

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y APOYO TÉCNICO A LA ZONIFICACIÓN POR
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL CORPOBOYACA- UPTC N° 028-
2013 MUNICIPIO DE SOCOTA BOYACA**

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CORPORACION AUTONOMA
REGIONAL DE BOYACA-CORPOBOYACÁ- Y UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y
TECNOLOGICA DE COLOMBIA-UPTC-**

Modalidad de Grado:

Práctica Empresarial

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

INGENIERIA GEOLOGICA

SECCIONAL SOGAMOSO

2014

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y APOYO TÉCNICO A LA ZONIFICACIÓN POR
FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL CORPOBOYACA- UPTC N° 028-
2013 MUNICIPIO DE SOCOTA BOYACA**

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CORPORACION AUTONOMA
REGIONAL DE BOYACA-CORPOBOYACÁ- Y UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y
TECNOLOGICA DE COLOMBIA-UPTC-**

Por:

JORGE ANDRES CHINOME RINCON

200910813

BLANCA YENITH TORRES FORERO

200811003

Director:

JOSE JAIRO ESPITIA NIÑO

ING. CIVIL

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

INGENIERIA GEOLOGICA

SECCIONAL SOGAMOSO

2014



NOTA DE ACEPTACION

NEBARDO ARTURO ABRIL

JURADO

RAFAEL PÉREZ ESPITIA

JURADO

JOSE JAIRO ESPITIA NIÑO

DIRECTOR

SOGAMOSO, MAYO 2014

TABLA DE CONTENIDO

OBJETIVOS	12
Objetivo General	12
Objetivos Específicos	12
 RESUMEN.....	 13
 1. GENERALIDADES.....	 1
1.1 JERARQUIZACION DEL PROYECTO.....	1
1.2 LOCALIZACION.....	2
 2. METODOLOGIA.....	 3
2.1 DESARROLLO METODOLOGICO.....	4
2.1.1 PERIODO 1.....	4
2.1.2 PERIODO 2.....	6
2.1.3 PERIODO 3.....	7
2.1.3 PERIODO 4.....	7
 3. GEOLOGIA.....	 8
3.1 ESTRATIGRAFIA	9
3.1.1 Formación Ermitaño (kse):.....	10
3.1.2 Formación Guaduas (ktg).....	17
3.1.3 Formación Socha inferior (Tpsi):.....	20
3.1.4 Deposito Coluvial (Qc).....	23
3.1.5 Mapa Geológico	25
3.1.6 Perfiles Geológicos.....	27
3.1.7 Columna Estratigráfica.....	27
3.2 FALLAS.....	29
3.2.1 Falla Comeza	29
3.2.2 Fallas inferidas:.....	29
3.3 PLIEGUES.....	30

3.3.1	Anticlinal inferido.....	31
3.3.2	Sinclinal el Rucu	31
3.3.3	Anticlinal de Socotá.....	31
3.4	GEOMORFOLOGIA.....	31
3.4.1	Morfogénesis	32
3.4.2	Morfodinamica.....	32
3.4.3	Morfoestructura.....	37
3.4.4	Morfología.....	37
4.	EVIDENCIAS DE INESTABILIDAD	41
4.1	Inventario de movimientos en masa	41
5.	HIDROLOGIA.....	46
5.1	Inventario de Puntos de Agua:.....	47
6.	APOYO TÉCNICO A LA ZONIFICACIÓN POR (F R M) POR MEDIO DEL SIG	51
6.2	RECONOCIMIENTO EN CAMPO Y TOMA DE DATOS	52
6.3	MAPAS Y RESULTADOS.....	54
6.3.1	Parámetro Material.....	54
6.3.2	Parámetro de Relieve.....	56
6.3.3	Parámetro de Erosión	58
6.3.4	Parámetro de Clima	60
6.3.5	Parámetro de vegetación.....	61
6.3.6	Parámetro de Sismicidad	63
6.3.7	Parámetro de Inestabilidad.....	64
6.3.8	Resultado final de la zonificación.....	67
7.	APOYO TECNICO A LA EXPLORACION DIRECTA E INDIRECTA	68
7.1	SONDEOS MANUALES:	68
7.2	EXPLORACION INDIRECTA.....	69

7.2.1 Metodología.....	70
7.2.2 Resultados de las líneas de tomografías:.....	72
8. ZONA DE EXPANSIÓN.....	74
8.1 Geología zona de expansión	75
8.2 Geomorfología de la Zona de Expansión	76
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79

LISTA DE FIGURAS

FIGURA. 1 Jerarquización del proyecto.....	1
FIGURA. 3 Metodología y descripción cronológica.....	3
FIGURA. 4 Metodología Estudio Geológico.....	8
FIGURA. 5 Visitas a Campo Estudio Geológico y respectiva base topográfica.....	9
FIGURA. 6 Panorámica municipio de Socotá contacto entre la Formación Ermitaño (kse) y Depósito Coluvial (Qc).....	10
FIGURA. 7 Afloramiento Formación Ermitaño (Kse) sector alto las cruces.	11
FIGURA. 8 Afloramiento Formación Ermitaño (Kse)	11
FIGURA. 9 Nivel Roca fosfórica	12
FIGURA. 10 Lidita asociada a roca Fosfórica	13
FIGURA. 11 Roca Fosfórica.....	13
FIGURA. 12 Nivel Calcáreo	13
FIGURA. 13 caliza Lumaquéticas	14
FIGURA. 14 Nivel Lutitas Fisibles.....	15
FIGURA. 15 Lutitas Fisibles.....	15
FIGURA. 16 Nivel Lutitas Fisibles.....	16
FIGURA. 17 Nivel I de la formación Kse.....	16
FIGURA. 18 Sucesión de capas de limolitas calcáreas con Lutitas Fisibles	17
FIGURA. 19 Afloramiento formación Guaduas	18
FIGURA. 20 Afloramiento nivel I Guaduas (Ktg).....	19
FIGURA. 21 Afloramiento Nivel II Formación Guaduas.....	19
FIGURA. 22 Nivel de carbón, Formación Guaduas.....	20
FIGURA. 23 Areniscas Cuarzosas de la Formación Socha Inferior	21
FIGURA. 24 Contacto Formación Guaduas con Formación Socha Inferior.....	21
FIGURA. 25 Niveles de la Formación Socha Inferior (Tpsi)	22
FIGURA. 26 Nivel I Formación Socha Inferior.....	22
FIGURA. 27 Nivel II arcillolitas Grises con Niveles de arenisca	23
FIGURA. 28 Unidades estratigráficas Tep. Formación Picacho, Tps. Formación Socha Superior. Tpsi. Formación Socha Inferior	23
FIGURA. 29 Se muestra el tamaño de los bloques que hacen parte del depósito Coluvial y su irregularidad y angulosidad.	24
FIGURA. 30 Deposito Coluvial	24
FIGURA. 31 Contacto Discordante Inferido Fm Ermitaño Depósito Coluvial.....	25
FIGURA. 32 Contacto Formación Ermitaño con el deposito Coluvial.	25
FIGURA. 34 Mapa geológico del área del estudio.....	26
FIGURA. 33 Columna Estratigráfica desde el sector alto el ruco hasta el cerro alto de las cruces...28	28

FIGURA. 35 Estrías de falla sobre las areniscas de la formación Ermitaño (Kse).....	29
FIGURA. 36 Estructuras de plegamiento, área de estudio. Sinclinal de Rucu (B), Anticlinal Inferido (A).....	30
FIGURA. 37 Estratificación en contra de la Pendiente Cerro la Cruz.	30
FIGURA. 38 Propuesta Jerarquización Geomorfológica Servicio Geológico.	32
FIGURA. 39 Erosión laminar	33
FIGURA. 40 Erosión Diferencial Cerro la Cruz	33
FIGURA. 41 . Extracción Material. Parte Este del municipio de Socotá	34
FIGURA. 42 Actividad Minera.....	35
FIGURA. 43 Sembradío ladera del municipio.....	35
FIGURA. 44 Actividad Agrícola.	36
FIGURA. 45 Mapa geomorfológico de la zona	38
FIGURA. 46 Ladera Estructural Sobre la Formación Socha Inferior	38
FIGURA. 47 Ladera Coluvial.....	39
FIGURA. 48 Ladera Denudacional.	40
FIGURA. 49 Nivel areniscas Formación Ermitaño ladera de Erosión Moderada	41
FIGURA. 50 Afectación a muro de gaviones.	42
FIGURA. 51 Afectación en la vía.....	42
FIGURA. 52 Afectaciones a la vía.	42
FIGURA. 53 Movimiento de reptación.	42
FIGURA. 54 Flujo de material	43
FIGURA. 55 Movimiento de Reptación	43
FIGURA. 56 Movimiento de reptación.....	43
FIGURA. 57 movimiento de reptacion	43
FIGURA. 58 Movimiento complejo.....	44
FIGURA. 59 Erosión	44
FIGURA. 60 Caída de Roca.....	45
FIGURA. 61 Movimiento en masa sector la Loma.....	45
FIGURA. 62 Imagen de sector San Pedro, Zona de recarga.	47
FIGURA. 63 Nacimiento natural. Cerca Quebrada el Salitre.	48
FIGURA. 64 Pozo, Al Sur del casco urbano de Socotá	48
FIGURA. 65 Nacimiento natural. Parte sur del casco Urbano.....	48
FIGURA. 66 Nacimiento natural. Sector urbano	48
FIGURA. 67 Nacimiento natural. Sector Urbano.....	49
FIGURA. 68 Nacimiento natural. Sector Urbano.....	49
FIGURA. 69 Ubicación puntos de agua.....	50
FIGURA. 70 Mapa parámetro de Material	54
FIGURA. 71 Fracturamiento Intenso Formación Ermitaño	55

FIGURA. 72 Fracturamiento Formación Guaduas (Ktg)	55
FIGURA. 73 Fracturamiento Moderado Socha Inferior (Tpsi).....	55
FIGURA. 74 Suelo Granular Origen Sedimentario	55
FIGURA. 75 Mapa parámetro de Relieve	56
FIGURA. 76 Ladera Media de Transporte	57
FIGURA. 77 Ladera recta	57
FIGURA. 78 Ladera Coluvial.....	57
FIGURA. 79 Mapa parámetro de erosión.....	58
FIGURA. 80 Erosión Laminar	59
FIGURA. 81 socavación en el municipio.....	59
FIGURA. 82 Erosión Diferencial.....	59
FIGURA. 83 Mapa del parametro del clima	60
FIGURA. 84 Mapa parametro de vegetacion	61
FIGURA. 85 Panorámica, Cobertura Vegetal.....	63
FIGURA. 86 Mapa parámetro de sismicidad	64
FIGURA. 87 Mapa parámetro de Evidencias de Inestabilidad	65
FIGURA. 88. Caída de Bloque	66
FIGURA. 89 Reptación	66
FIGURA. 90 Movimiento Rotacional	66
FIGURA. 91 Mapa final zonificación por FRM	67
FIGURA. 92 localización de los sondeos manuales	69
FIGURA. 93 Localización de las líneas de Tomografía	69
FIGURA. 94 Equipo Utilizado Terrameter ABEM.....	72
FIGURA. 95 Registro fotográfico Línea 1, Área cercana a la Estación de Servicio BRIO.	72
FIGURA. 96 Municipio de Socotá	74
FIGURA. 97 Zona de expansión	75
FIGURA. 98 Bloques rodados en la zona de expansión movimientos antiguos.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Información del Proyecto.....	5
Tabla 2 Morfoestructura en la zona de estudio	37
Tabla 3 Resumen de las quebradas presentes en el área de estudio.....	46
Tabla 4 Resumen de los puntos de agua registrados en campo.	50
Tabla 5 parámetros a evaluar en el método.....	51
Tabla 6 Recursos:	52
Tabla 7 Formato de visitas a Campo.....	53
Tabla 8 Localización de los Sondeos Manuales	68

ANEXOS

- ANEXO A MAPA GEOLOGICO
- ANEXO B PERFILES GEOLOGICOS
- ANEXO C COLUMNA ESTRATIGRAFICA
- ANEXO D MAPA GEOMORFOLOGICO
- ANEXO E CARTERA DE CAMPO
- ANEXO F RESULTADO ANALISIS DE TOMOGRAFIAS
- ANEXO G REGISTRO DE ACTIVIDADES
- ANEXO H CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar el estudio geológico y apoyo técnico en las actividades requeridas para la elaboración de Zonificación por Fenómenos de Remoción en masa.

Objetivos Específicos

- Recopilación de la información.
- Levantamiento de campo.
- Estudio Geológico.
- Realizar un inventario de las zonas inestables.
- Suministrar datos de campo para la generación de mapas para la zonificación por amenazas naturales.
- Levantamiento puntos de agua en el casco urbano.
- Prestar acompañamiento en el trabajo de campo como auxiliares de apoyo para el desarrollo de la exploración directa e indirecta, de la zonificación geotécnica.
- Evaluación y diagnóstico geológico de la posible zona de expansión.

RESUMEN

La **UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA de COLOMBIA** a través del **CONVENIO INTERADMINISTRATIVO** con la **CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA-CORPOBOYACÁ**, se propuso adelantar labores evaluativas en el casco urbano del municipio de Socotá debido a la vulnerabilidad a la que fue expuesta la población causada principalmente por las altas precipitaciones presentadas en el año 2010, cuyo principal objetivo fue realizar el estudio geotécnico, la zonificación de amenazas de origen natural y los escenarios de riesgo en el casco urbano del municipio de Socotá –Boyacá.

Dentro del marco referencial del convenio se establecieron unas áreas organizacionales de trabajo que compete estudio Geológico, Geotécnico, Estructural Y Zonificación por fenómenos de Remoción en Masa donde se evaluaron características cualitativas y cuantitativas por medio de exploración directa e indirecta.

En asistencia técnica y dando cumplimiento a las actividades establecidas en la práctica empresarial, se apoyó cognoscitivamente con el desarrollo de actividades propias de ingeniería geológica, como el levantamiento geológico y geomorfológico de la zona de estudio, apoyo técnico para la elaboración de la zonificación por fenómenos de remoción en masa utilizando el Método Heurístico de Ramírez y González 1989 , participando directamente de las actividades relacionadas en el ámbito geotécnico y suministrando datos a partir de las visitas a campo.

ABSTRACT

The Pedagogical and Technological of COLOMBIA University through administrative agreement with the CORPORATION REGIONAL BOYACA-CORPOBOYACÁ was proposed advance evaluative work in the urban municipality of Socotá due to the vulnerability that was exposed population mainly caused by high rainfall presented in 2010, whose main objective was to conduct the geotechnical study, the zoning of natural hazards and risk scenarios in the urban municipality of Socotá-Boyaca.

