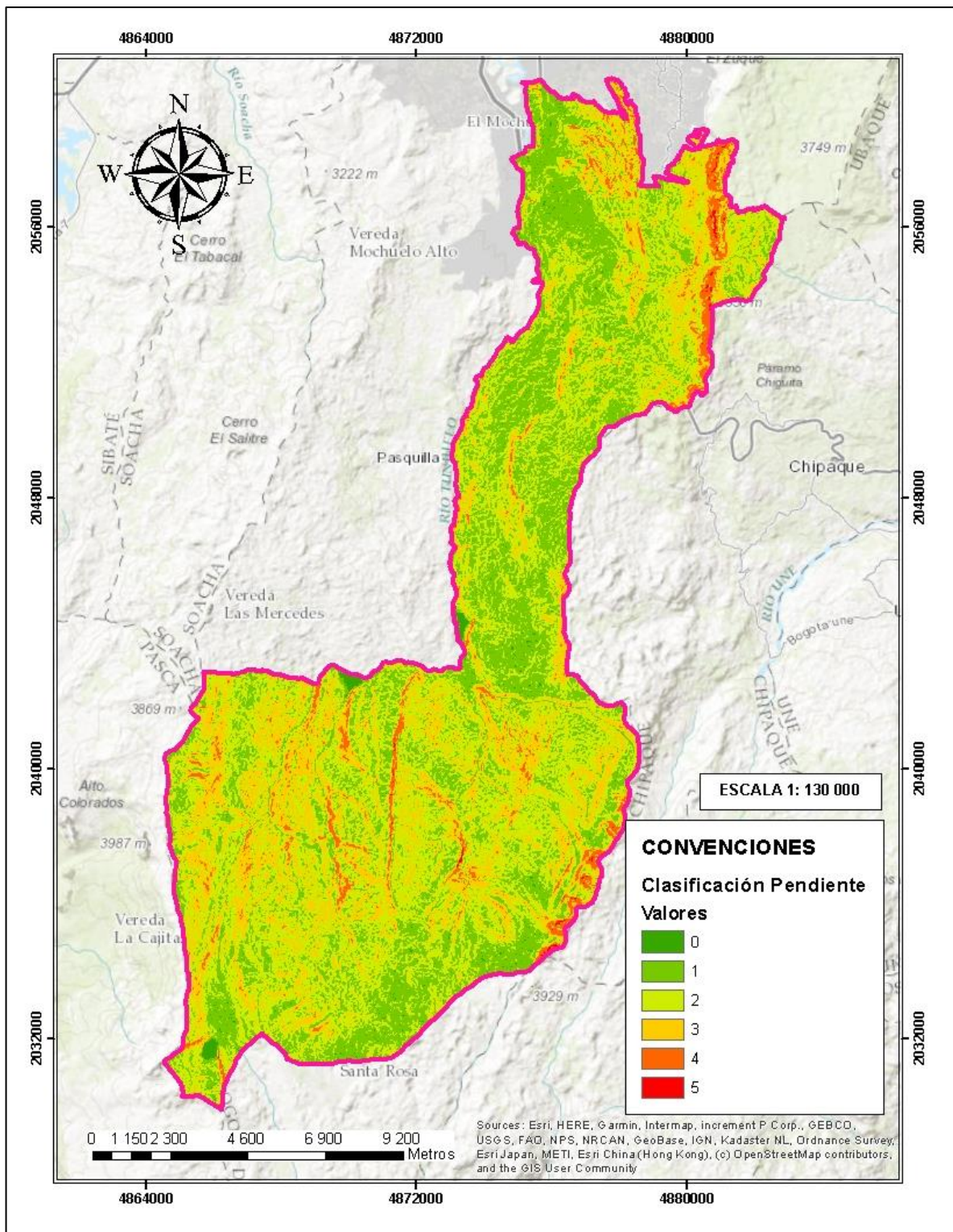


Ilustración 24. Mapa reclasificación Pendientes. Esc: 1:130 000

Fuente: Elaboración propia (2022)

9.3 Precipitación

Con base a los datos obtenidos de la página del IDEAM, se localizan las estaciones conforme a las coordenadas dadas y su respectiva precipitación (mm/mes). Ver ilustraciones 18 al 23.

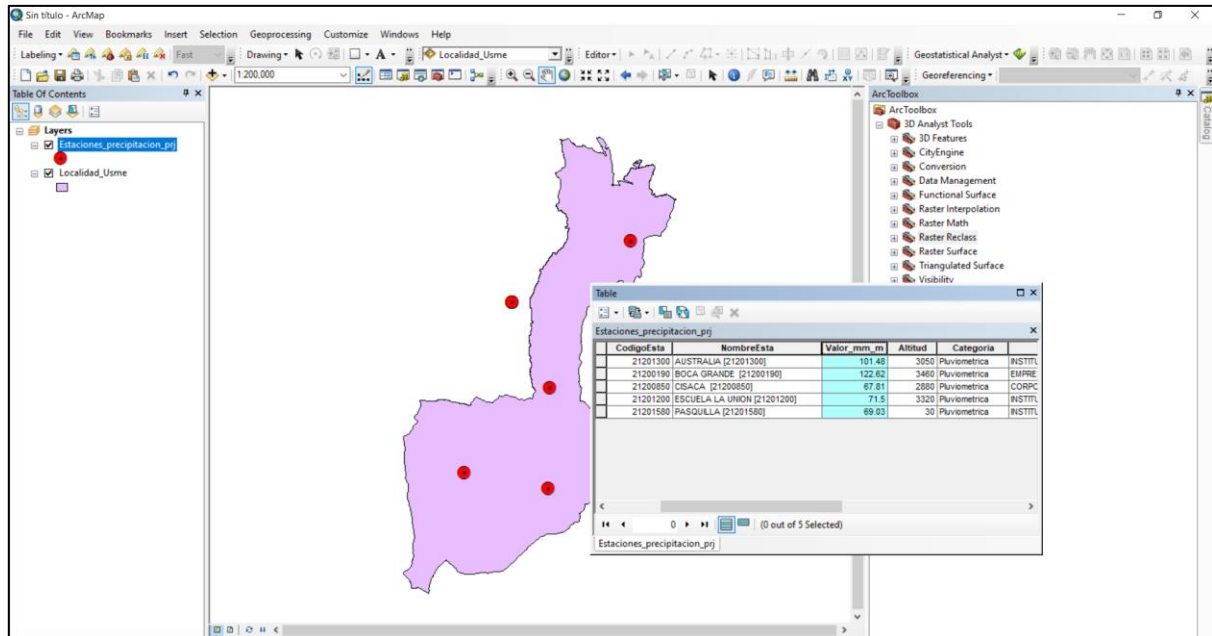


Ilustración 25. Localización de las estaciones meteorológicas conforme a las coordenadas dadas y su respectiva precipitación

Luego realizamos la interpolación IDW para obtener las isoyetas con ayuda de la caja de herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools-> Interpolación> IDW.

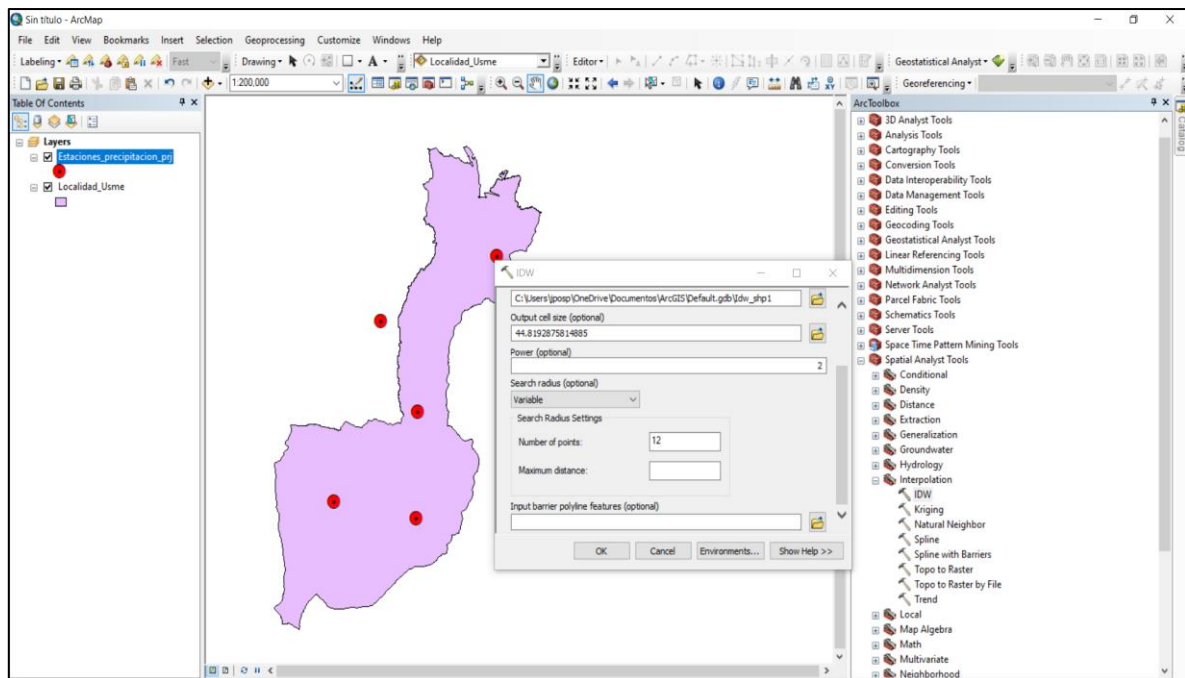


Ilustración 26. Caja de herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools-> Interpolación> IDW.

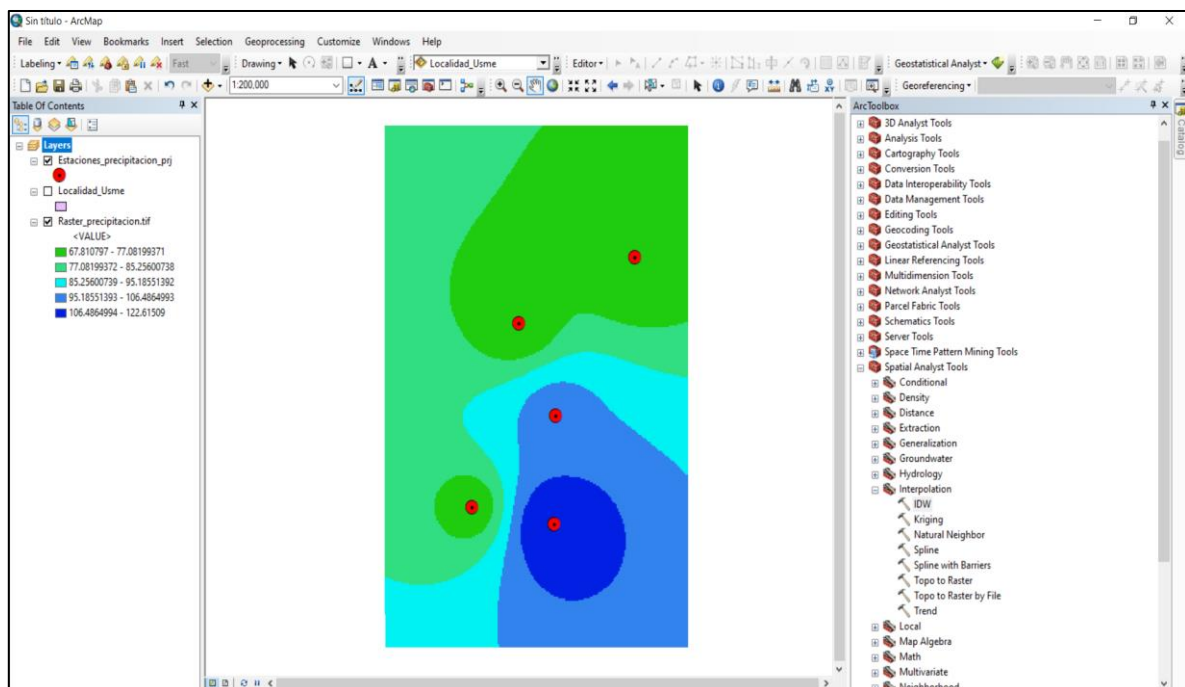


Ilustración 27. ArcToolbox > Spatial Analyst Tools-> Interpolación> IDW.

Para realizar la reclasificación de acuerdo con las 5 variables ya dadas, con la ayuda de la caja de herramientas ArcToolBox >3D Analyst Tools> Raster Reclass > Reclassify,

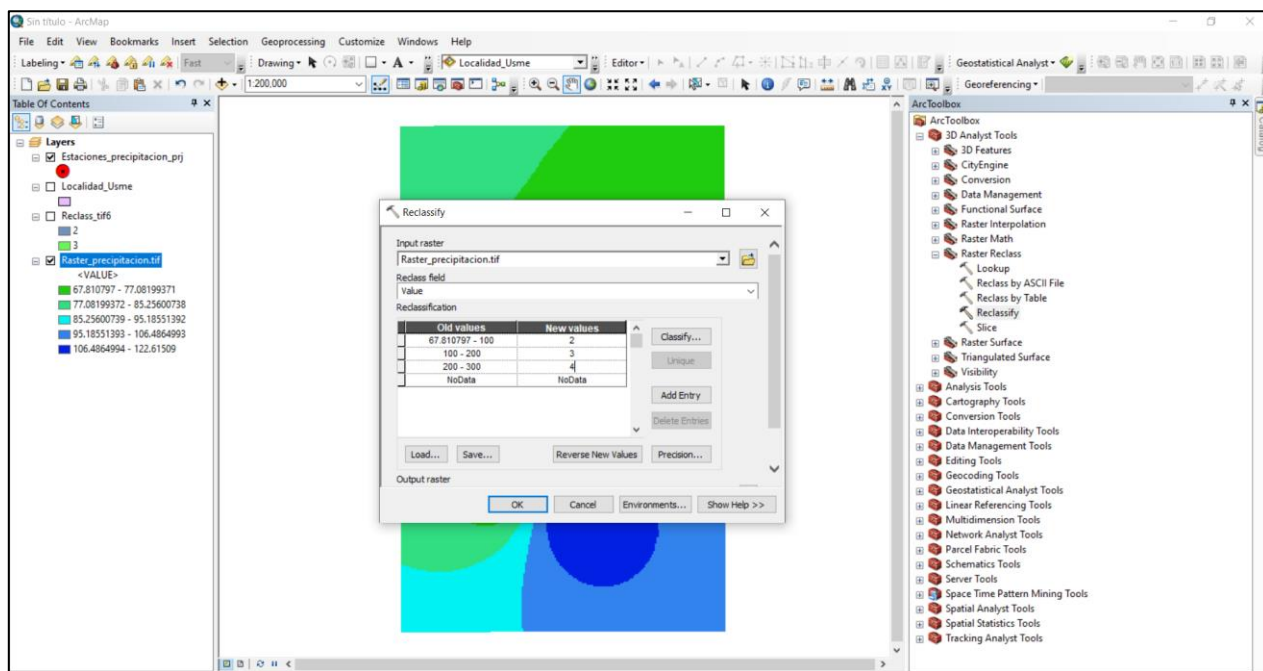


Ilustración 28. ArcToolBox >3D Analyst Tools> Raster Reclass > Reclassify

Dando como resultado el Mapa de Precipitaciones Reclasificado. Ver ilustración 29.

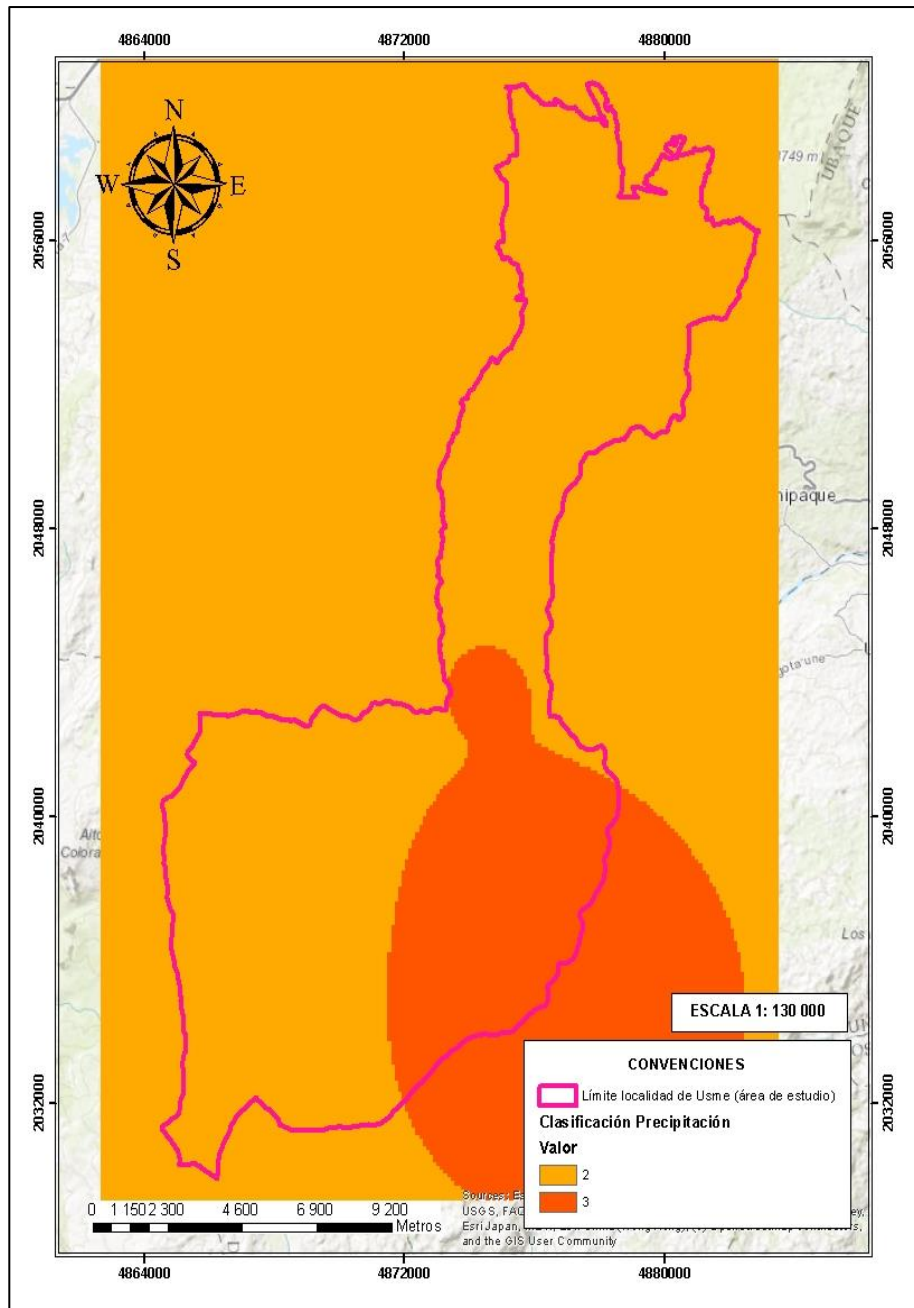


Ilustración 29. Mapa reclasificación Precipitaciones. Esc: 1:130 000

Fuente: Elaboración propia (2022)

9.4 Cobertura

La capa utilizada es tipo vector, por lo tanto, el proceso de reclasificación se realiza desde la tabla de atributos, donde se agrega una nueva fila y se le asigna un valor a cada uno de los tipos de coberturas de acuerdo con lo establecido en la tabla 5.