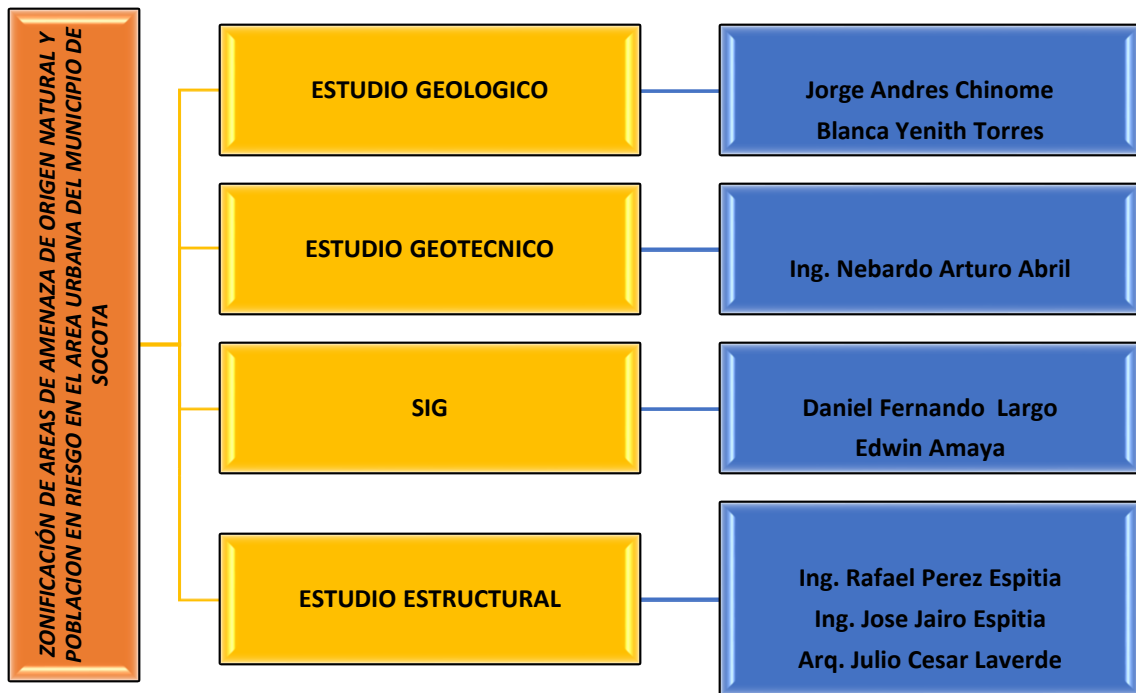
Within the framework of the agreement a reference organizational workspaces that study falls Geological, Geotechnical, Structural and Zoning by Mass Removal phenomena where qualitative and quantitative characteristics assessed by direct and indirect exploration settled.

Technical assistance and complying with the activities established business practice, is cognitively supported the development of own activities geological engineering, such as geological and geomorphological survey of the study area, technical support for the development of zoning phenomena landslides using the Heuristic method Ramirez and Gonzalez 1989, participating directly related activities in the field and providing geotechnical data from field visits.

1. GENERALIDADES

1.1 JERARQUIZACIÓN DEL PROYECTO

FIGURA. 1 Jerarquización del proyecto



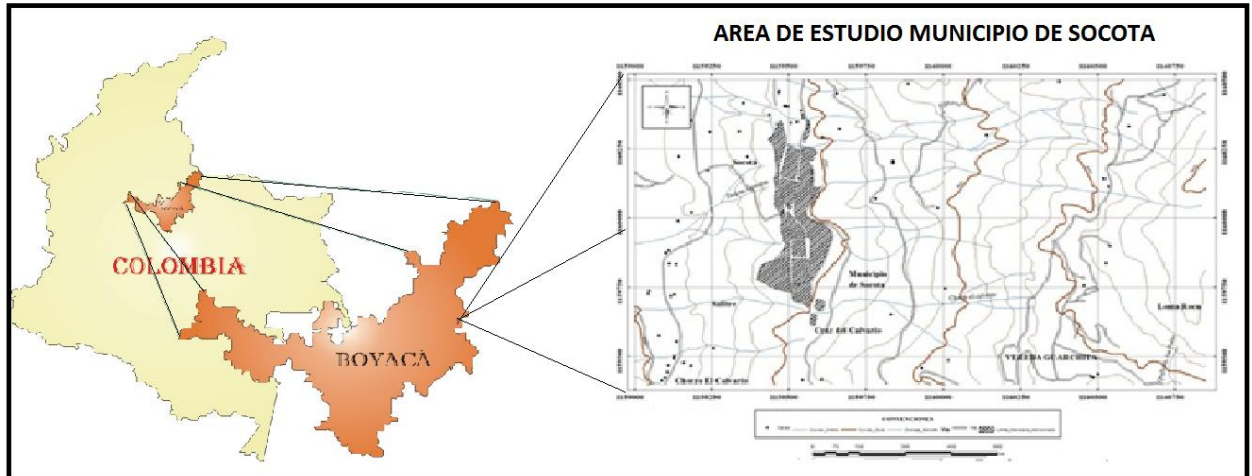
Fuente: Autores

1.2 LOCALIZACION

El área de estudio se localiza en la parte oriental del departamento de Boyacá, sobre la Cordillera Oriental de los Andes, comprende el casco urbano y su expansión; incluida dentro de las planchas 152- IV- C-4 y 172 II-A-2 a escala 1:10.000 del IGAC. Comprendida entre las siguientes coordenadas aproximadas.

1.159.000 E 1.160.850 E
1.159.400 N 1.160.500 N

FIGURA. 2. Localización del área de Estudio

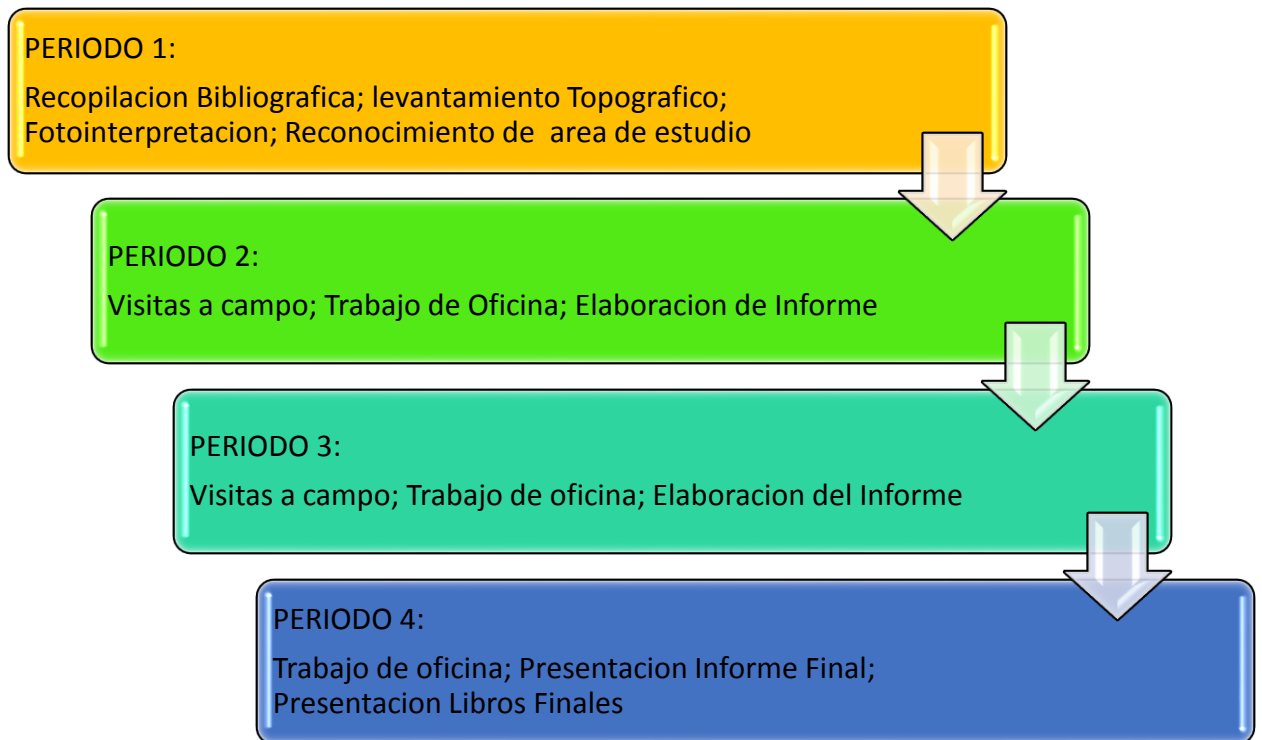


Fuente: Proyecto.

2. METODOLOGIA

A continuación se describen las actividades ejecutadas en el desarrollo del proyecto, las cuales están contempladas en la propuesta de la práctica empresarial.

FIGURA. 2 Metodología y descripción cronológica



Fuente: Autores

2.1 DESARROLLO METODOLOGICO.

Se realizaron las siguientes actividades definidas en diferentes periodos con el fin de dar cumplimiento a las actividades propuestas en el **CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N ° 028 -2013** celebrado por **CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA-CORPOBOYACÁ- Y UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA-UPTC.**

2.1.1 PERIODO 1.

Recopilación de información Primaria: Se realizó una recopilación de información del área de estudio, la cual se clasifico en información de fuentes primarias y secundarias.

Trabajos preliminares

No se han reportado considerables estudios en el municipio en cuanto a la problemática, dentro de los encontrados se tienen:

- Mario Fernando Carreño Rodríguez, Juan Guillermo Delgado Noguera. Carbones de Colombia S.A. CARBOCOL. “Evaluación geológica de los carbones en el área comprendida entre Socha y Socotá”. Sogamoso, Julio de 1991.
- Héctor Eduardo Alda Trujillo, Edgar Gil Estévez. “Evaluación de riesgo geológico en el municipio de Socota”.1995.

Recopilación de información secundaria: Se llevó a cabo la adquisición de datos de la estación meteorológica cercana al municipio de Socotá suministradas por el IDEAM, compra de bases topográficas a escala 1: 10.000 la 152-IV-C-4 y la 172-II-A-2 y dos fotografías aéreas C-2558-52 y C-2558-53 del IGAC. Alternamente se realizó el levantamiento topográfico a escala 1: 1.250 contrato del convenio realizado en el casco urbano y áreas aledañas.

En esta fase se recopila la información secundaria el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Información del Proyecto

TIPO DE INFORMACIÓN	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN
Información Geológica	Servicio Geológico Colombiano	Se adquirieron dos planchas geológicas, la 152-Soata - Málaga y la plancha 172 - Paz de Rio, a escala 1:100.000.
Información Hidrológica	Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM	Información de las estaciones meteorológicas del municipio de Socotá alrededores
Información Cartográfica	Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC	Se adquirió dos planchas topográficas a escala 1:10.000 la 152-IV-C-4 y la 172-II-A-2, donde se encuentra el área de estudio. Se compraron dos fotografías aéreas en esta entidad, con líneas de vuelo C-2558-52 C-2558-53.
Información EOT	CORPOBOYACÁ	La corporación suministro toda la información del EOT, junto con los mapas generados, a escala 1:50.000 y el de la zona urbana a escala 1:1.500.

Fuente: Proyecto

Bases topográficas: se trabajó en la digitalización de las bases topográficas a escala 1:10.000 que posteriormente se interpolaron para trabajar a una base 1:2.500 en la generación de los mapas geológicos y los de la zonificación por fenómenos de remoción en masa.

Fotointerpretación: se realizó fotointerpretación con el fin de obtener información acerca de la existencia de Estructuras Geológicas, Lineamientos, Fallas, Geoformas, Cuencas, Cambios Litológicos, Carreteables, Caminos, etc. Existentes en el área de estudio.

Reconocimiento del área de estudio: Se realizó la visita a campo para el reconocimiento y delimitación de la zona de estudio donde se evaluaron las posibles problemáticas y factores a tener en cuenta en el desarrollo del proyecto.

2.1.2 PERIODO 2.

Visitas a campo:

Estudio Geológico: El cual consistió en la identificación de las unidades litológicas, toma de datos estructurales, muestreo, definición de contactos e identificación de fallas, lineamientos y estructuras presentes en el área. Para tener certeza de las unidades presentes en la zona se llevó a cabo un análisis macroscópico de las muestras tomadas en campo. Toda la información recopilada en campo fue analizada y trabajada en oficina.

Estudio Geomorfológico: a partir de la fotointerpretación realizada en oficina y con la corroboración de datos en campo se realizó el estudio geomorfológico con el método del INGEOMINAS donde se delimitaron geoformas y se identificó la geodinámica existente en la zona.

Elaboración de informes: para la generación de informes o avances del desarrollo de actividades se estructuró la información geológica existente soportada a partir de datos tomados en campo, donde se identificaron las formaciones presentes, estructuras geológicas, geoformas, etc. A su vez se generaron mapas preliminares tanto geológico como geomorfológico.

2.1.3 PERIODO 3.

Visitas a campo:

En asistencia técnica al proyecto se llevó a cabo la participación directa en la toma de datos para la generación de la zonificación por fenómenos de remoción en masa por el método HEURÍSTICO, donde se evalúan los diferentes factores. Inventario de puntos de agua en el casco urbano, inventario de zonas de inestabilidad, ayuda técnica en la exploración indirecta (tomografías) y directa (sondeos manuales).

Trabajo de oficina: se trabajó en el apoyo técnico en la zonificación de amenazas brindando información recopilada a partir de la fotointerpretación y visitas a campo; finalmente se trabajó en la presentación del informe de avances y generación de los mapas finales.

2.1.3 PERIODO 4.

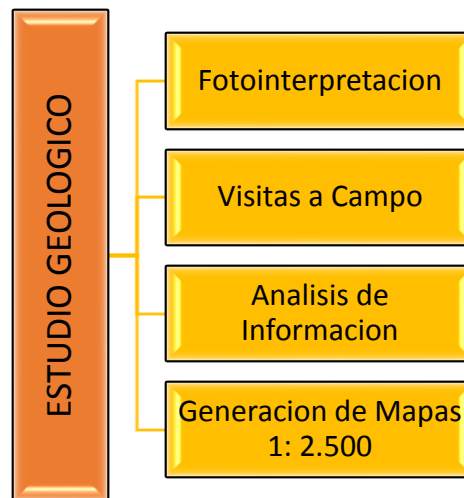
Visitas a campo: se realizó visitas a campo con el fin de corroborar el levantamiento geológico y geomorfológico y datos suministrados para la elaboración del SIG. En este marco referencial se evaluó a partir del criterio geológico una posible zona de expansión para el municipio de Socotá, la cual se visitó, análisis y proyecto como posible zona de expansión del casco urbano del municipio.