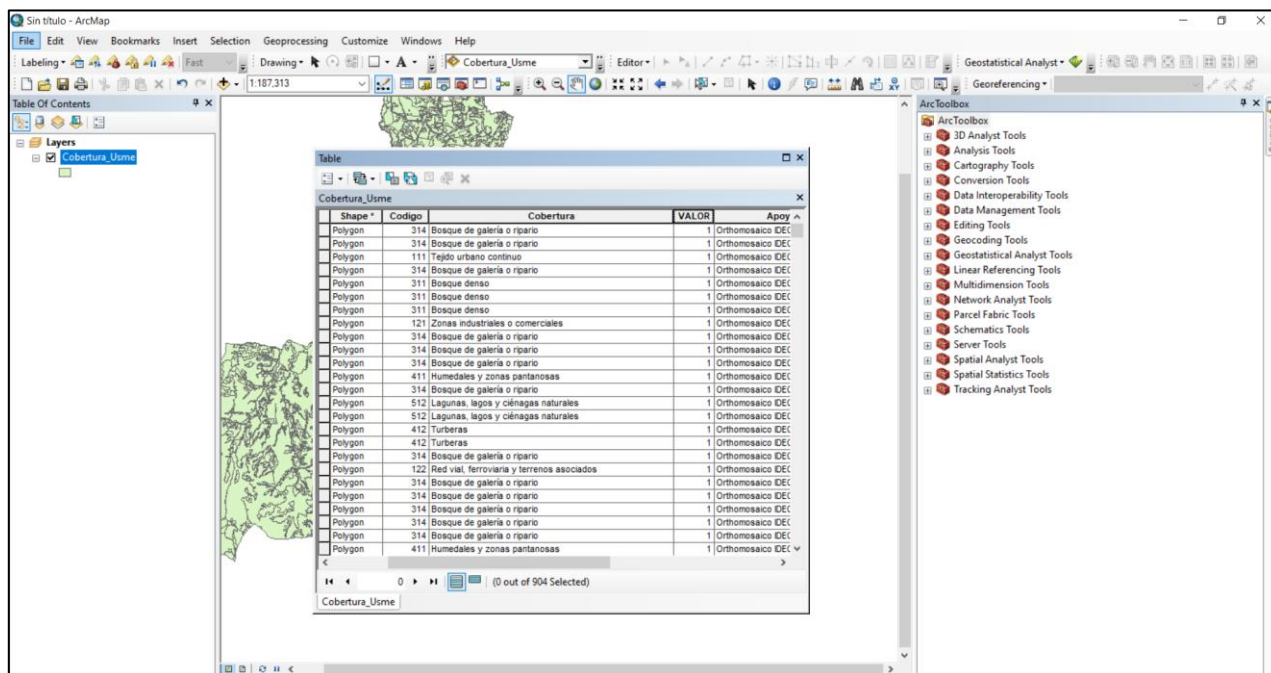


Ilustración 30. Asignación valor a cada uno de los tipos de coberturas

Shape*	Codigo	Cobertura	VALOR	Apoy
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	111	Tejido urbano continuo	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	311	Bosque denso	1	Orthomosaico IDE
Polygon	311	Bosque denso	1	Orthomosaico IDE
Polygon	311	Bosque denso	1	Orthomosaico IDE
Polygon	121	Zonas industriales o comerciales	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	411	Humedales y zonas pantanosas	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1	Orthomosaico IDE
Polygon	512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1	Orthomosaico IDE
Polygon	412	Turberas	1	Orthomosaico IDE
Polygon	412	Turberas	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	122	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	314	Bosque de galería o ripario	1	Orthomosaico IDE
Polygon	411	Humedales y zonas pantanosas	1	Orthomosaico IDE

Ilustración 31. Asignación valor a cada uno de los tipos de coberturas

Una vez asignados los valores se realiza el mapa de Reclasificación de Coberturas. Ver

Ilustración 32

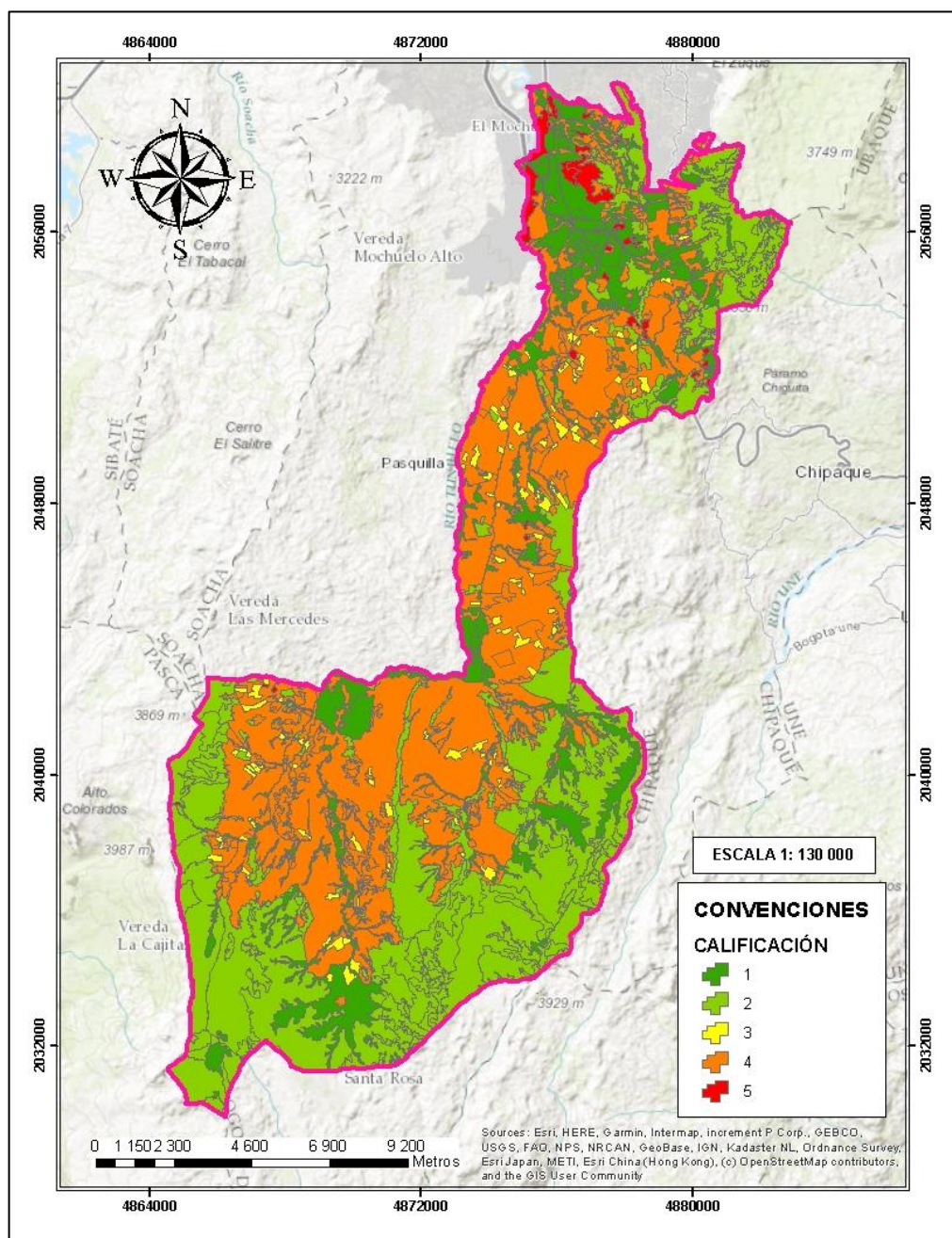


Ilustración 32. Mapa Reclasificación Cobertura. Esc: 1:130 000

Fuente: Elaboración propia (2022)

9.5 Geología

La capa utilizada es tipo vector, por lo tanto, el proceso de reclasificación se realiza desde la tabla de atributos, donde se agrega una nueva fila y se le asigna un valor a cada una de las Unidades Geológicas Superficiales de acuerdo con lo establecido en la Tabla 5

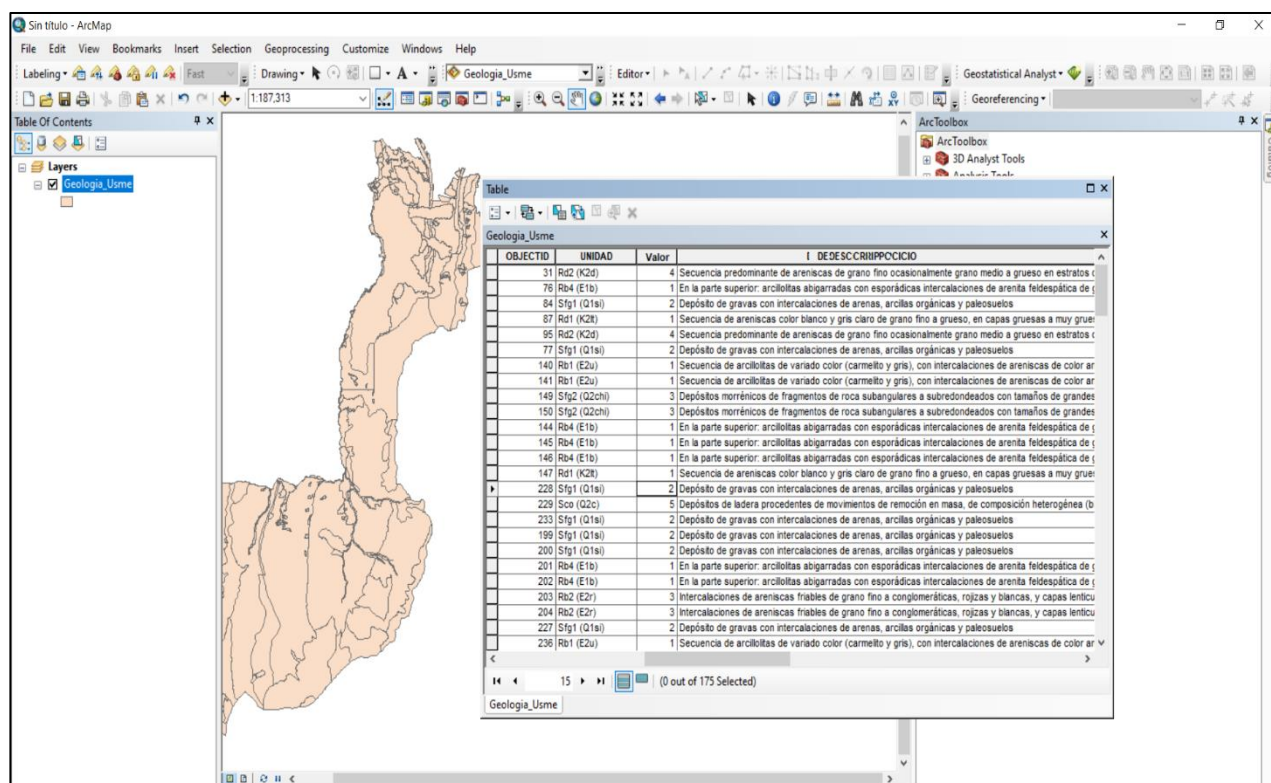


Ilustración 33. Asignación valor a cada una de las Unidades Geológicas Superficiales

Una vez asignados los valores se realiza el mapa de Reclasificación de Unidades Geológicas, Ver ilustración 34.

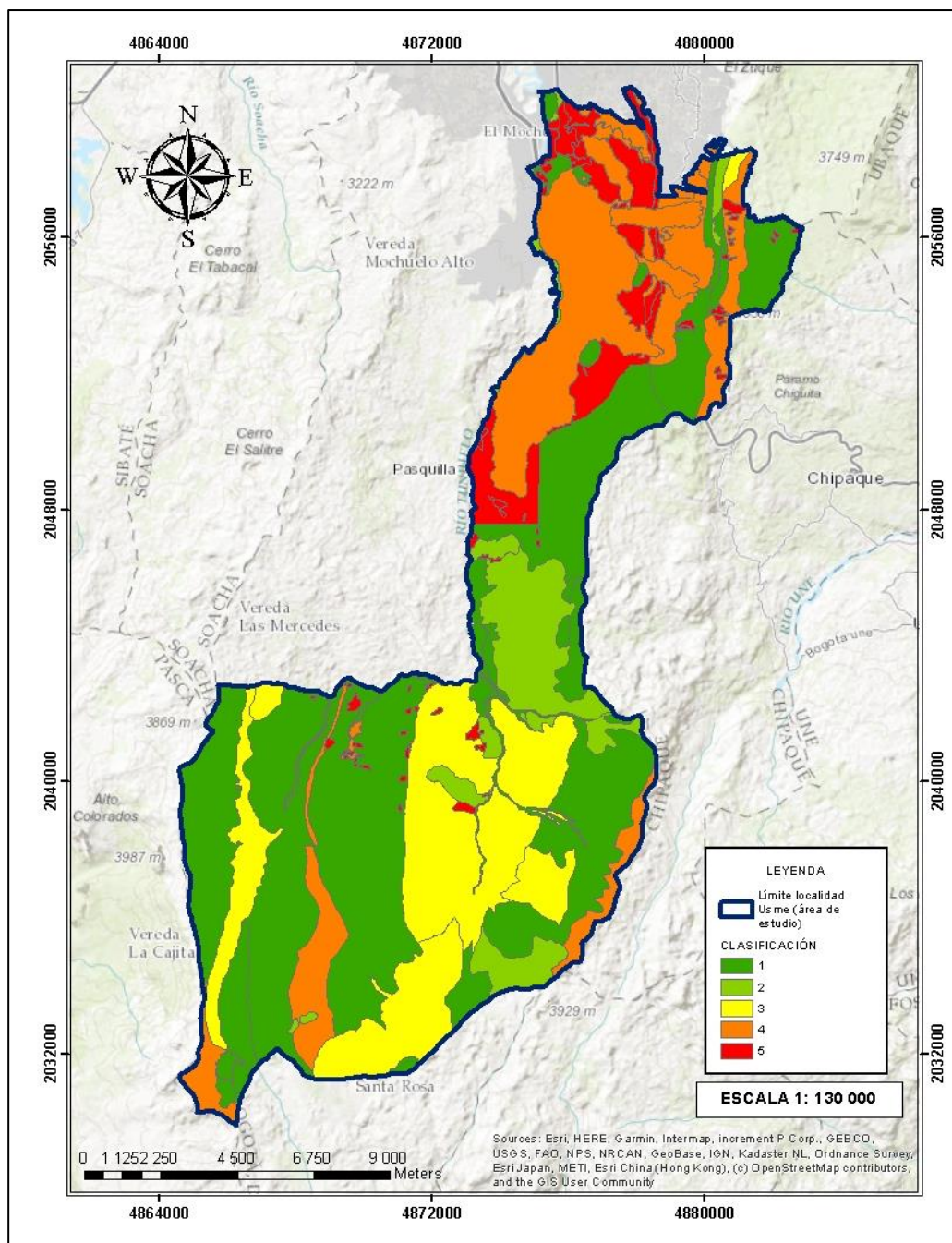


Ilustración 34. Mapa reclasificación unidades Geológicas. Esc: 1:130 000

Fuente: Elaboración propia (2022)

9.6 ANÁLISIS DE AMENAZA

Para el cálculo del riesgo por remoción en masas, que se realizó por el método Heurístico, en donde se asignan unos valores o unos pesos de acuerdo con la susceptibilidad de remoción en masa que se le aplica a las variables de Cobertura de la tierra, Precipitaciones, Geología y Pendientes. Ver tabla 8 de susceptibilidad del terreno ante movimientos de masa.

Tabla 10. Incidencia de factores de riesgo

PARAMETRO	FACTOR DE INCIDENCIA
Pendiente	30-50%
Usos del suelo	15-20%
Precipitación	25-30%
Geología	30-40%

Fuente: Guía Metodológica para el estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo (MINENERGIA, 2016)

Una vez se tienen los valores de cada factor clasificados en virtud de la desventaja que significa para la posibilidad de ocurrencia de un evento, se procede a ponderar, cada factor de manera que se evidencie los acontecimientos que tiene cada uno con correspondencia al conjunto de componentes considerados.

Las ponderaciones elaboradas se perpetran acudiendo a la metodología expresas en diferentes autores y considerando no solo lo fundamental de una variable como complemento definible del riesgo, sino también su representatividad con respecto a una variable en particular.

Tabla 11. Ponderación de cada valor

Parámetro	Factor de incidencia (%)
Pendiente	30%
Materiales superficiales	20%
Precipitación	25%
Cobertura superficial	25%

Fuente: Guía Metodológica para el estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo (MINENERGIA, 2016)

Dada la anterior información se cruzan todas las capas de las diferentes variables, pero antes los Shapes tipo vector se convierten a Ráster.