Informes final: a partir de la información suministrada en campo se generó el informe de evaluación geológica donde se contempla apartes de la visita de campo, detalles de los aspectos geológicos y geomorfológicos, mapas, etc. A su vez se trabajó la elaboración de la propuesta al comité curricular.

3. GEOLOGIA

Dentro del estudio geológico se desarrolló una metodología con el fin de facilitar el análisis del área de estudio en el cual se establecieron parámetros dentro del desarrollo de la labor consistiendo en reconocimiento y visitas a campo, fotointerpretación de fotografías aéreas e imágenes existentes del área.

FIGURA. 3 Metodología Estudio Geológico

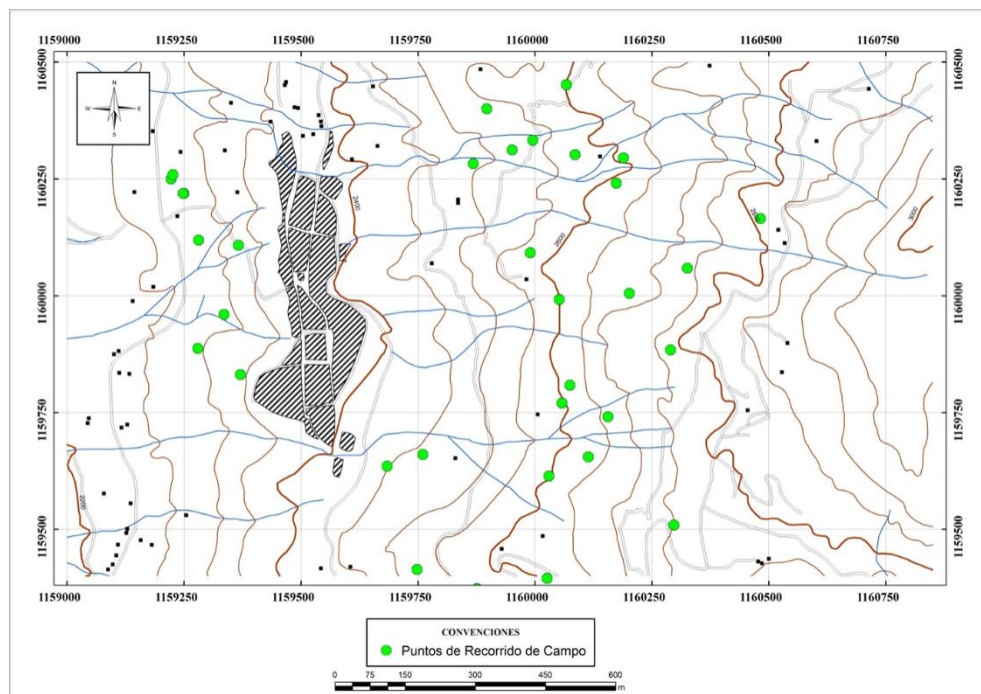


Fuente: Autores

Para realizar los diferentes mapas como el Geológico, Geomorfológico y Temáticos se utilizó la topografía a base 1: 10.000 de las planchas 152-IV-C-4 y 172-II-A-2 (IGAC) las cuales fueron digitalizadas en el programa AutoCAD definiendo las curvas de nivel con sus respectivas alturas, drenajes, drenajes dobles, vías, casas y municipios. Esta base se interpolo a escala 1:2.500 y exporto al SIG ArcGis y se realizó el montaje respectivo.

A nivel regional el municipio de Socotá se encuentra localizado en la Cordillera Oriental la cual se formó a partir de diversos procesos como esfuerzos compresionales y tensionales de los cuales se deriva el actual paisaje, se encuentran depósitos sedimentarios de las Formaciones Ermitaño, Guaduas, Socha Inferior, Socha Superior, Picacho y Depósitos recientes. El área de estudio comprende una zona de pendientes de tipo escarpe y de ladera media de transporte los cuales han sido apoyados por fallas existentes.

.FIGURA. 4 Visitas a Campo Estudio Geológico y respectiva base topográfica

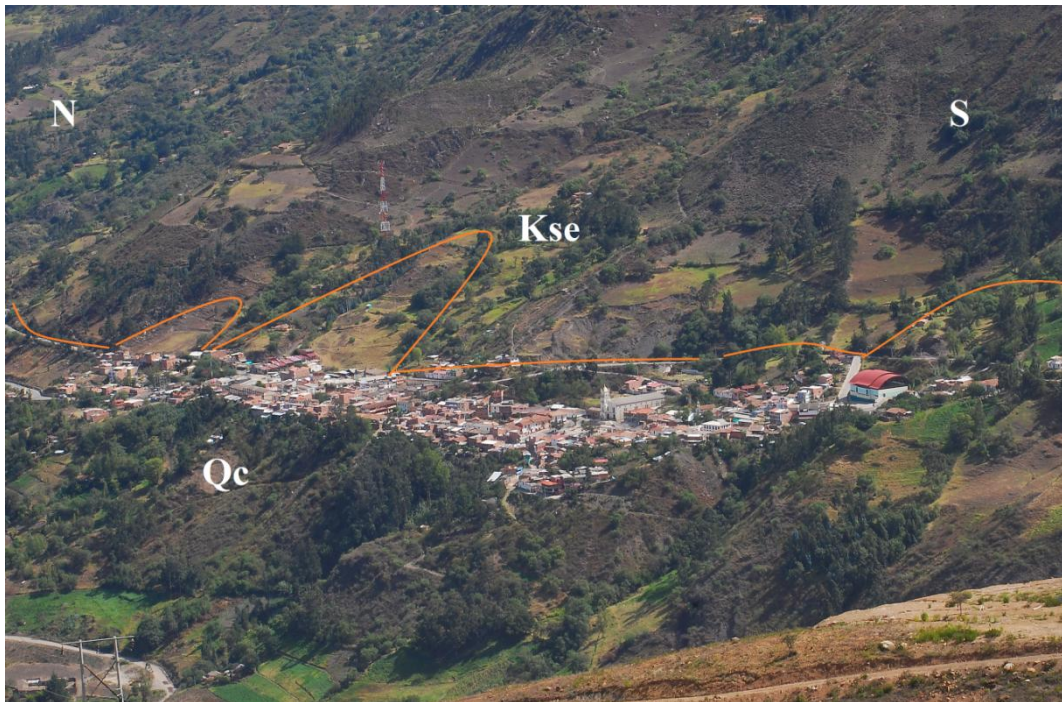


Fuente: Proyecto

3.1 ESTRATIGRAFIA

Las unidades litológicas forman parte de una secuencia sedimentaria de edad Cretácea Superior a Terciaria inferior, los Depósitos Recientes o Coluviales son el conjunto de bloques inconsolidados los cuales son propensos a sufrir problemas por movimientos en masa actualmente. Se mantuvo la nomenclatura establecida por Reyes, I. (1984).

FIGURA. 5 Panorámica municipio de Socotá contacto entre la Formación Ermitaño (kse) y Depósito Coluvial (Qc).



Fuente: Proyecto

Formaciones geológicas presentes en la zona de estudio:

- Formación Ermitaño (Kse)
- Formación Guaduas (Ktg)
- Formación Socha Inferior (Tpsi)
- Depósito Coluvial (Qc)

3.1.1 Formación Ermitaño (kse):

Se encuentra aflorante al Este del casco Urbano del municipio de Socotá y en las veredas, los Pinos, los Mortiños y en Mausa.

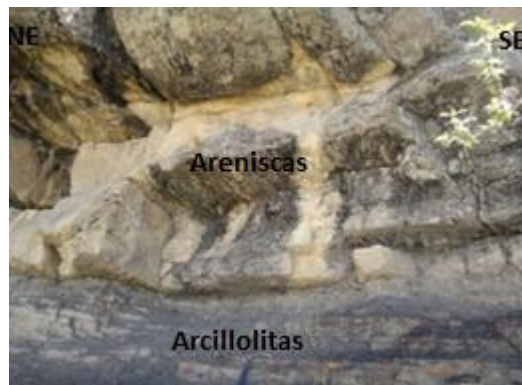
Está constituida por dos conjuntos, el inferior constituido por arcillolitas fisibles grisáceas con erosión laminar con delgadas intercalaciones de limolitas grises y algunos bancos de arenisca. El conjunto superior está conformado por areniscas de color blanco grisáceo de grano fino a grueso, bien cementadas, cuarzosas, con algunos paquetes de liditas, Shales arcillosos y calizas Lumaquélicas las cuales presentan alta exposición a los procesos erosivos.

El espesor aflorante de esta formación medido desde el sector de Rucu es de aproximadamente 183 m. la suprayace la Formación Guaduas en sucesión concordante, hacia el sector del municipio se encuentra en contacto discordante con el depósito Coluvial.

Correlación y edad: Es correlacionable con la formación Arenisca tierna de la Sabana de Bogotá de Edad Maestrichtiano según Van der Hammen, (1955) y Vargas (1981). También es correlacionable con el Mito Juan, facies arenosas en la parte superior del Colon, Richards (1968), de la cuenca de Maracaibo.

En el sector Alto las Cruces, se identificó el afloramiento de la Formación Ermitaño (Kse), en el cual se observan niveles de arenisca cuarzosa de grano fino a medio, de color pardo a grisácea, con buena selección y compactas. A su vez se identificaron niveles de arcillolitas de color pardo, con limolitas. En la zona se evidencia el contacto de la Formación Ermitaño (Kse), con la Formación Guaduas (Ktg) donde se observa una geodinámica fuerte presentándose una erosión diferencial asociada al contacto entre estas unidades litológicas.

FIGURA. 6. Afloramiento Formación Ermitaño (Kse) sector alto las cruces.



Fuente: Proyecto

Al margen derecho de la vía que comunica al municipio de Socotá con el sector alto Rucu, en las coordenadas N 1.160.219; E 1.159.249, a una altura de 2652 m.s.n.m. se encuentra expuesta la Formación Ermitaño (Kse), en el sector se evidencia la alternancia litológica que caracteriza la unidad, donde se observan paquetes de rocas con contacto definido, con una sucesión de capas estratificadas y con cambios laterales.

FIGURA. 7 Afloramiento Formación Ermitaño (Kse)



Fuente: Proyecto

Nivel I: se evidencia un nivel de roca Fosfórica y liditas asociadas, las cuales presentan una estratificación plana paralela discontinua, con un espesor cercano a los 20 m, este nivel se encuentra altamente afectado por los procesos erosivos la unidad litológica presenta un Rumbo N 50 W; Buzamiento 8 SW.

FIGURA. 8 Nivel Roca fosfórica



Fuente: Proyecto



FIGURA. 9 Lidita asociada a roca Fosfórica

COORDENADAS: N 1.160.119 ; E 1.159.281

Lidita Asociada a Roca Fosfórica

Color fresco: Negro grisáceo N2

Color meteorizado: Amarillo grisáceo 5Y 7/2.

Grado de meteorización: bajo.

Resistencia: Alta. Su coloración oscura se debe al contenido de sílice, presenta intercalación de actividad de microorganismos asociada a foraminíferos. Intercalación de sílice con foraminíferos y presenta impregnaciones de calcita.

COORDENADAS: N 1.160.200; E 1.159.220

Roca Fosfórica

Color fresco: Gris Medio Oscuro N4.

Color meteorizado: naranja amarillento oscuro 10YR 6/6.

Grado de meteorización: bajo.

Resistencia: Alta. Presenta una matriz compuesta por flouroapatito con un contenido de cuarzo cercano al 10%, su armazón está compuesto por colofana en alto porcentaje y restos de huesos de pescado.



FIGURA. 10 Roca Fosfórica

Nivel II: posterior a la sucesión de roca fosfórica y concordante se encuentra una sucesión de rocas calcáreas, denominadas calizas Lumaquelic, las cuales se caracteriza por su riqueza fosilífera, presenta una estratificación plano paralela discontinua, con un espesor cercano a 15 m, en el sector se evidencian los esfuerzos tectónicos en los cambios de rumbo de N 75 W y buzamientos 51 SW, estos datos difieren en relación a los que presenta el fosfórico. La unidad calcárea se caracteriza por presentar alteración y debilitamiento debido a los procesos erosivos.

FIGURA. 11 Nivel Calcáreo



Fuente: Proyecto

COORDENADAS: N 1.160.219; E 1.159.249

Caliza Lumaquélicas

Color fresco: Gris medio oscuro

Color meteorizado: Blanco amarillento.

Grado de meteorización: Media

Resistencia: Baja. La muestra presenta oxido de calcio producto de la alteración de la caliza, presenta una matriz de micritica con un armazón con presencia de bivalvos.



FIGURA. 12 caliza Lumaquélicas

Nivel III: nivel de lutitas fisibles, donde se encuentran intercalaciones cercanas a 1mm de espesor de arenisca de grano muy fino, esta unidad se caracteriza por su susceptibilidad a los procesos erosivos. Presenta una estratificación discontinua, evidenciada en los cambios de estratificación producto de la neotectónica que ayudo a la consolidación del actual paisaje, presenta un espesor cercano a los 60 m.

FIGURA. 13 Nivel Lutitas Fisibles



Fuente: Proyecto

COORDENADAS: N 1.160.300; E 1.159. 120

Lutita Fisible

Color fresco: Gris medio oscuro N4

Color meteorizado: Naranja grisáceo 10YR 7/4.

Grado de meteorización: Alto.

Resistencia: Baja a la presión manual. Lutitas fisible la cual presenta intercalaciones de grano muy fino con diámetro menor a 1mm, está compuesta por sericita, moscovita mezclado con arcillolitas evidencia actividad foraminífera



FIGURA. 14 Lutitas Fisibles

Al Este del municipio, en las coordenadas N 1.159.666: E 1.159.950 se observa el afloramiento de la Formación Ermitaño debido a la presencia de rocas caracterizadas por tener alto contenido de material con composición calcáreas en contraste se encontraron limolitas de color grisáceo con intercalaciones calcáreas, con una estratificación plana

Paralela discontinuos, intercaladas con Lutitas fisibles. En cuanto a la disposición de las capas se observan cambios de orientación de las mismas en relación con el sector suroriental del municipio allí las capas se disponen en contra de la pendiente y en el sector la estratificación es a favor de la pendiente lo que facilita la actividad de fenómenos de remoción en masa. (Figura 16).

FIGURA. 15 Nivel Lutitas Fisibles



Fuente: Proyecto

Nivel I: Lutitas Fisibles con intercalaciones de arenisca menores a 1mm de diámetro, donde se evidencia un ambiente tranquilo de depositación, este nivel presenta un espesor cercano a 9 m este afloramiento se caracteriza por presentar un alto grado de erosión producto de los procesos antrópicos debido a que en el sector se ha extraído material lo que ha favorecido la generación de fenómenos de remoción en masa. (Figura 17).

FIGURA. 16 Nivel I de la formación Kse



Fuente: Proyecto

Nivel II: Juego de capas de limolitas calcáreas con intercalaciones de Lutitas fisibles, sus espesores varían entre 10 – 30 Cm, presentan una estratificación plano paralela discontinua, se observa sucesión de capas de limitadas por niveles de arenisca calcárea en la zona se presenta una orientación de las capas de Rumbo N 50 E; Buzamiento 33 NW.

FIGURA. 17 Sucesión de capas de limolitas calcáreas con Lutitas Fisibles



Fuente: Proyecto

Al sur del casco urbano del municipio de Socotá, en las coordenadas N 1.159.635; E 1.159.684, se encuentra la exposición de la Formación Ermitaño donde se evidencian capas de limolitas color grisáceo, con niveles calcáreos compactas y bien consolidadas presentan un espesor de 70 cm. En contaste litológico se observan niveles de Lutitas fisibles, altamente erosionadas con un espesor cercano de 2.50 m, estas unidades litológicas presentan una estratificación plano paralela discontinua altamente afectado por los por la geodinámica de la zona como erosión diferencial y procesos antrópicos ya que en la zona se utiliza este material para recebo.

3.1.2 Formación Guaduas (ktg)

Se encuentra suprayaciendo concordantemente a la Formación Ermitaño (Kse), compuesta por dos miembros el inferior o estéril y el superior. El conjunto litológico inferior o estéril está constituido por arcillolitas grises fisibles las cuales presentan restos de hojas y limolitas amarillentas intercaladas por areniscas blancas grisáceas de grano muy fino cuarzosas cementadas y muy compactas, el espesor de este conjunto alcanza 125 m, medida

aproximada en el alto el Cerro las cruces. El conjunto superior está comprendido desde el manto de carbón más inferior hasta la base de las areniscas del Socha Inferior, la secuencia está constituida por arcillolitas grises oscuras, generalmente con laminación ondulada no paralela discontinua, limolitas amarillentas intercalas con areniscas blancas de grano fino a muy fino cuarzosas, interestratificados se encuentran de tres a seis mantos de carbón, lenticulares, con espesores entre 0,3 a 3 m. Los mantos de carbón varían en cantidad y en espesor de un sector a otro, el espesor medido de este conjunto es de 96 m. ROY Y GOMEZ, (1947).

En el sector alto de las cruces del municipio de Socotá en las coordenadas N 1.1659.897; E 1.160.400 se encuentra el contacto concordante entre la Formación Ermitaño (Kse) y Formación Guaduas (Ktg), se evidencian el nivel inferior de la Formación Guaduas la cual se caracteriza por presentar intercalaciones de arcillas grises con niveles de areniscas cuarzosas y lutitas fisibles, con un Rumbo N35W y Buzamiento 40SW (Figura 19).

FIGURA. 18 Afloramiento formación Guaduas



Fuente: Proyecto

Nivel I: Intercalaciones de arcillolitas grisáceas fisibles con areniscas cuarzosas de color fresco de blanco a pardo y meteorizado naranja de grano fino a muy fino, bien seleccionadas, muy compactas este nivel presenta un espesor cercano a 4.20 m, con una estratificación plano paralela discontinua, cambios de orientación de capas debido al plegamiento característico en la región.

FIGURA. 19 Afloramiento nivel I Guaduas (Ktg)



Fuente: Proyecto

Nivel II: En este nivel se encuentran presentes Lutitas fisibles de color gris oscuro, presenta un espesor cercano a los 40 m, se encuentra altamente afectado por los procesos erosivos, como evidencia se observa una fractura laminar característica de la alteración de esta roca.

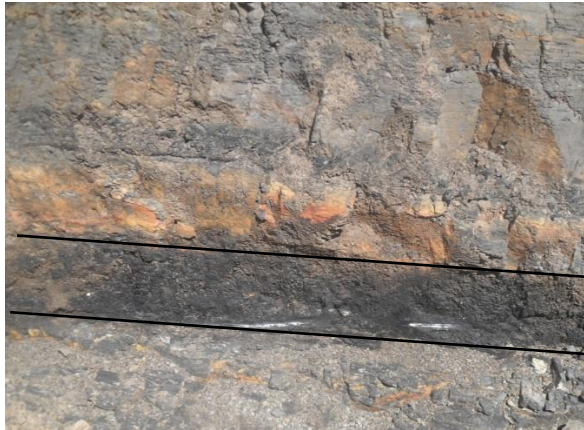
FIGURA. 20 Afloramiento Nivel II Formación Guaduas.



Fuente: Proyecto

Nivel carbón: en el sector se evidenció un nivel de carbón con un espesor cercano a 50 cm, el cual se encuentra empaquetado en niveles de capas de Lutitas fisibles. Se observa una alta meteorización debido a la coloración de la zona expuesta.

FIGURA. 21 .Nivel de carbón, Formación Guaduas.



Fuente: Proyecto

3.1.3 Formación Socha inferior (Tpsi):

Esta unidad estratigráfica suprayace a la Formación Guaduas concordantemente, aflorando en la parte Este del municipio en el sector el Rucu. El miembro inferior se compone de areniscas de color verde-grisáceo de grano fino a grueso con estratificación cruzada intercaladas con arcillolitas gris verdosas y limolitas amarillas oscuras, en la parte superior se encuentran areniscas de grano fino, cuarzosas con estratificación plano paralelo discontinua, hacia el tope se encuentra una estratificación cruzada, esta formación presenta un espesor de 150 m. medidos en el sector del Rucu.

Correlación y edad: La formación Socha Inferior suprayace concordantemente a la formación Guaduas. La edad asignada palinológicamente por VAN DER HAMMEN (1958), es Paleoceno. Se correlaciona con la mitad superior del Guaduas Superior de la cuenca Bogotá-Tunja. Las areniscas principales corresponden a las areniscas de Cacho de la Sabana de Bogotá y a la Formación Barco de Norte de Santander¹.

En el sector alto el Rucu se identificó el afloramiento de la Formación Socha Inferior (Tpsi). La cual se dispone concordantemente sobre la Formación Guaduas (Ktg) El cual presenta una estratificación plano paralela continua, esta unidad litológica está compuesta por niveles de arenisca cuarzosa de grano fino a medio, compacta y resistente presenta un color fresco de

¹ INGEOMINAS, Memoria explicativa Plancha 173 Paz De Rio, escala 1:100000, Bogotá, Marzo 2001.

¹ *Ibíd.* ,pág

color pardo y meteorizado grisáceo, a su vez se observa una intercalación de arcillolitas grisáceas, el espesor de la unidad es de 130 m (Figura 23).

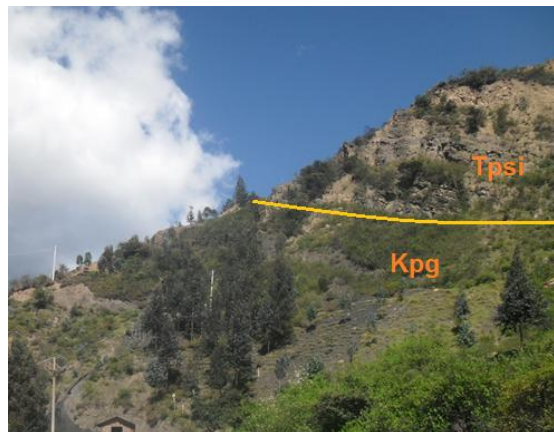
FIGURA. 22 Areniscas Cuarzosas de la Formación Socha Inferior



Fuente: Proyecto

Al Este del municipio de Socotá en las coordenadas N 1.159.521; E 1.160.819, se encuentra aflorante la unidad geológica Socha Inferior la cual se encuentra suprayaciendo. La unidad se caracteriza por tener cambios abruptos en su topografía debido a su composición litológica por sus juegos de capas intercaladas de areniscas compactas con niveles de arcillolitas (Figura 24).

FIGURA. 23 Contacto Formación Guaduas con Formación Socha Inferior.



Fuente: Proyecto

En el sector se observan los cambios topográficos debido a las diferencias litológicas de la unidad, donde se observan laderas denudativas y laderas agradacionales.

FIGURA. 24 Niveles de la Formación Socha Inferior (Tpsi)



Fuente: Proyecto

Nivel I: Este nivel se compone por areniscas cuarzosa, presenta un color fresco pardo a blanco y meteorizado grisáceo con variabilidad en el tamaño de sus granos, esta unidad se caracteriza por poseer una estratificación paralela discontinua con serie de capas que presentan estratificación cruzada.

FIGURA. 25 Nivel I Formación Socha Inferior



Fuente: Proyecto

Nivel II: se caracteriza por poseer una alternancia de capas de arcillolitas grises las cuales varían en espesor han sido afectadas por los procesos erosivos, con delgadas capas de arenisca de grano fino la cual presenta una estratificación cruzada.

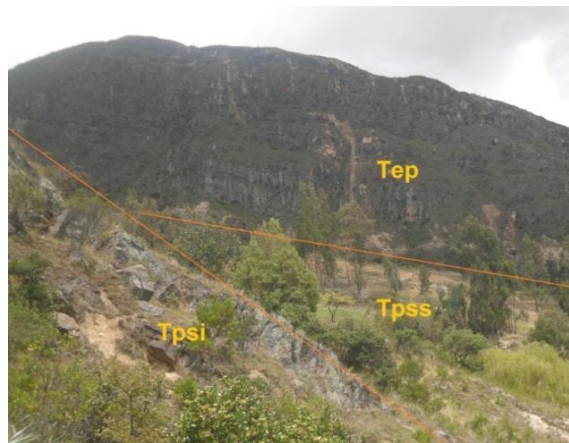
FIGURA. 26 Nivel II arcillolitas Grises con Niveles de arenisca



Fuente: Proyecto

En este sector se evidencian los cambios topográficos debido a los diferentes materiales que componen las unidades expuestas.

FIGURA. 27. Unidades estratigráficas Tep. Formación Picacho, Tpss. Formación Socha Superior. Tpsi. Formación Socha Inferior



Fuente: Proyecto

3.1.4 Deposito Coluvial (Qc)

El Municipio de Socotá, se encuentra geológicamente localizado sobre un deposito Coluvial caracterizado por tener bloques de diversos de tamaño cercanos a 1m, provenientes de la

Formación ermitaño (Kse) se encuentra compuesto por una matriz arcillosa de color grisácea a parda.

FIGURA. 28. Se muestra el tamaño de los bloques que hacen parte del depósito Coluvial y su irregularidad y angulosidad.



Fuente: Proyecto

Margen derecho de la vía que comunica de Socha al municipio de Socotá. En el área de estudio se encuentra un depósito Coluvial distribuido en todo el casco urbano del municipio observando su diferencia de espesor en todo el perímetro urbano. Los depósitos Coluviales se asocian a los grandes escarpes donde encontramos fragmentos angulares a Subangulares cuyo tamaño varía desde centímetros hasta encontrar bloques de 5 m. (figura 29).

FIGURA. 29. Deposito Coluvial



Fuente: Proyecto

Cuaternario Coluvial, coordenadas N 1.159.401; E 1.160.217, sobre este se encuentra ubicado el casco urbano del municipio de Socotá, se caracteriza por tener fragmentos angulares a subangulares de materiales provenientes de la Formación Guaduas y Ermitaño y cuyo tamaño

varia de centímetros a metros, estos fragmentos se encuentran envueltos en una matriz arcillosa.

Al este del casco urbano del municipio de Socotá en las coordenadas N 1.159.660; E 1.159.760 se encuentra el contacto discordante entre el depósitos reciente de origen Coluvial compuesto por una matriz arcillosa grisácea con cantos rodados con la unidad antigua Formación Ermitaño, donde se evidencia cambios abruptos topográficamente, cambios litológicos de sucesión de capas de lutita fisible altamente erosionada (figura 31).

FIGURA. 30 . Contacto Discordante Inferido Fm Ermitaño Depósito Coluvial.



Fuente: Proyecto

Al Este del municipio de Socotá en las coordenadas N 1.159.614; E 1.160.030, se evidencia el contacto Formación Ermitaño con el Depósito Coluvial, donde se observa la disposición de capa y dirección de inclinación NE de la Formación Ermitaño (Kse) (figura 32).

FIGURA. 31 Contacto Formación Ermitaño con el deposito Coluvial.