Con ayuda de ArcToolbox > Conversion Tools > To Raster > Polygon to Raster

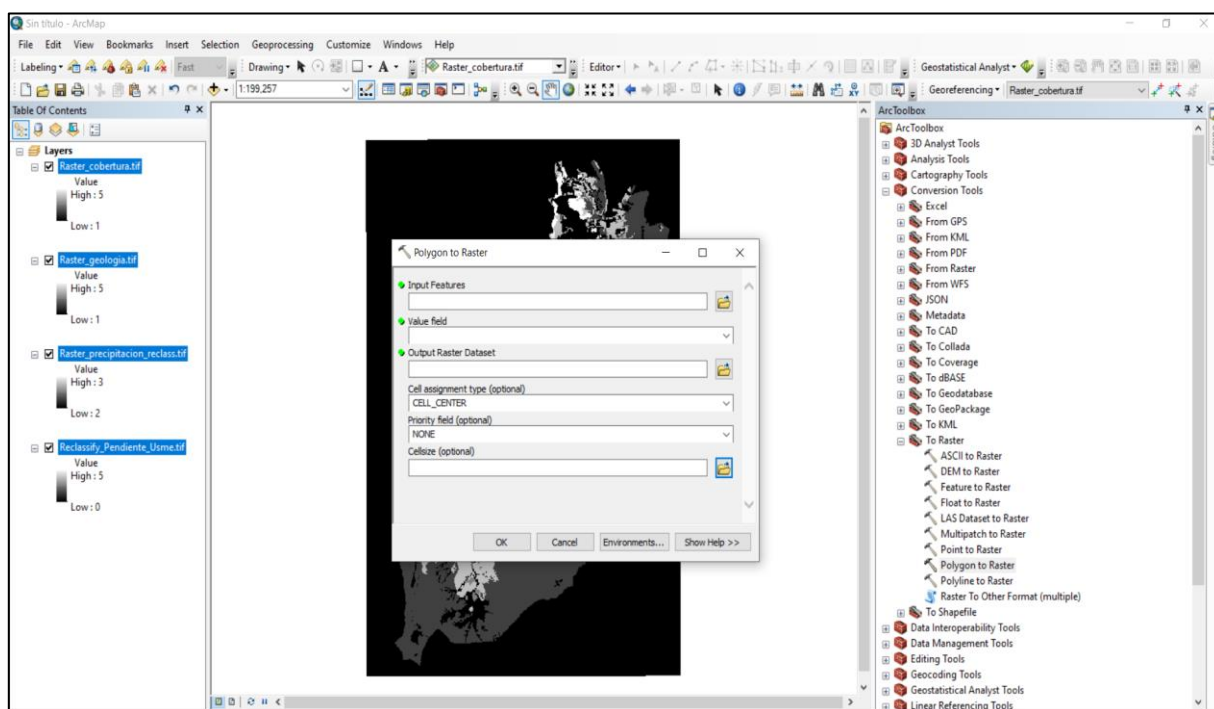


Ilustración 35. Caja de Herramientas ArcToolbox > Conversion Tools > To Raster > Polygon to Raster

Una vez se cuenta con todas las variables tipo Raster se realiza la suma de cada una de estas, multiplicado por los porcentajes de incidencia al riesgo. Dicho proceso se realiza con ayuda de la Calculadora de Raster de la Caja de Herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools> Map Algebra>Raster Calculator

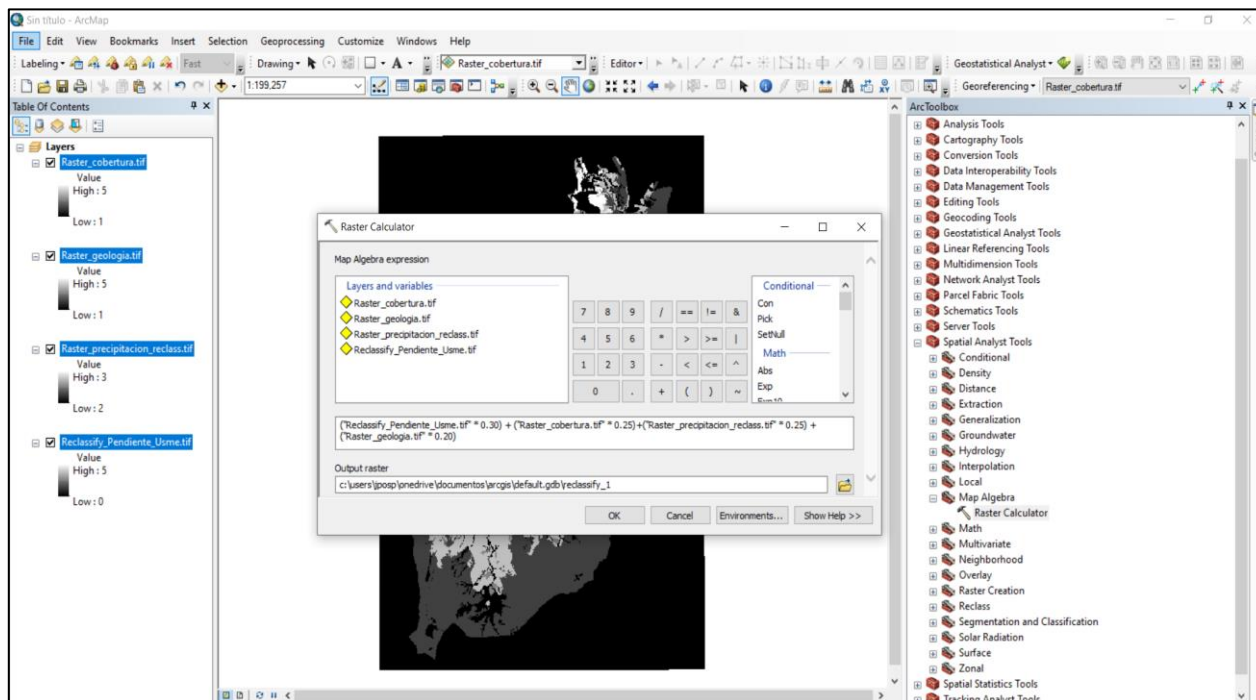


Ilustración 36. Calculadora de Raster de la Caja de Herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools> Map Algebra>Raster Calculator

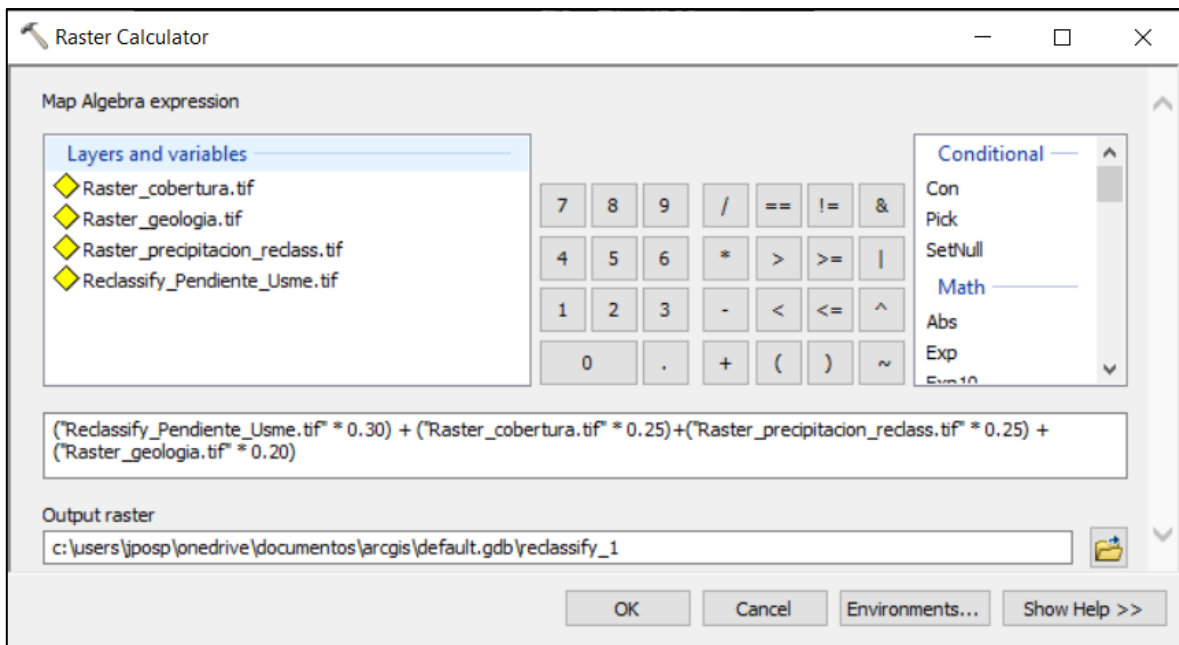


Ilustración 37. Calculadora de Raster de la Caja de Herramientas ArcToolbox > Spatial Analyst Tools> Map Algebra>Raster Calculator

El mapa de amenaza que se obtiene se agrupa en cinco rangos que surgen mediante el método Natural Break, como se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 12. Rangos de amenaza método Natural Break.