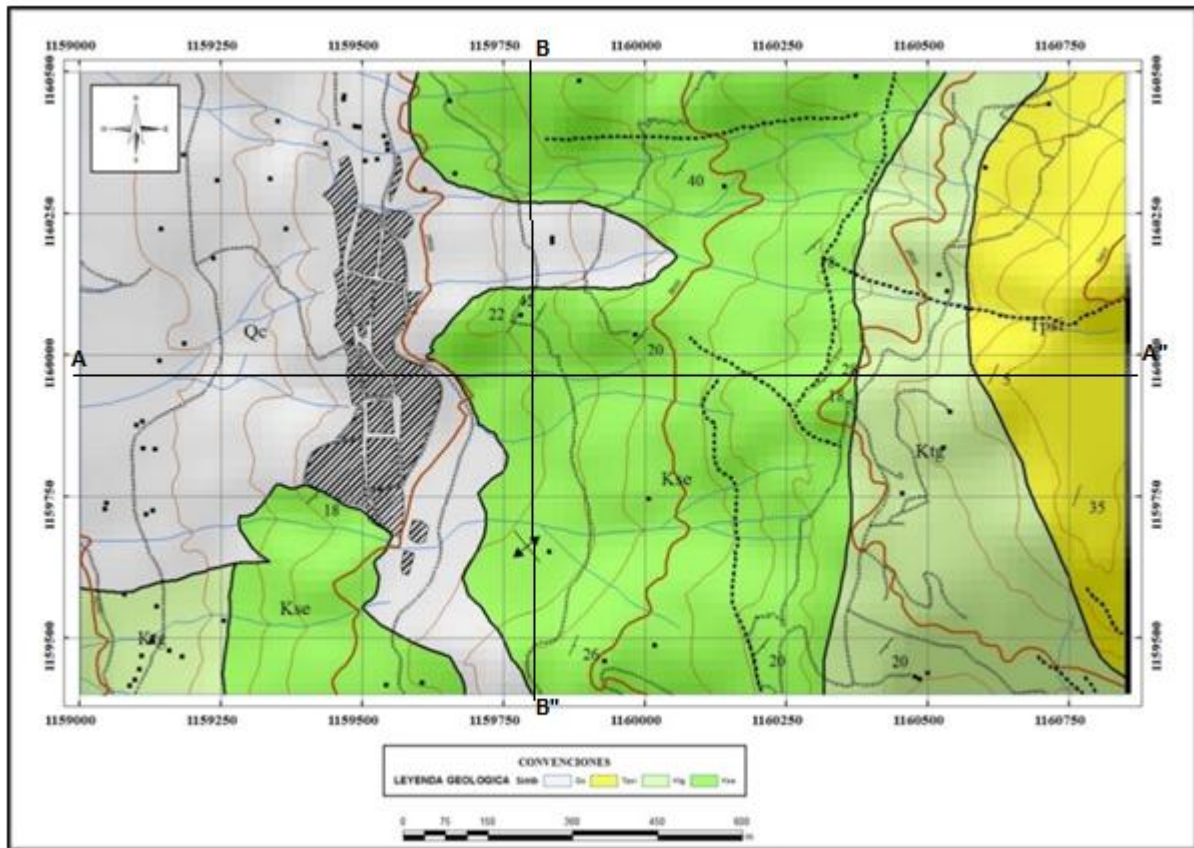


Fuente: Proyecto

3.1.5 Mapa Geológico

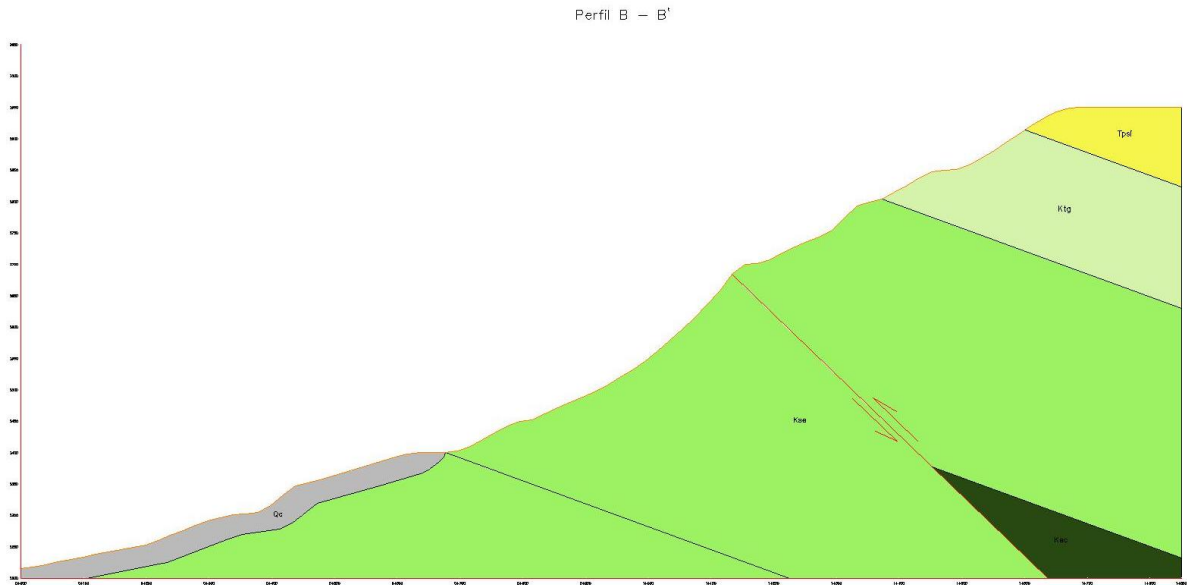
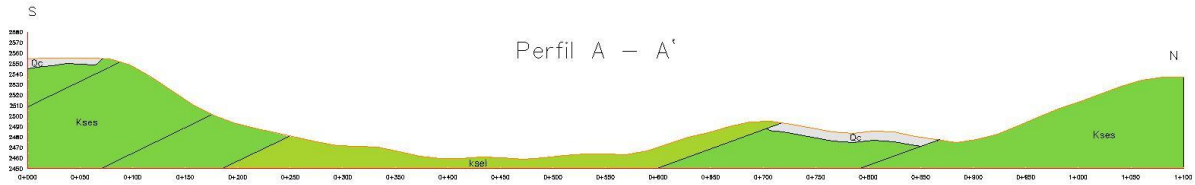
El mapa geológico se generó a partir de una base Topográfica a escala 1: 2500, sobre el cual se observan datos estructurales, fallas inferidas, contactos geológicos, estructuras geológicas. Ver anexo A.

FIGURA. 32 Mapa geológico del área del estudio



Fuente: Proyecto

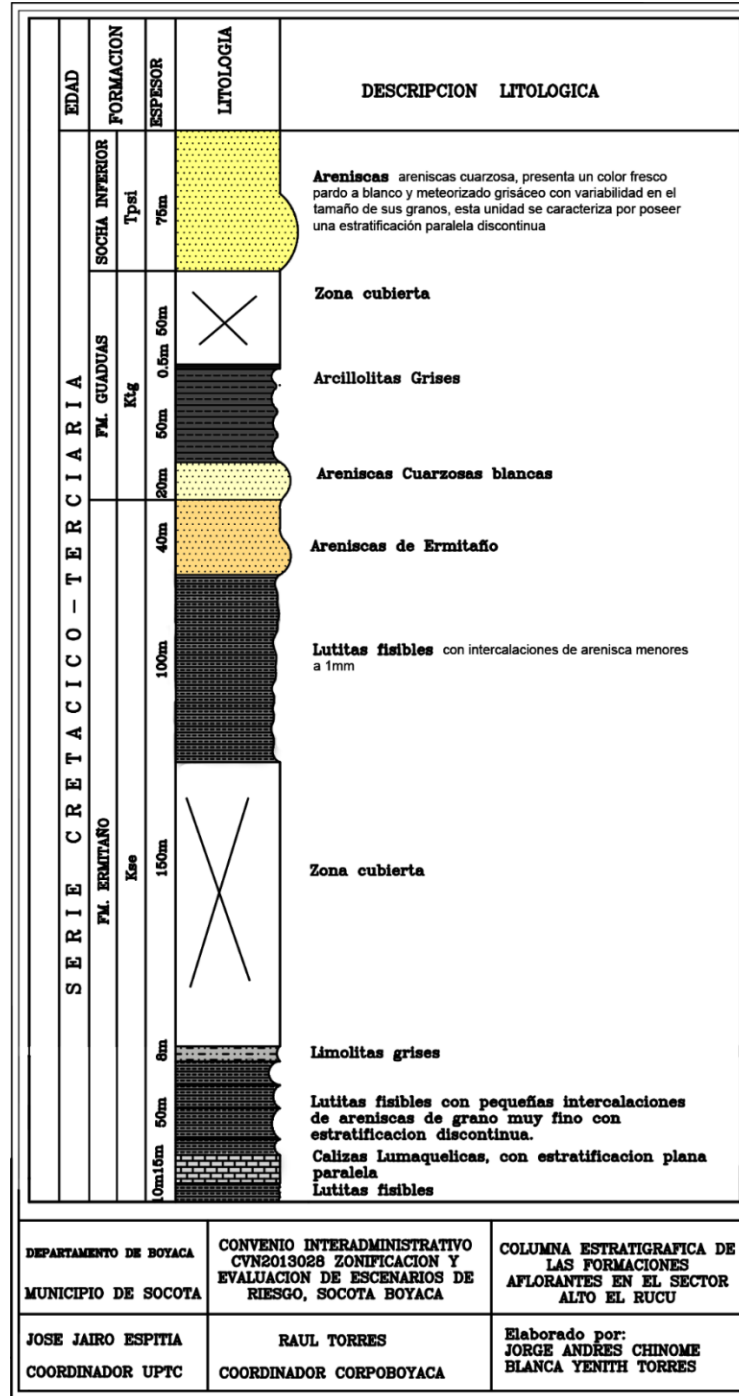
3.1.6 Perfiles Geológicos



3.1.7 Columna Estratigráfica

Esta secuencia estratigráfica se levantó en el sector Cerro el Rucu, donde se disponen concordantemente las unidades geológicas. En el cual se evidencian zonas cubiertas y zonas expuestas (ver Anexo C).

FIGURA. 33 Columna Estratigráfica desde el sector alto el Rucu hasta el cerro alto de las cruces



Fuente: Autores

3.2 FALLAS

En el municipio de Socotá se presenta la Falla de Comeza y otras inferidas de tipo inverso, con una dirección preferencial de N-S, de las cuales se generan posibles inestabilidades en el terreno.

3.2.1 Falla Comeza

En el municipio de Socotá es la falla principal, esta falla es de tipo inverso y tiene una dirección preferencial de NNE (Nornordeste), la cual atraviesa toda la región de sur a norte, esta falla disloca al flanco oriental del anticlinal de Socotá, haciendo aflorar a la Formación Ermitaño, colocando a la misma altura el nivel inferior con los niveles productores.

En la zona de estudio se registró evidencia física de la dinámica neotectónica que caracteriza la Cordillera Oriental, la cual estaba constituido por un bloque hundido, que se desarrolló a partir de un proceso Deposicional, los cuales fueron expuestos a fuerzas compresionales generando así pliegues sinclinales y anticlinales que constituyen el sistema de geología estructural de la cordillera a su vez se identificó un sistema de fallas con dirección preferencial NNE, dirección que delimita el sistema de fallas regional de la zona.

3.2.2 Fallas inferidas:

A partir del uso de fotografías aéreas, DEM y visitas de campo se delimitaron lineamientos o posibles fallas que pueden afectar al municipio de Socotá, (Ver mapa Geológico) las cuales generan inestabilidad del terreno este tipo de fallas tienen dirección preferencial N-S, paralelas a las estructuras geológicas de la zona, a su vez se identificaron fallas con dirección preferencial NW-SE, que componen un sistema de fallas complejo.

En las coordenadas N 1.159.868; E 1.160.283, sobre las areniscas de la Formación Ermitaño (Kse) se encontraron evidencias del desplazamiento producto del fracturamiento en las unidades la cual presenta un Rumbo de falla N5E; y Buzamiento 60NW.

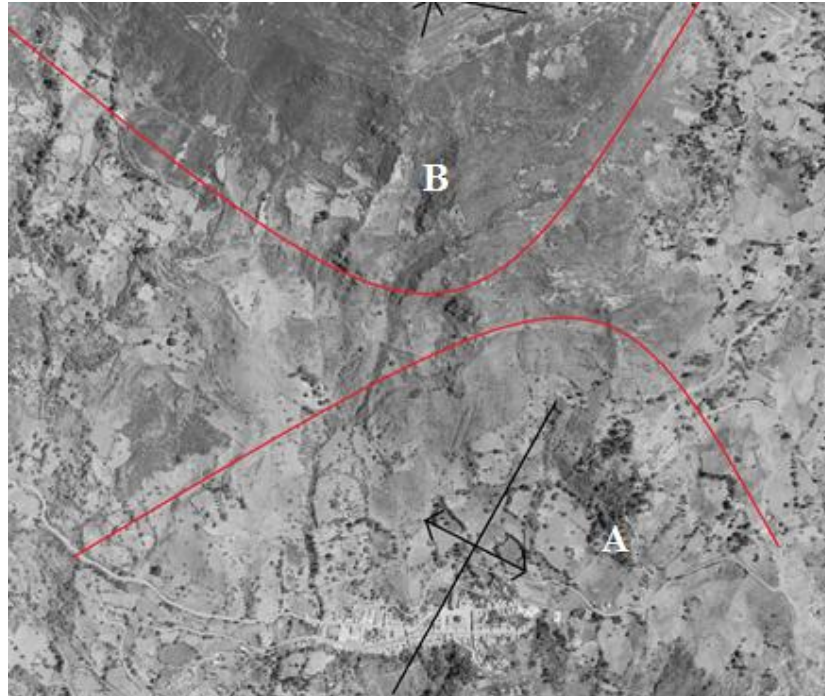
FIGURA. 34 .Estrías de falla sobre las areniscas de la formación Ermitaño (Kse).



Fuente: Proyecto

3.3 PLIEGUES

FIGURA. 35 Estructuras de plegamiento, área de estudio. Sinclinal de Rucu (B), Anticlinal Inferido (A).



Fuente: Proyecto

El área de estudio se caracteriza por presentar anticlinales estrechos y sinclinales amplios asociados a fallas inversas, lo cual refleja un intenso plegamiento y por consiguiente deformación de las rocas. En cuanto a la estratificación o disposición de las unidades geológicas cabe resaltar que se presenta estratificación en contra de la pendiente como es el caso del sector alto las cruces, cerro el Rucu y zonas de desarrollo minero.

FIGURA. 36 Estratificación en contra de la Pendiente Cerro la Cruz.



Fuente: Proyecto

En el casco urbano sector la recebera se evidencia la disposición de la Formación Ermitaño (Kse) a favor de la pendiente, con lo cual se facilita la presencia de fenómenos de remoción en masa.

3.3.1 Anticlinal inferido

En base a los datos tomados en las visitas a campo y en la fotointerpretación se ha podido concluir que en el casco urbano del municipio y sectores aledaños se generó un plegamiento o estructura geológica local con una dimensión cercana a los 3kms.

Este plegamiento local se ha definido gracias a los datos estructurales de rumbo y buzamiento tomados en campo y a sucesión estratigráfica de la región donde tenemos una concordancia litológica que va desde lo más antiguo a lo más reciente, donde el núcleo del anticlinal está compuesto por rocas del nivel inferior de la Formación Ermitaño (Kse), y hacia sus flancos rocas más recientes de la misma unidad geológica, evidenciándose la sucesión de capas concordantes dentro de la unidad base del municipio de Socotá facilitando la existencia de fenómenos de remoción en masa en el sector la loma.

La génesis de la estructura está relacionada con los plegamientos que se originaron gracias a los eventos tectónicos en el sector, trayendo como resultado el fracturamiento de las rocas en la estructura y por consiguiente afectación de las rocas las cuales soportan

Cabe resaltar que la estructura geológica se encuentra altamente afectada por los procesos erosivos, que se evidencia en los procesos invasivos del depósito Coluvial que ha borrado gran rastro de la estructura geológica Observe (*figura 36*).

3.3.2 Sinclinal el Rucu

Estructura con orientación noreste, es asimétrico con el flanco occidental más inclinado, en este pliegue se observa la secuencia estratigráfica desde la unidad más antigua Ermitaño hasta (Kse) hasta la formación Picacho (Tpsi), hacia los flancos se disponen las unidades más antiguas y en el nucleó se observa la unidad más reciente la formación picacho (Tpsi) y concentracion.

3.3.3 Anticlinal de Socotá

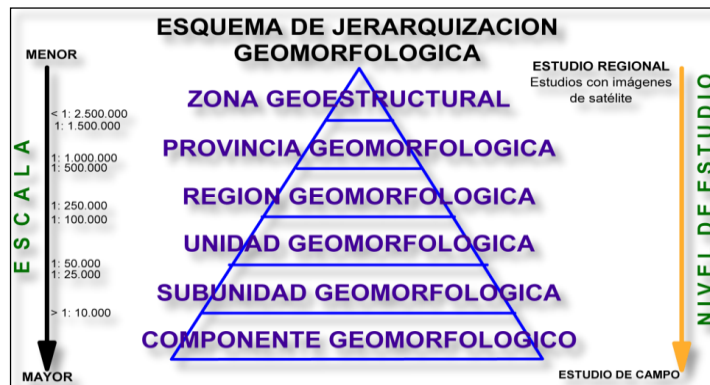
Este pliegue se encuentra en al sur de municipio de Socotá y al lado occidental del sinclinal del Rucu, con una orientación NS.

3.4 GEOMORFOLOGIA

La cordillera oriental ha atravesado diferentes procesos geológicos, gracias a la dinámica neotectónica de la región es por ello que el análisis geomorfológico parte desde dos punto de vista del primero es entender la génesis de las estructuras, y el segundo es analizar los factores que han podido transformar las geformas y dar origen al actual paisaje.

Para facilitar el análisis geomorfológico de una zona determinada se ha adoptado la jerarquización geomorfológica propuesta por INGEOMINAS 2004, la cual relaciona las escalas de trabajo con la subdivisión geomorfológica, la génesis y los ambientes morfogenetico.

FIGURA. 37 Propuesta Jerarquización Geomorfológica Servicio Geológico.



Fuente: Servicio Geológico.

3.4.1 Morfogénesis

La actividad tectónica ha condicionado el ambiente morfogenetico de la zona, producto de ello es el desarrollo de estructuras geológicas como al anticlinal de Socotá, en el cual su flanco oriental está delimitado por la falla de Comeza, otra evidencia de la neotectónica en la región, a partir de esta actividad se inició en la zona un proceso de maduración del medio gracias a agentes modeladores como la erosión y meteorización, interviniendo en la generación del actual paisaje.

3.4.2 Morfodinamica

El sistema Morfodinámico de la zona de interés está delimitado por las variables tiempo (en el que se relacionan los procesos antiguos, los presentes o los futuros reactivos), procesos endógenos y procesos exógenos.

3.4.2.1 Procesos Endógenos

Son aquellos que están relacionados con el tectonismo de la región, como levantamiento, compresión, tensión y demás factores que dieron origen al complejo sistema de la región.

3.4.2.2 Procesos Exógenos

Están directamente relacionados a las condiciones topográficas del terreno, procesos antrópicos, a la actividad biótica, los cuales generan cambios en las geoformas.

3.4.2.2.1 Procesos Geodinámicos

Erosión laminar: en el área de estudio se encuentra aflorante los niveles de Lutitas de la Formación Ermitaño (Kse), y arcillolitas fisibles del miembro inferior de la Formación Guaduas (Ktg) este tipo de material presenta una susceptibilidad a los procesos erosivos, generando fracturas laminares con apariencia de agujas o lajas que forma al estar expuesta la roca.

FIGURA. 38 Erosión laminar



Fuente: Autores.

Erosión diferencial: Este tipo de erosión es recurrente cuando hay cambios litológicos, es decir cuando se ponen en contacto rocas con diferentes propiedades geomecánicas. Al este del municipio se encuentran los cambios litológicos pertenecientes a los diferentes niveles de la Formación Ermitaño donde se observa el contraste litológico entre las lutitas fisibles con areniscas de grano fino cuarzosas y compactas, se evidencia este tipo de erosión donde el material susceptible es más afectado.

FIGURA. 39 Erosión Diferencial Cerro la Cruz



Fuente: Autores

3.4.2.2.2 Procesos Antrópicos

Extracción de material: En el Casco urbano del Municipio se lleva a cabo la extracción de material para la vía, lo que trajo como consecuencia, el aumento de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa, la unidad está compuesta por el nivel inferior de la Formación Ermitaño compuesta por niveles de lutita fisible e intercalaciones de limolitas (Kse).

FIGURA. 40 . Extracción Material. Parte Este del municipio de Socotá



Fuente: Autores

Actividad minera:

El municipio de Socotá se caracteriza por presentar el desarrollo de actividades mineras con énfasis en la extracción de carbón del manto superior de la Formación Guaduas (Ktg), el desarrollo de esta actividad hace parte de los procesos de antropización de la región y cabe resaltar que esta actividad no influye de manera directa sobre la generación de fenómenos de remoción en masa en las laderas denudaciones presentes al costado del municipio ya que los mantos explotados se encuentran orientados en contra de la pendiente, pero generan

inestabilidad en los sectores como San Pedro o el rodadero zonas aledañas a la zona de estudio en las coordenadas N 1.160.777; E 1.159.222.

FIGURA. 41 Actividad Minera.



Fuente: Autores

Actividad Agrícola:

En zonas aledañas al municipio se observa el desarrollo de actividad agrícola con lo cual genera procesos invasivos en el medio y facilitando la inestabilidad de los terrenos en apoyo a las pendientes.

En la ladera Coluvial al margen izquierdo del municipio se desarrolla una fuerte actividad agrícola si a estas actividades sumamos las pendientes moderadas y la infiltración de aguas se facilita la presentación de fenómenos de remoción en masa como reptación y movimientos rotacionales.

FIGURA. 42 Sembradío ladera del municipio



Fuente: Autores

FIGURA. 43 Actividad Agrícola.



Fuente: Autores

3.4.2.2.3 Procesos Bióticos: Están relacionados con el tipo y cobertura vegetal cabe resaltar que gran parte de la zona se encuentra afectada por los procesos antrópicos zonas que son usadas para agricultura, extracción de mineral y ganadería y otras zonas son cubiertas por vegetación nativa.

Pastoreo: las zonas de pastoreo, ganadería y porcheras se localizan en toda la zona de estudio generan un porcentaje de incidencia en la modelación del paisaje.

3.4.3 Morfoestructura

Tabla 2 morfoestructura en la zona de estudio

GEOESTRUCTURA	AMBIENTE MORFOGENETICO	FASE AMBIENTE MORFOGENETICO	PAISAJE	SUBPAISAJE
Cordillera	Estructural	Plegado	Montaña	Ladera Estructural
		Plegado	Montaña	Ladera Erosional

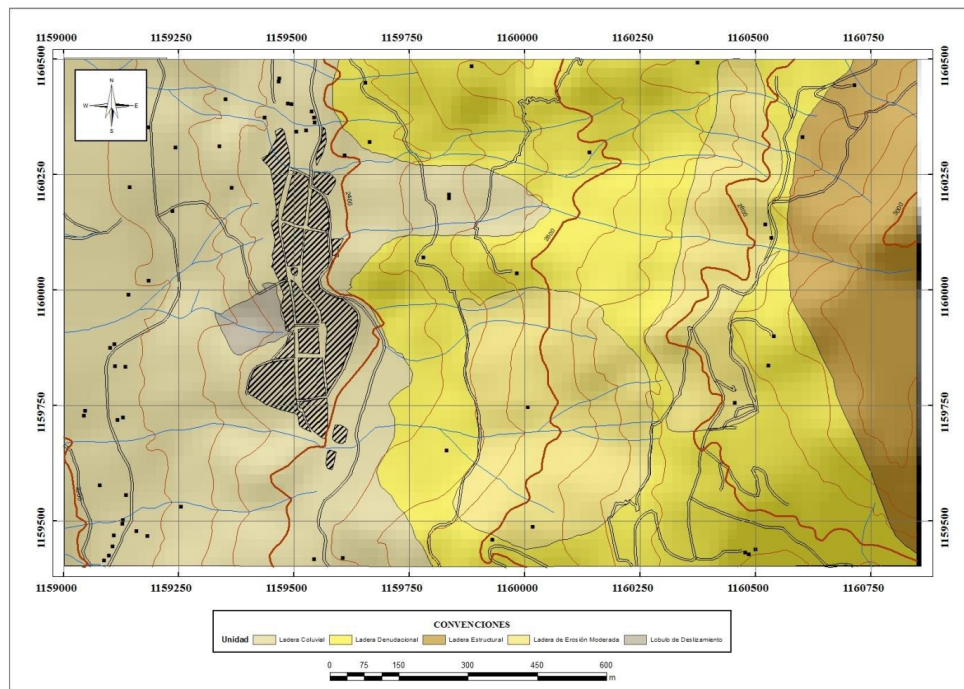
GEOESTRUCTURA	AMBIENTE MORFOGENETICO	FASE AMBIENTE MORFOGENETICO	PAISAJE	SUBPAISAJE
Cordillera	Deposicional	Coluvial	Montaña	Ladera Coluvial
				Coluvión de Remoción

Fuente: Proyecto

3.4.4 Morfología

Ver (Anexo D) evidencias de las unidades Geomorfológicas.

FIGURA. 44 Mapa geomorfológico de la zona



Fuente: Autores

3.4.4.1 Ladera Estructural: Superficie topográfica que buza en la misma dirección que los estratos subyacentes y es normalmente más o menos paralela a ellos. El término se suele aplicar a la ladera menos pendiente de una cuesta.

Al Este del municipio de Socotá en las coordenadas N 1.159.512: E 1.160.819 en los flancos del sinclinal el Rucu se encuentra dispuesta la formación Socha Inferior la cual presenta una morfología de ladera estructural (Figura 46), su buzamiento es concordante con las unidades que la suprayacen, con una dirección de inclinación de capa preferencial SE.²

FIGURA. 45 Ladera Estructural Sobre la Formación Socha Inferior

² Geomorfología aplicada a los levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras.



Fuente: Autores

3.4.4.2 Ladera Coluvial: Las geoformas Coluviales se originan cuando el movimiento gravitacional de las masas rocosas y material de suelo se detienen gracias a una reducción de la pendiente y por ende de la velocidad. Sus rasgos morfológicos dependerán entonces del volumen y tamaño de los materiales acumulados; de la inclinación y forma de la pendiente (recta, convexa, cóncava) por donde se desplazan, y de la topografía y amplitud del terreno sobre el cual se depositan.³

En el oeste del Municipio de Socotá en las coordenadas N 1.160.146; E 1.159.359, se evidencian estas geoformas las cuales presentan una topografía suave.

FIGURA. 46 Ladera Coluvial



Fuente: Autores

³ Ibid.,. Pag 20

3.4.4.3 Ladera Denudacional: Este tipo de unidades geomorfológicas se caracterizan por presentar agentes denudacionales, las cuales actúan sobre rocas de muy baja resistencia a la erosión, originando formas suavizadas en el paisaje. Al Oeste del Municipio de Socotá en las coordenadas N 1.159.990; E 1.160.092 sector conocido como las cruces se evidencia la geoformas de ladera, la cual actúa sobre la Formación Ermitaño (Kse) presenta niveles de lutitas fisibles que presentan una erosión laminar generando cambios morfológicos, dando origen al actual paisaje.

FIGURA. 47 Ladera Denudacional.



Fuente: Proyecto

3.4.4.4 Laderas erosionales moderadamente escarpadas con erosión moderada:

Al oeste del municipio de Socotá en el sector de las cruces se encuentra aflorante los niveles de arenisca de la Formación Ermitaño (Kse) la cual presenta una morfología destacada en la zona debido a los cambios topográficos que se evidencian, la zona presenta erosión moderada, debido a la resistencia del material.

FIGURA. 48 . Nivel areniscas Formación Ermitaño ladera de Erosión Moderada



Fuente: Proyecto

4. EVIDENCIAS DE INESTABILIDAD

Los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM), están relacionados con la geodinámica externa de la corteza terrestre⁴. Las amenazas por inestabilidad del suelo se caracterizan por presentar fenómenos de remoción en masa como reptación, flujo de materia, deslizamientos, desprendimientos, desplomes y derrumbes.

En el Municipio de Socotá se evidencian una serie de amenazas por inestabilidad de los terrenos, dentro de los fenómenos más recurrentes encontramos reptación y desprendimiento de material, estos fenómenos se asocian con las altas pendientes y cambios topográficos característicos de la región, otro factor que incide en el origen de estos fenómenos es la variedad litológica ya que en el municipio se encuentra la disposición de rocas meteorizadas y altamente afectadas por los procesos erosivos.

4.1 Inventario de movimientos en masa

Dentro del desarrollo del proyecto se estableció caracterizar los fenómenos de remoción en masa más recurrentes y que podrían generar mayor grado de vulnerabilidad a la población, estos fenómenos de remoción en masa evaluados están asociados a la zonificación por

⁴ (Ojeda y Muñoz en INGEOMINAS, 2001; EIRD, 2004)

fenómenos de remoción en masa por lo que este capítulo se enlaza con el apoyo técnico que se suministró para la elaboración de la zonificación.

Vía que conduce de Socotá a Socha coordenadas N 1.160.628 y E 1.159.517, este movimiento en masa se clasifica como flujo de material de tipo Coluvial, donde se presenta una buena cobertura vegetal de tipo herbácea y pastos que son utilizados en la ganadería, en la parte inferior observamos el trazado de la vía en la cual se hicieron unas obras de infraestructura y de estabilidad tales como un muro de gaviones y cunetas pero que se están viendo afectadas.

En el sector con coordenadas N 1.160.498 y E 1.159.203 se presenta un movimiento traslacional donde se observa una superficie convexa, evidenciando la inclinación de la vegetación, un flujo y caída de material proveniente de las partes altas de la ladera caracterizada por tener pendientes altas, el flujo de material se presenta por la intervención de la actividad agrícola en el sector donde se ven afectadas obras de infraestructura como el muro de gaviones.

FIGURA. 49 Afectación a muro de gaviones.



Fuente: Proyecto

FIGURA. 50 Afectación en la vía.



Fuente: Proyecto

En el sector con coordenadas N 1.160.077 y E 1.159.248 se presenta un movimiento de tipo traslacional, se observa una considerable inclinación de la vegetación y flujo de material hacia la vía ya que no hay ninguna obra de infraestructura de mitigación.

En el sector con coordenadas N 1.059.467 y E 1.059.252 se evidencia un movimiento de reptación donde el terreno se muestra escalonado que puede ser producto de la actividad antrópica ya que como la cobertura vegetal son pastos los habitantes del sector la utilizan como alimento para su ganado

FIGURA. 51 Afectaciones a la vía.