Intervalo	0.95 - 1.55	1.55 - 2.15	2.15 - 2.75	2.75 - 3.35	3.35 - 3.95
Amenaza	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta

Fuente: Elaboración propia (2022)

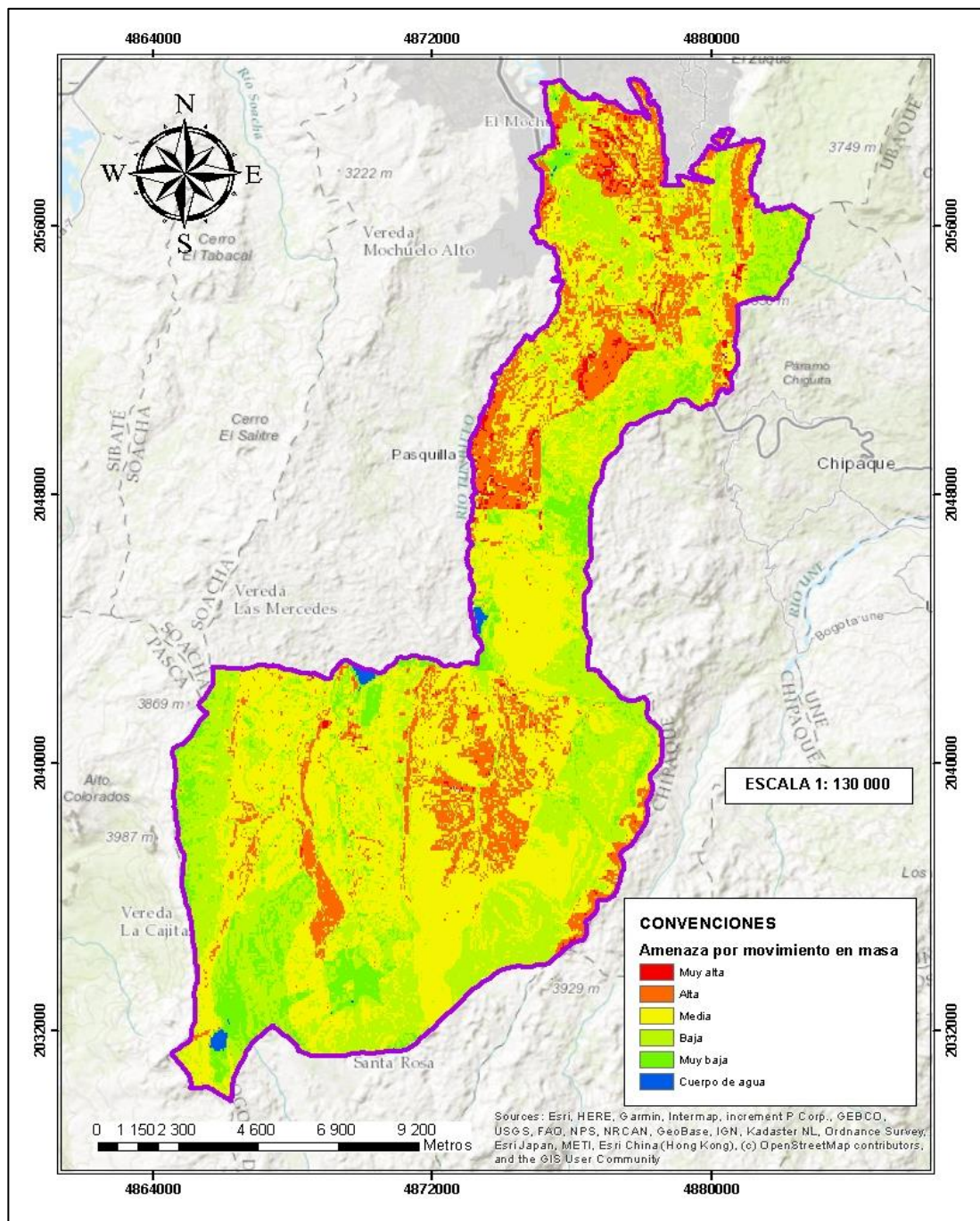


Ilustración 38. Mapa resultado análisis por movimiento de masa
localidad de Usme, Bogotá d. c.

Fuente: Elaboración propia (2022)

10. IMPACTO

Con la identificación y análisis de las zonas de amenazas se pudo determinar que gran parte de la localidad de Usme se encuentra en un estado de amenaza a movimientos en masa MEDIA-ALTA, la finalidad de este análisis, es que se logre utilizar por parte del distrito y los entes encargados de la gestión del riesgo en la ciudad de Bogotá D.C poner en marcha un plan de acción a corto, mediano y a largo plazo en respuesta a estos fenómenos, así como la sensibilización a los habitantes de esta localidad sobre los peligros de edificar en esta zonas de amenazas a movimientos en masas, igualmente, extender a la comunidad como actuar en caso de amenaza de un movimiento en masa, con el fin de minimizar la cantidad de heridos y pérdidas humanas.

11. CONCLUSIONES

Se obtuvo un análisis con los sistemas de información geográfica para determinar las amenazas por movimiento de masas que se pueden presentar en la localidad de Usme teniendo en cuenta la información recolectada.

Se determinaron las zonas altas de deslizamiento en masas en la localidad de Usme a través del sistema de información geográfica.

Dentro del análisis de amenazas se pudo determinar que gran parte de la localidad de Usme se encuentra en un estado de amenaza a movimientos en masa MEDIA-ALTA.

Se evidenció la importancia de la implementación de los Sistemas de Información Geográfica detectando las zonas altas de deslizamientos por movimientos en masas en la localidad de Usme, esto nos ayuda a contribuir a la toma de decisiones relacionadas con la prevención y mitigación de desastres, y de igual forma concientizar a las poblaciones vulnerable de la necesidad de movilizarse a un lugar más seguro para vivir y evitar mayores complicaciones en caso de un desastre ocasionado por un deslizamiento.

El ensayo elaborado constata el apoyo a los procesos de consulta de información georreferenciada. Se utilizó un conjunto de capas de información de distinta índole que mediante el uso del software ArcGIS permitió generar un mapa de amenaza por movimientos de masas de fácil comprensión con información relevante y concluyente.

El mapa resultado de análisis amenaza por movimientos de masas beneficia a la comunidad, evitando que la misma sea víctima de un evento de remoción en masa.

El ensayo valida que se deben seguir aplicando los Sistemas de Información Geográfica en la red informática buscando desarrollar proyectos en beneficio de la comunidad, esto, debido a la aceptación e integración que pueden tener los Sistemas de Información Geográfica en la ciudad de Bogotá D.C.

Finalmente, concluyo que el manejo y uso de los Sistemas de Información Geográfica en las instituciones públicas puede optimizar y mejorar en gran medida el proceso de planificación, gestión y control en otras localidades de la ciudad de Bogotá, haciendo de la información geográfica la principal herramienta para la toma de decisiones y prever acciones de mejora, con el objetivo de transformar la calidad de vida de la comunidad, evitando que la misma sea víctima de un evento de remoción en masa.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atlas Usme ambiental. Obtenido de:
http://www.usme.gov.co/sites/usme.gov.co/files/documentos/atlas_usme_ambiental_2017._vf.pdf
- Alcaldía Local. (s.f.). *bogota.gov.co*. Obtenido de bogota.gov.co: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/usme>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2019). *Plan Local de Gestión del Riesgo y Cambio Climático PLGR-CC*. Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá, Colombia.
- Alccamari, T. Y. (2017). *Zonificación urbana, definición, normas legales y usos*. Universidad Nacional de Educacion, Facultad de Tecnologia, Lima, Perú. Obtenido de
<https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/4662/Zonificaci%C3%B3n%20urbana%2C%20definici%C3%B3n%2C%20normas%20legales%20y%20usos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ALVARADO, B. E. (2014). *Uso de un Sistema de Informacion Geografica para el análisis de amenaza por inundaciones en la cuenca alta del río Bogotá-municipio de Cota-límites localidad de Suba*. Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería . Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1800/1/Uso-SIG-para-an%C3%A1lisis-amenaza-inundaciones-cuenca-alta-r%C3%ADo-Bogot%C3%A1.pdf>
- Buzai, G. D., & Baxendale, C. A. (2015). Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica Marco Conceptual basado en la Teoría de la Geografía. *revista ciencias espaciales*, 8(2). Obtenido de <https://www.camjol.info/index.php/CE/article/view/2089/1886>

DIAZ, V. J. (2013). *Uso de Sistemas de Informacion Geografica SIG para Análisis de Procesos de Remoción en Masa dentro de Zonas de Alta Vulnerabilidad, sector Ciudad Bolívar, Bogotá*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/902/2/USO%20DE%20SISTEMAS%20DE%20INFORMACION%20GEOGRAFICA%20SIG%20PARA%20AN%C3%81LISIS%20DE%20PROCESOS%20DE%20REMOCION%20EN%20MASA%20DENTR.pdf>

Estratigrafía, procedencia, subsidencia y exhumación de las unidades paleógenas en el Sinclinal de Usme, sur de la zona axial de la Cordillera Oriental. Obtenido de: https://revistas.unal.edu.co/index.php/geocol/article/view/21100/html_10

Flórez, D. D., & Fernández, G. D. (2017). Los Sistemas de Información Geográfica. Una Revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 9(1). Obtenido de <https://www.uniamazonia.edu.co/revistas/index.php/fagropec/article/view/708/html>

Gutiérrez, O. J., & Urrego, E. G. (2009). Los sistemas de información geográfica y los planes de ordenamiento territorial en Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 16. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:owQ0O9xvwSUJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4040138.pdf+&cd=16&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>

IDIGER. (2021). *idiger.gov.co*. Obtenido de *idiger.gov.co*: <https://www.idiger.gov.co/rmovmasa#3>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2018). *igac.gov.co*. Obtenido de *igac.gov.co*: <https://www.igac.gov.co/es/ide/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones/conocimiento-e-innovacion-geoespacial/info>

Jiménez, E. V. (2013). *gocmarineprogram.org*. Obtenido de *gocmarineprogram.org*:
<https://gocmarineprogram.org/blog/coastal-and-marine/importancia-de-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-en-la-conservacion/>

Llano, M. (2015). Análisis de precipitaciones máximas como factor detonante para la amenaza por movimientos en masa en el municipio de Santa Rosa de Cabal - Risaralda. Manizales: Universidad de Manizales.