FIGURA. 52 Movimiento de reptación.



Fuente: Proyecto

En el sector con coordenadas N 1.159.296 y E 1.159.576 se observa un deslizamiento donde hay flujo de material detrítico de bloques de aproximadamente 0.30-1.5 m. por la cobertura vegetal se infiere que no es un deslizamiento reciente.

FIGURA. 53. Flujo de material



Fuente: Proyecto

En el sector con coordenadas N 1.160.148 y E 1.159.341 se evidencia un movimiento de reptación donde se presenta una inclinación en la vegetación el uso actual del suelo es para la ganadería y constantemente lo riegan.

FIGURA. 55 Movimiento de reptación.



Fuente: Proyecto

En el sector con coordenadas N 1.159.719 y E 1.159.322 se presenta un movimiento de reptación donde además se observa una superficie cóncava y una ligera inclinación en la vegetación y en el cercado.

FIGURA. 54 Movimiento de Reptación



Fuente: Proyecto

En el sector con coordenadas N 1.160.197 y E 1.159.568 se presenta un movimiento de reptación, ya que se evidencia en el terreno en forma escalones que alcanzan una altura aproximada de 0.40 metros, el uso actual del suelo es para la ganadería.

FIGURA. 56 movimiento de reptación



Fuente: Proyecto

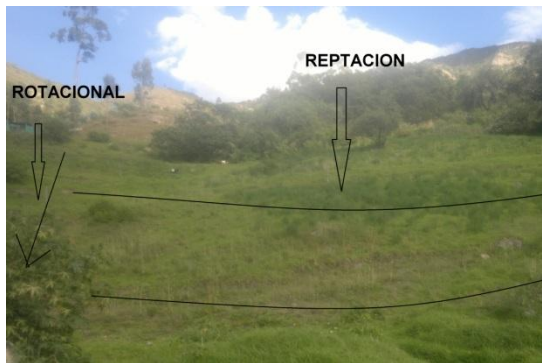


Fuente: Proyecto

En el sector con coordenadas N 1.160.197 y E 1.159.568 se observa un movimiento complejo ya que se evidencia un movimiento de reptación y rotacional, sin ninguna obra de infraestructura de mitigación ya que se encuentra cercano al centro urbano del municipio.

En el sector con coordenadas N 1.159.666 y E 1.159.950 se encuentra un afloramiento de la formación ermitaño de composición lutitico con delgadas capas de arenisca donde el talud fue descapotado ya que el material extraído del lugar fue utilizado para recebo, dejando el material expuesto a la erosión junto con la meteorización han hecho que el material presente se encuentre muy alterado y se presente flujo de este material sobre la vía.

FIGURA. 57 Movimiento complejo



Fuente: Proyecto

FIGURA. 58 Erosión



Fuente: Proyecto

En el sector con coordenadas N 1.160.302 y E 1.160.086 se presenta continua caída de roca debido a la inclinación de la pendiente material que es proveniente de la formación Ermitaño.

FIGURA. 59 Caída de Roca.



Fuente: Proyecto

En el sector la Loma ubicado en la parte occidental del casco urbano del Municipio en el año 2011 se evidencio un fenómeno de remoción en masa considerable producto de la fuerte ola invernal, en el que se evidencia inclinación de la vegetación y perdida de la cobertura del suelo observando desprendimiento de árboles de considerable tamaño, en el sector encontramos la quebrada el guarrús que recauda las aguas negras del sector como también las aguas lluvias del casco urbano y factores como el tipo de material hicieron que el sector se desestabilizara y se presentaran afectaciones importantes en ocho viviendas, en la actualidad el área permanece estable pero susceptible a la ocurrencia de cualquier movimiento en masa para la cual se planea obras de infraestructura con el fin de estabilizar el sector.

FIGURA. 60 Movimiento en masa sector la Loma



Fuente: Proyecto

5. HIDROLOGIA

Dentro del área de estudio se encuentran una serie de quebradas algunas de estas son utilizadas para transportar las aguas negras que desembocan en el Rio Comeza, este se encuentra localizado en la parte oeste, con una dirección de flujo Sur-Norte desembocando en el rio Chicamocha.

Las quebradas presentes en el casco urbano del municipio son: La quebrada el salitre, quebrada Guarrús y Quebrada la Playa.

Tabla 3 Resumen de las quebradas presentes en el área de estudio.

QUEBRADA	DESCRIPCION
Quebrada el Salitre	Se encuentra en la parte Sur del casco urbano esta transporta las aguas lluvias y negras de algunas casas cercanas a esta. El caudal es constante.
Quebrada Guarrús	Se encuentra en la parte central del casco urbano esta transporta las aguas negras y lluvias, el área que rodea a esta quebrada es donde se presenta los mayores problemas de inestabilidad en el terreno.
Quebrada La Playa	Se encuentra en la parte Sur del casco urbano esta recoge las aguas lluvias del sector y aguas negras de algunas casas cercanas a esta.

Fuente: Proyecto

5.1 Inventario de Puntos de Agua:

En las salidas de campo se observaron una serie de puntos de agua que fueron evaluados con el fin de descartar cualquier tipo de amenaza y en el caso de que se presente plantear posibles soluciones.

El agua potable con la que cuenta el municipio proviene de una serie de manantiales de la Formación Picacho en el sector alto el Rucu la cual es almacenada en una serie de tanques en donde los estudios de calidad de este recurso esta solo es contaminada por la tubería, donde en la planta de tratamiento ubicada en el sector sur del área urbana del municipio le aplican hipoclorito.

FIGURA. 61 Imagen de sector San Pedro, Zona de recarga.



Fuente: Proyecto

Afloramiento de la Formación Picacho, coordenadas N 1.161.932 y E 1.159.513, evidencia de manantiales que son aprovechados para el abastecimiento de agua potable del municipio casco urbano y rural.

En la exploración de campo se evidenciaron una serie nacimientos de agua para la cual se realizó un inventario de estos para tener un control y caracterizarlos debido a sus diferentes usos.

Sector urbano coordenadas N 1.159.459; E 1.159.683, este nacimiento es cercano a la Quebrada el Salitre en la margen derecha aguas abajo. Se caracteriza por presentar un flujo constante de agua.

FIGURA. 62 Nacimiento natural. Cerca Quebrada el Salitre.



Fuente: Proyecto

Sector Urbano coordenadas N 1.159.505; E 1.159.687, el funcionamiento de este pozo es a través de una motobomba, el agua no es apta para el consumo humano por su contenido de azufre pero esta es aprovechada en labores domésticas.

FIGURA. 63 Pozo, Al Sur del casco urbano de Socotá



Fuente: Proyecto

Sector urbano coordenadas N 1.159.607; E 1.159.662, este nacimiento está canalizado por una serie de filtros que lo comunican con la red de alcantarillado, ya que este se encuentra cercano a la infraestructura del coliseo deportivo municipal.

FIGURA. 64 Nacimiento natural. Parte sur del casco Urbano.



Fuente: Proyecto

Sector urbano coordenadas N 1.159.696; E 1.159.875 este nacimiento es captado en un tanque de almacenamiento ya que estas aguas son utilizadas para la agricultura y alimento de ganado.

FIGURA. 65 Nacimiento natural. Sector urbano



Fuente: Proyecto

Sector urbano coordenadas N 1.159.618; E 1.159.876, este nacimiento es utilizado para uso doméstico y riego de pastos

FIGURA. 66 Nacimiento natural. Sector Urbano



Fuente: Proyecto

Sector Urbano coordenadas N 1.159.667; E 1.160.272, el recurso hídrico de este nacimiento es utilizado para uso agrícola y ganadería.

FIGURA. 67 Nacimiento natural. Sector Urbano



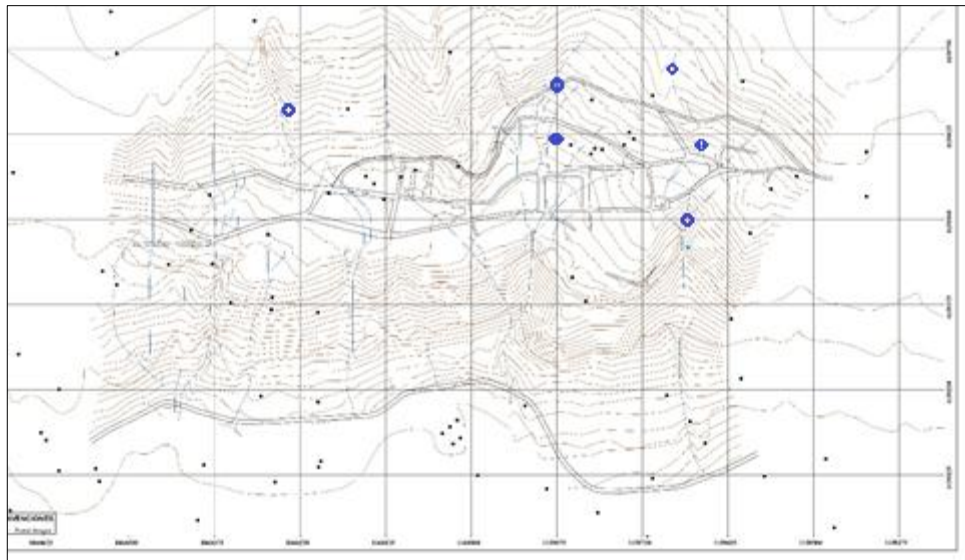
Fuente: Proyecto

Tabla 4 Resumen de los puntos de agua registrados en campo.

PUNTO	TIPO	SECTOR	COORDENADAS		USO
			Este	Norte	
1	Nacimiento natural	Aledaño a la Quebrada El Salitre	1.159.683	1.159.459	Uso agrícola
2	Pozo	Al sur del casco urbano	1.159.687	1.159.505	Uso domestico
3	Nacimiento natural	Parte Sur del casco Urbano	1.159.662	1.159.607	Uso domestico
4	Nacimiento natural	Urbano	1.159.875	1.159.696	Uso agrícola
5	Nacimiento natural	Urbano	1.159.876	1.159.618	Uso doméstico.
6	Nacimiento natural	Urbano	1.160.272	1.159.667	Uso agrícola

Fuente. Proyecto

FIGURA. 68 Ubicación puntos de agua.



Fuente. Proyecto

6. APOYO TÉCNICO A LA ZONIFICACIÓN POR (F R M) POR MEDIO DEL SIG

Para la zonificación por fenómenos de remoción en masa en el municipio de Socotá se empleó el método heurístico el cual se basa en la aplicación de “valores” para cada uno de los parámetros establecidos por el método con el fin de realizar el análisis de la susceptibilidad dependiendo de las condiciones del terreno (Pendientes, Materiales, Vegetación, etc.), estos valores cuantitativos se van aplicando a cada uno de los factores que influyen dentro del análisis, identificando las zonas de baja, media y alta susceptibilidad de cada variable y así al final realizar una sumatoria total en donde se establezcan las áreas de susceptibilidad dependiendo de los valores mínimos y/o máximos establecidos según la metodología y/o criterio evaluados por el autor.

En este caso se va aplicar el método de zonificación de la susceptibilidad de Ramírez y Gonzales, la cual se fundamenta en los siguientes parámetros:

Tabla 5 parámetros a evaluar en el método

Parámetro	Símbolo y valor máximo	Factores	
Material	Roca	M/50	Tipo de material rocoso. Condición de fracturamiento
	Intermedio		Tipo de material intermedio. Influencia de las estructuras
	Suelo		Tipo de suelo. Condición in-situ
Relieve	R/44		Pendiente. Forma de perfil longitudinal
Drenaje	D/35		Densidad de drenaje. Pendiente promedio de cauces
Erosión	E/35		Tipo de erosión. % de área afectada
Clima	C/40		Precipitación
Vegetación	V/32		Pendiente. Tipo de vegetación. % de área cubierta
Sismicidad	S/24		Amenaza sísmica. Tipo de material
Evidencias de inestabilidad	F/40		% de áreas afectadas

Fuente: Proyecto

6.2 RECONOCIMIENTO EN CAMPO Y TOMA DE DATOS

Basados en los elementos a analizar se ejecutó una metodología propuesta internamente con el fin de llevar a cabo una óptima ejecución del método, en el que primaba la estrecha relación entre el trabajo de campo y oficina.

Se optimizaron los recursos existentes para una ejecución efectiva de la metodología apoyándonos tanto en la interpretación de fotografías aéreas y satelitales, como en las visitas a campo las cuales se llevaron a cabo con el fin de corroborar y reforzar la información que previamente se había obtenido con la fotointerpretación y a su vez evaluar, analizar y obtener información directamente en campo.

Tabla 6 Recursos:

TIPO DE INFORMACIÓN	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN
Información Geológica	Convenio interadministrativo 028	Mapa Geológico, realizado dentro del marco referencial del proyecto.
Información Hidrológica	Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM	Información de las estaciones meteorológicas del municipio de Socotá alrededores.
Información Cartográfica	Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC	Se obtuvieron dos planchas topográficas a escala 1:10000 la 152-IV-C-4 y la 172-II-A-2, que posteriormente fueron digitalizadas e interpoladas a escala 1:2500
Imágenes de la zona	Corporación Autónoma Regional CORPOBOYACA e IGAC	Fueron suministradas imágenes satelitales RapideEye del municipio de Socotá. Dos fotografías aéreas en esta entidad, con líneas de vuelo C-2558-52 C-2558-53.