López, T. L. (2015). *Diccionario de Geografía aplicada y profesional. Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*. Obtenido de https://www.uv.es/~javier/index_archivos/Diccionario_Geografia%20Aplicada.pdf

MinAmbiente. (2014). *Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Recuperado el 10 de Octubre de 2022, de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-26.-Protocolo-para-la-incorporacion-de-la-gestion-del-riesgo-en-los-POMCA.pdf>

MINENERGIA, M. d. (2016). *Guia Metodologica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*. Colombia: Servicio Geologico Colombiano.

MINMINAS. (2017). *Guia metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25000*. Bogotá D.C., Colombia: Servicio Geologico Colombiano.

Morea, R. M., & Huerta, R. J. (s.f.). *Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de <https://xdoc.mx/preview/sistemas-de-informacion-geografica-5f891d1f40aba>

Muñoz, C. R., Segura, P. P., & Benavidez, M. (2019). Current uses of GIS for civil engineering in Colombia. 19(2). Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/18328/17263>

OEA. (s.f.). Sistemas de información geográfica en el manejo de peligros naturales. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch10.htm#:~:text=A%20nivel%20local%2C%20los%20planificadores,actividades%20de%20prevenci%C3%B3n%20de%20desastres.>

Osorio, M. L. (2019). *Zonificación de la Susceptibilidad del Terreno a los Deslizamientos. Caso de Estudio: Nariño - Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Bogotá D.C, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69829/1030564924.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20zonificaci%C3%B3n%20es%20la%20delimitaci%C3%B3n,del%20terreno%20son%20propensas%20>

Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y manejo de Cuencas Hidrográficas. Obtenido de: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-26.-Protocolo-para-la-incorporacion-de-la-gestion-del-riesgo-en-los-POMCA.pdf>

¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?

<https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/>

Romero, S. J., Astudillo, C. J., & Medina, C. C. (2009). Ubicación e identificación de los principales deslizamientos en la vía Macará-Sabiango de la provincia de Loja.

Obtenido de

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/16361/1/Astudillo%20Correa%2c%20Junior%20Ernesto%2c%20Medina%20Calva%2c%20Carlos%20Eduardo.pdf>

RSN. (2019). *rsn.ucr.ac.cr*. Obtenido de *rsn.ucr.ac.cr*:

<https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/2330-que-son-los-deslizamientos>

Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá. (2019). *sdp.gov.co*. Obtenido de *sdp.gov.co*:

<https://www.sdp.gov.co/micrositios/pot-2019/que-es#:~:text=El%20Plan%20de%20Ordenamiento%20Territorial,planifiquen%20el%20ordenamiento%20del%20territorio>.

Seguí, A. E., Portalés, C., Cabrelles, M., & Lerma, J. L. (2012). Los Sistemas de Información Geográfica: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración.

LOGGIA. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/94278/3008-8413-1-SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SGC, S. G. (2013). Documento metodologico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa Escala 1:100000. Bogotá: Servicio Geologico Colombiano.

SNGR. (2017). Análisis de Amenaza ante Movimientos en masa. Bogotá: Secretaria Nacional de la Gestion del Riesgo.

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL. (s.f.). *snet.gob.sv*. Obtenido de *snet.gob.sv*:

<https://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-generalidades.htm>

Tenorio, P., González, Gómez, & Velasco. (Abril, 2017). Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Chiapas, Mexico: Boletín de Instituto Geográfico.

Tordoya, P. T. (2020). *Identificación de Rutas y Zonas óptimas de Evacuación frente a un evento de inundación, mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica en el sector de Chosica del Distrito de Lurigancho*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, Lima – Perú. Obtenido de <http://repositorio.sencico.gob.pe/bitstream/handle/sencico/35/TORDOYA%20PAZ%20THALIA%20-%20MONOGRAF%c3%8dA%20-%2004-12-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

UNDRR. (s.f.). Obtenido de <https://www.eird.org/americas/we/que-es-la-reduccion-del-riesgo-de-desastres.html>

UNGRD. (s.f.). *portal.gestiondelriesgo.gov.co*. Obtenido de portal.gestiondelriesgo.gov.co: <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Reduccion-Riesgo-Desastres.aspx#:~:text=Es%20un%20proceso%20que%20busca,los%20medios%20de%20subsistencia%2C%20los>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) Sobre las Coordenadas en Colombia.

Obtenido diciembre 08 de 2022. <https://origen.igac.gov.co/>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) Geo portal. Obtenido diciembre 08 de 2022. <https://geoportal.igac.gov.co/>

ANEXOS

Reporte de parámetros hidrológicos (precipitación mensual acumulada durante los años de información) en las estaciones Australia, Bocagrande, Cisaca, la Unión y Pasquilla.

La información referente a precipitación (mm) se obtuvo mediante el portal web del IDEAM (www.ideam.gov.co).

ESTACIÓN AUSTRALIA													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1998	3,3	28,8	55,3	56,9	223,4	156,3	198,5	120,3	74,1	118,6	79,5	63	1178
1999	43,9	90,3	69,3	129,2	93,8	149,3	118,4	146,5	132,7	214,4	87,6	27,4	1302,8
2000	32,8	71,7	74,6	99,8	277,1	125,2	124,9	144,3	133,6	136,4	64,5	59,5	1344,4
2001	1,1	57,8	68,6	40,6	159,8	156,1	126,7	77	130,2	47	104,4	39,1	1008,4
2002	23,5	6,1	47,1	98,6	189,3	235,4	133,9	137,2	81,3	143,6	66	33,7	1195,7
2003	0,9	8,2	66,4	150,5	117	135,1	128,9	83	90,5	98,4	111,8	40,9	1031,6
2004	7,8	51,8	58,3	97,9	180,1	214,6	206,1	99,6	108,5	173,2	89,9	24,5	1312,3
2005	18,3	40,1	37,1	132,6	210,7	109,9	125,2	88,2	72,1	98,3	80,2	25,7	1038,4
2006	52,8	14,8	107,9	165,9	189,4	167,7	101,4	100	70,7	139,5	146,2	24,4	1280,7
2007	1,3	26,6	31,9	137,6	131,3	218,6	98,3	142,4	54,5	164,1	52	91,6	1150,2
2008	24,7	34,1	61,9	146,6	208,4	172,1	179	89,2	86,1	96,6	141	46,5	1286,2
2009	89,8	29,6	96,7	102,4	85,3	145,2	198,8	106,8	85,8	82,6	53,6	12,1	1088,7
2010	0,5	48,3	56,6	197,8	200,3	187,6	207,1	69,5	75,1	102,9	127,4	65,1	1338,2
2011	52,8	78	174,4	198,5	147,6	84	104,7	73,4	120,1	146,4	184,5	69,9	1434,3
2012	31,9	39,5	132,7	138,3	162,5	109,1	205,5	123,5	86	108,8	64	70,5	1272,3
2013	6,2	66,3	62,2	95,7	185,2	89,2	181,3	169,8	66,8	87,9	82,8	45,7	1139,1
2014	15,6	15,1	23,3	99,5	111,5	263,3	166,5	161,9	69	109,4	153,6	89,6	1278,3
2015	25,7	31,3	36,5	88,4	98,1	162,5	150,7	94,7	71,8	54,6	69,6	6	889,9
2016	0	39,9	32,2	102,2	157,9	148,6	148,7	180,7	93,7	69,2	92,8	26,5	1092,4
2017	54,5	24,1	139,6	95,6	201,6	173,4	136,1	81,2	58,6	76	94,8	54,6	1190,1
2018	90,5	26,7	62,6	171,8	219,6	171,3	224,4	192	85,6	31,8	37,5	2	1315,8
2019	29,6	6,4	46,4	128,4	166,9	251,4	212,4	145,5	96,4	141,7	57,9	25,8	1308,8
2020	34,6	40,4	72	59,9	128,8	162,6	194,5	73,8	179,1	24,7	194,2	26,1	1190,7
2021	8,7	33,4	134,5	169,7	233,5	187,6	169,8	258	73,3	181,5	98,8	9,4	1558,2
													1217,73
	27,12	37,89	72,84	121,02	169,96	165,67	160,08	123,27	91,48	110,32	97,28	40,82	101,48

Anexo 1. Estacion Australia

ESTACIÓN BOCAGRANDE													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1998	8,3	40,9	54,1	71,8	294,2	218,4	243,5	113,9	66,9	96,8	109,5	75,4	1393,7
1999	64,9	119,1	61,4	194,3	166	187,1	69,7	111,4	154,9	197,4	122,7	43,5	1492,4
2000	36,3	79	98,9	121,1	310,9	145,1	148,5	217,3	155,9	108,6	44,3	93	1558,9
2001	0,7	70,9	102,4	84,4	210,1		148,2	142,3	152,9	52,3	109,4	75,8	1149,4
2002	8	15,4	98,6	118		345,2	161,1	222,6		146,7		36,5	1152,1
2003	1,4	12,9	79,2	179,1		161,3	164		131,4		140,8		870,1
2004	33,3	34,2		138,3				130,2			188,6		524,6
2005		61,3	47,3	234,4		147,2	132	104,6	82,9				809,7
2006		7,3	131,5	193,5	245	193,4	189,1	121,2	93,8	253,7	72,4	118,3	1619,2
2007	0	54,7	51,6	137,6	98	291,6	129,5	180,9	110,8	188,8	62,2		1305,7
2008	24,3	67,5	74,1	121,6	268,3	242,4	186,5		79,2	113,3	167,3	59,6	1404,1
2009	66,9	20,5	115,6	129,6	83,5	151,5	236	118,9	109,8	88	62,4	9,4	1192,1
2010	4,5	64,3	78,3	217,1	207,1	185,8					195,7	118,3	1071,1
2011	33,3	73											106,3
													1117,81429
	23,49	51,50	82,75	149,29	209,23	206,27	164,37	146,33	113,85	138,40	115,94	69,98	122,62

Anexo 2. Estacion Bocagrande

ESTACIÓN CISACA													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1998	3,4	25,1	87,8	53,9	169,9	189,1	165,9	117,7	42,7	112,6	73,2	59,4	1100,7
1999	52,6	3,5	38,7	141,7	103,7	119,6	83,6	85,1	97,2	190,8	169,9	69,3	1155,7
2000	61,8	100,4	79,2	78,8	176,6	89,5	73,2	61,8	51,5	84,8	50		907,6
2001	54	59,6	86,5	43	42,5		29,2			46,9	119,7	88,8	570,2
2002	16	4,8	78,3	76,4			32,2	40,7	34	110,1	50,5	29,1	472,1
2003	3,2	8,1	41,5	51,4	85,7	0	0	329,3	310,5	296	198,8	154,3	1478,8
2004	0	58,6	66,1	111,5	174	1,7	79,8	45	0	0	0	0	536,7
2005	0	0	0	0	112,6	21,9	64,8	9,7	16	15,2	15,2	1	256,4
2006	90,2	2,8	82,1	97,8	106,8	113,3	156,9	42,3	16,2	77,2	86	24,2	895,8
2007	0	32,7	95,4	128,2	88,3	223,7	57,9	128,2	58,5	147,8	77,3	127,2	1165,2
2008	47,8	55,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103,1
2009	0	38,7	56,5	96,1	52,5	113,1	147,8	87,7	66,7	106,1	40,6	28,5	834,3
2010	0	29,1	40,5	130,6	133,1	134,3	93,9	63,7	0	0	0	0	625,2
													777,06
	25,31	32,21	57,89	77,65	103,81	91,47	75,78	84,27	57,78	91,35	67,78	48,48	67,81

Anexo 3. Estacion Cisaca

ESTACIÓN ESCUELA LA UNIÓN													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1998	0,6	18,8	57,3	34,9	177,9	57,4	103	46,6	45,2	60,1	70,1	49,6	721,50
1999	57,9	65,9	42,7	147,3	58,6	70,2	44,3	87,6	100,5	153,9	75,4	11,5	915,80
2000	29,3	74,4	57,5	48,4	151,1	44,3	56,7	80,4	77,7	67,1	55,9	46,3	789,10
2001	0	26,5	64,3	39,1	92,6	73,3	57,7	20,1	73,7	49,8	39,5	43,8	580,40
2002	10,9	5,2	55,7	103,4	120,7	148,5	62,5	58	52,7	100,1	42,5	30,8	791,00
2003			76	103,4	7,3	41,4	71,2	14	31	143			487,30
2004				97,3	94,5	258,8	158,8	86,8	42	59,3	104,6	6,4	908,50
2005	5,5	27	16,8	108,3	193,2	85	64,6	32,5	22,5	123	94,2	11	783,60
2006	31	1,1	31,6	139,6	166,8	118	71,2	67,5	12,5	46,4	43,1	7,8	736,60
2007	5,9	30,1	29,8	143	30,5	104,2	50,9	62,1	19,7	136,6	40,7	43,9	697,40
2008	12,7	32,5	47,4	55,5	135,5	109	31,5	81	48	44,5	49	45	691,60
2009	34,5	8,5	69,5	51	18,5	80,5	100,5	52	41,2	54,1	33,8	1	545,10
2010	0,2	37,7	49,6	253,6	180,2	131,6	162,5	78,4	65,9	90,9	150,4	92,4	1293,40
2011	17,8	85,1	234,9	245,7	162,4	117,6	105	85,3	164,5	205	212,5	54	1689,80
2012	29,6	8,5	34	148,7	165,9	149,7	218,9	68	25,4	223,9	57,8	58,5	1188,90
2013	36,3	182,7	184,1	258,4	170,4	78,5	252,2	114,7	83,2	100,8	196,3	58,4	1716,00
2014	82	45,4	52,9	53,8	154,2	287,6	107,3	29,4	39,8	81,2	80,9	77,7	1092,20
2015	27,4	22,2	54,8	42,4						14,8	48,2	9,2	219,00
2016	8,5	15,7	12,4	23		45,5	48,7	30,3	40,7	41,1	64,6	23,7	354,20
2017	23	19,6	47,3	44,4	161,3	92,3	86,4	45	48,3	58,9	67,2	35,7	729,40
2018	22,9	31,3	79,5	92,8	137,9	135,4	103,4	62,5	67,3	31,6	33,5	10,7	808,80
2019	26,1	7,5	24,4	125,8	67,8	143,8	106,6	34,1	31,9			51,9	619,90
2020	10,4	19,7	14,8	15,2	55,3	70,8	23,9	24	29,8	44		14,2	322,10
2021	11,5			100,7			97,3		38	127,1	30,6		405,20
													795,28
	22,00	36,45	60,79	103,15	119,17	111,06	95,00	57,29	52,24	89,44	75,75	35,61	71,50

Anexo 4. Estacion escuela La Unión

ESTACIÓN PASQUILLA													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1998	10,90	10,00	46,40	36,10	166,80	100,30	123,80	70,80	34,30	61,60	41,60	72,50	775,10
1999	25,90	76,30	60,90	74,00	67,60	73,80	31,10	67,00	80,40	105,40	79,10	13,10	754,60
2000	27,90	40,30	85,00	78,70	135,20	75,00	72,60	74,50	82,50	58,80	48,20	40,40	819,10
2001	0,00	37,00	53,90	29,90	126,20	95,10	88,20	65,40	70,60	27,30	77,90	62,80	734,30
2002	10,40	9,10	29,80	96,60	157,20	142,80	94,00	100,10	76,20	106,70	49,00	31,80	903,70
2003	2,40	21,70	44,50	116,60	62,40	66,50	99,10	55,20	55,00	114,00	69,50	40,30	747,20
2004	3,00	28,80	29,30	90,00	123,90	124,00	91,10	89,40	97,80	133,30	70,80	14,20	895,60
2005	6,20	30,70	8,40	65,80	124,70	70,50	61,60	56,50	57,80	100,00	60,40	3,40	646,00
2006	29,70	16,20	77,50	129,50	141,40	151,80	43,40	32,00	23,50	95,80	72,80	6,70	820,30
2007	0,50	23,30	31,80	80,30	79,10	116,50	90,50	74,50	69,70	175,20	80,30	31,30	853,00
2008	22,50	12,50	27,30	81,20	201,60		106,00	97,90	61,80	96,50	93,90	61,10	862,30
2009	46,20	33,40	57,40	95,60	59,60	97,00	115,60	67,10	59,00	85,30	37,70	10,20	764,10
2010	1,50	46,50	31,60	213,10	177,10	115,30	130,90	45,00	57,30	102,70	118,40	76,70	1116,10
2011	22,60	91,60	118,90	191,00	138,30	49,30	80,80	47,60	56,30	153,60	198,50	115,20	1263,70
2012	13,60	26,80	114,00	175,70	88,10	53,80	97,00	58,40	71,00	96,30	21,70	27,00	843,40
2013	22,20	79,80	35,50	95,80	77,30	45,90	103,20	91,90	37,10	21,10	84,00		693,80
2014		24,70	18,00	67,90	36,10	189,90	105,20	62,70	35,40	65,80	77,00	42,80	725,50
2015	11,40	30,50	25,90	70,90	50,50	122,00	99,20	45,40	31,50	17,80	54,30		559,40
2016		38,20	30,70	56,50	101,50	63,50	91,30	68,00	86,90	57,00	104,60	28,40	726,60
2017	50,40	12,50	119,50	67,50	151,70	129,10	88,00	86,20	28,60	39,50	81,40	33,60	888,00
2018	44,10	20,70	40,60	95,40	161,80	93,90	93,20	110,70	34,10	22,00	40,50	1,70	758,70
2019	15,90	9,70	44,70	78,00	111,20	159,20	71,10	51,20	55,70	53,30	3,10		653,10
2020	39,80	51,40	36,00	27,20	48,50	117,90	82,00	26,90	60,80	21,70	222,60	30,10	764,90
2021	17,40	73,10	94,70	95,80	168,30	137,80	106,60	152,80	35,90	95,90	78,80	4,30	1061,40
	19,30	35,20	52,60	92,05	114,84	103,95	90,23	70,72	56,63	79,44	77,75	35,60	69,03

Anexo 5. Estacion Pasquilla