Fuente: Proyecto

FORMATO VISITAS A CAMPO

Tabla 7 formato de visitas a Campo

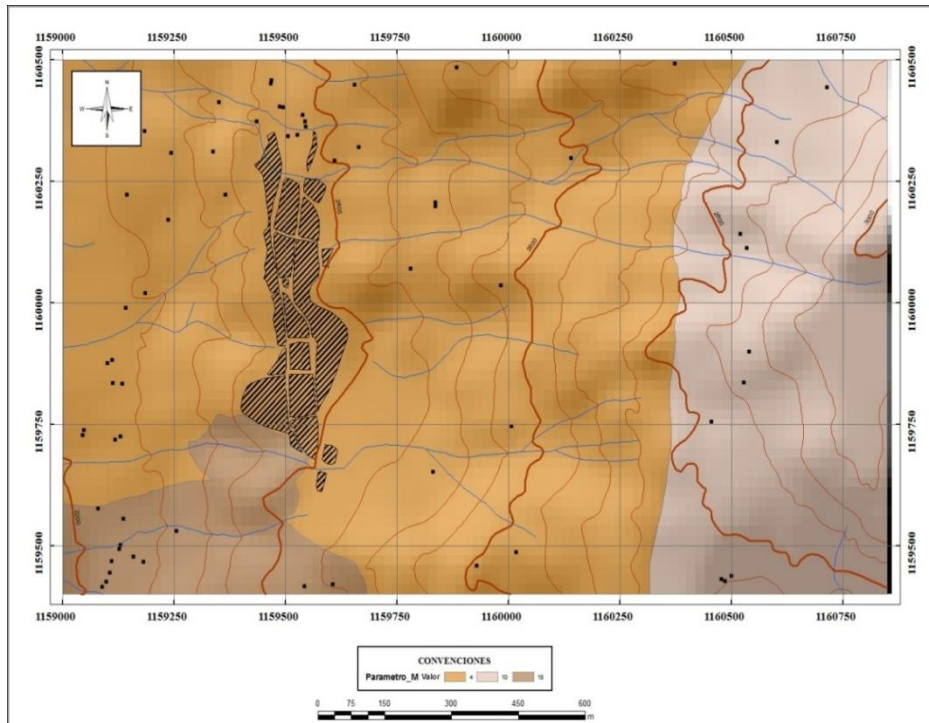
Uptc		FORMATO PARA LA ZONIFICACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD (RAMIREZ Y GONZALES, 1989)		Corpoboyacá						
POR DIVISION POLITICA		COORDENADAS GEOGRAFICAS		FOTOGRAFIAS						
MUNICIPIO		E								
SECTOR		N								
EVALUACION PARAMETRO M										
TIPO DE MATERIAL				Suelo residual						
TIPO	CONDICIONES DE FRACTURAMIENTO				ROCA PARENTAL	Suelo				
	MASIVA	LIGERAMENTE FRACTURADA	MODERADAMENTE FRACTURADA	INTENSAMENTE FRACTURADA		Suelo		Suelo saprolítico		
					Granular	Fino	Granular	Fino		
Tipo 1	50	39	21	9	Ígnea	2	3	3	4	
Tipo 2	38	29	16	7	Metamórfica	1	2	2	3	
Tipo 3	23	18	10	4	Sedimentaria	1	2	2	3	
Tipo 4	11	8	5	2	Cenizas volcánicas	2	3	3	4	
VALORACION				VALORACION						
VALORES DE ESTABILIDAD FACTOR DE SUELOS TRANSPORTADOS				OBSERVACIONES Y DESCRIPCION:						
	Gravedad	Agua	Viento	Hielo						
Granular	3	2	2	2						
Fino	4	3	3	3						
VALORACION										
EVALUACION PARAMETRO R										
FACTOR INCLINACION DE LA PENDIENTE				FACTOR FORMA DE LA PENDIENTE						
Sub-zonas		Inclinación de la pendiente en grados		Valor	PERFIL DE LA PENDIENTE		VALOR			
Interfluvio		0-1		30	Convexo		9			
Ladera con infiltración		2 - 4		19	Concavo		12			
Ladera intermedia de transporte		10 - 30		8	Rectilíneo		14			
Ladera coluvial		>30		19						
Aluviones		20 - 30		6						
Ladera de cauce		0 - 4		21						
		>40		6						
VALORACION				VALORACION						
				OBSERVACIONES Y DESCRIPCION:						
EVALUACION DE PARAMETRO E						EVALUACION PARAMETRO EVIDENCIAS DE INESTABILIDAD F				
DIFERENTES PROCESOS EROSIVOS				% de área captada por fenómenos antiguos de inestabilidad						
Tipo de Erosion	Leve	Moderada	Severa	Muy Severa	0-10		10-30%		30-60%	
Area Afectada	0-10%	10-30%	10-30%	>60%	0-10		10-30%		30-60%	
Laminar	30	21	14	5	40		28		18	
Diferencial	22	15	10	4						
Concentrada	15	11	7	3						
Por Socavación	11	8	5	2						
VALORACION				VALORACION						
				OBSERVACIONES Y DESCRIPCION:						
EVALUACION PARAMETRO V										
Valores de estabilidad o susceptibilidad para el factor vegetación										
Pendiente	0-20			20-45			>45			
Densidad de la Vegetación	0-30	30-50	>50	0-30	30-50	>50	0-30	30-50	>50	
Bosque Nativo, Secundario, Rastrojo Alto	12	22	32	10	17	25	8	13	19	
Rastrojo Bajo, Cultivos Permanentes o Semipermanentes	10	18	27	7	12	17	3	5	7	
Pastos o Vegetación herbácea	10	17	25	6	10	14	2	4	6	
Cultivos Limpios o Desmonte	8	14	20	3	6	8	1	2	3	
VALORACION										

Fuente: Proyecto

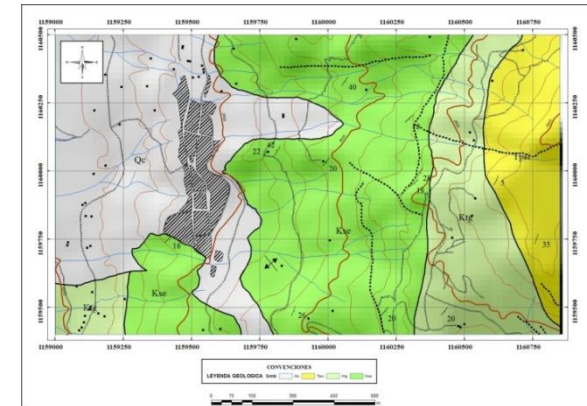
6.3 MAPAS Y RESULTADOS

6.3.1 Parámetro Material

FIGURA. 69 Mapa parámetro de Material



Fuente: Proyecto



En b partir de los estudios realizados en campo se evaluaron los diferentes tipos de materiales presentes en el área de estudio, de acuerdo con la litología y geología a su vez se evaluó los diferentes tipos de suelos y la distribución espacial de cada uno de estos materiales dentro de la zona.ase al mapa Geológico

Asignación de puntajes para el parámetro material.

Unidad	Descripción	Criterio	Puntaje
Qc	Deposito Coluvial	Suelo granular de origen sedimentario, transportado por gravedad.	4
Tpsi	Formación Socha Inferior	Roca de Tipo 3, Moderadamente fracturada.	10
Ktg	Formación Guaduas	Roca de Tipo 3, Intensamente Fracturada.	4
Kse	Formación Ermitaño	Roca de Tipo 3, Ligera e Intensamente Fracturada.	18,4

Fuente. Proyecto

Roca de Tipo 3, Ligera e Intensamente Fracturada: Formación Ermitaño (Kse) esta unidad geológica se compone de niveles de Lutitas fisibles y limolitas las cuales han sufrido diaclasamiento o fracturamiento debido a sus condiciones geomecánicas, esfuerzos compresionales, procesos antrópicos. En coordenadas E: 1.160.070 N: 1.160.020

FIGURA. 70 Fracturamiento Intenso Formación Ermitaño



Fuente: Proyecto

Roca de Tipo 3, Intensamente Fracturada: la Formación Guaduas se caracteriza por tener intercalaciones de arcillolitas fisibles con niveles de areniscas cuarzosas, Las cuales evidencian un intenso diaclasamiento debido a las condiciones geomecánicas de las rocas, el plegamiento, el clima, fallamiento en las coordenadas N 1.160.156; E 1.159.741.

FIGURA. 71 Fracturamiento Formación Guaduas (Ktg)



Fuente: Proyecto

Roca de Tipo 3, Moderadamente Fracturada: Las propiedades geomecánicas de las rocas que componen a la Formación Socha Inferior (Tpsi) la convierten en una unidad más resistente al fracturamiento, con lo cual la unidad posee un nivel moderado cualitativamente en los rangos analizados N 1.159.520; E 1.160.840.

FIGURA. 72 Fracturamiento Moderado Socha Inferior (Tpsi)



Fuente: Proyecto

Suelo Granular de Origen Sedimentario: Los depósitos Coluviales se originaron a partir de transporte, agentes móviles y sedimentación de material. Los depósitos Coluviales en el municipio de Socotá se originaron a partir de efectos de la gravedad, lluvia o escurrimiento difuso. En las coordenadas N 1.160.090; E 1.159.430

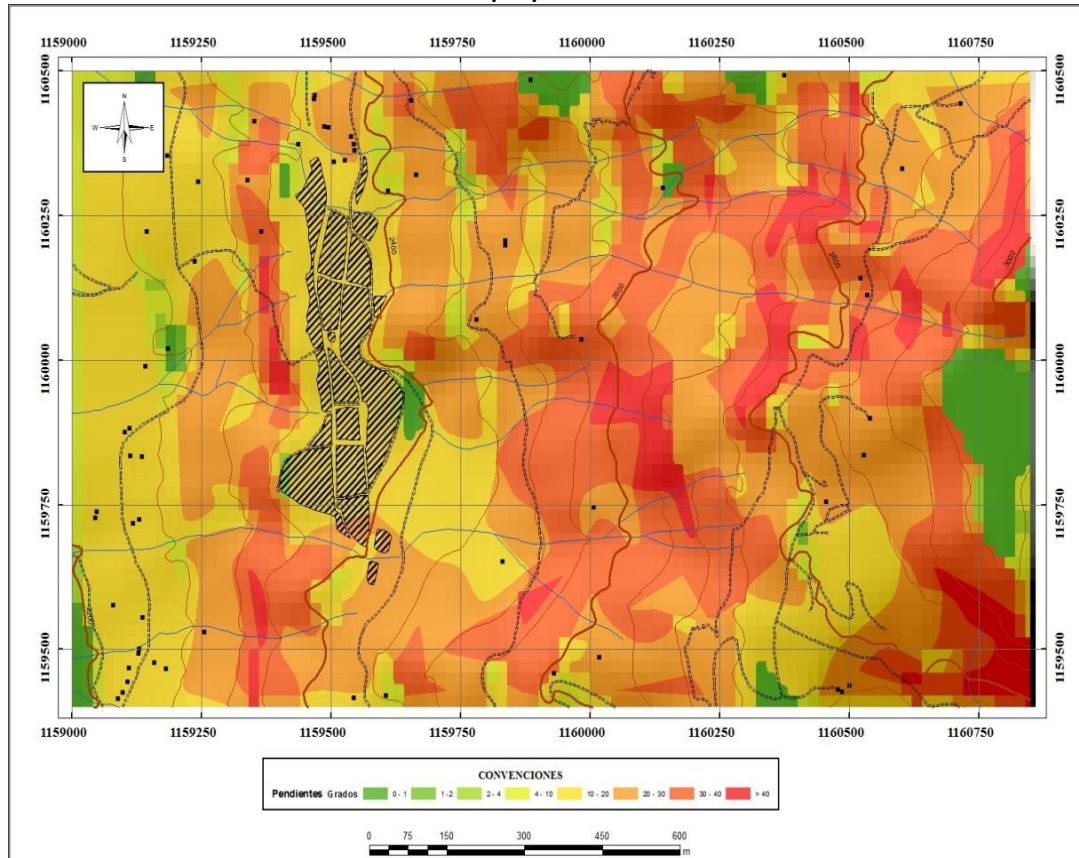
FIGURA. 73 Suelo Granular Origen Sedimentario



Fuente: Proyecto

6.3.2 Parámetro de Relieve

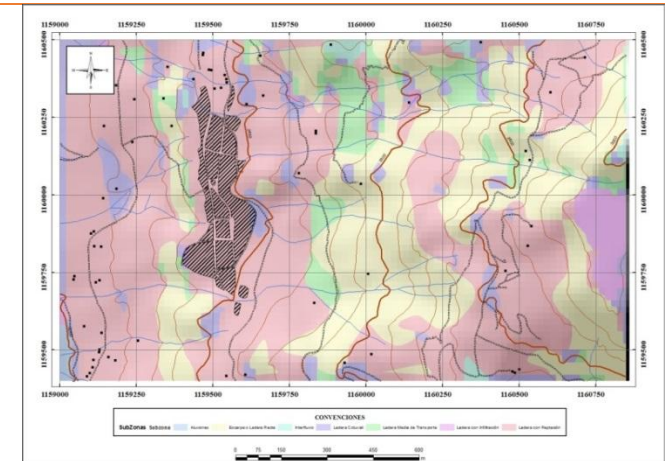
FIGURA. 74 Mapa parámetro de Relieve



Fuente: Proyecto

Primero se establecieron las pendientes de la zona en grados, se reclasificaron y se les asignaron los puntajes de acuerdo con la metodología aplicada. Se establecieron parámetros posteriormente se delimitaron en campo.

Puntos de Control:
 45



Mapa de Subzonas

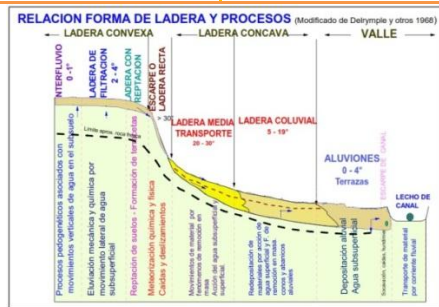
Sub-zonas	pendiente en grados	Valor
Interfluvio	0 - 1	30
Ladera con infiltración	2 - 4	19
Escarpe o ladera rectilínea	10 - 30	8
Ladera intermedia de transporte	> 30	19
Ladera Coluvial	20 - 30	6
Aluviones	0 - 4	21
Ladera de cauce	> 40	6

Ladera Media de Transporte (20-30°): Movimiento de material producto de fenómenos de remoción en masa, al este del municipio de Socotá, en las coordenadas N 1.160.120; E 1.159.770 se localiza este tipo de relieve. Se caracteriza por tener una pendiente moderada, topografía leve y ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

FIGURA. 75 Ladera Media de Transporte

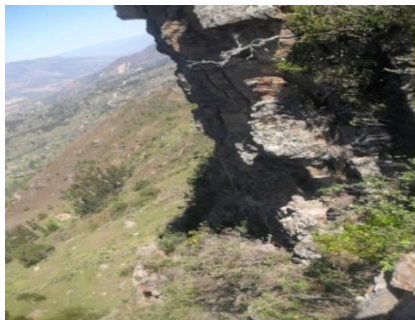


Fuente. Proyecto



Escarpe o Ladera Recta: Este tipo de relieve se presenta en los niveles compactos de la Formación Ermitaño (Kse), la cual presenta intercalaciones areniscas cuarzosas las cuales han sido afectadas por el plegamiento y diaclasamiento, provocando desprendimientos y deslizamientos. En coordenadas N 1.159.000 E 1.160.230

FIGURA. 76 Ladera recta



Fuente: Proyecto

Ladera Coluvial (5-19°): Este tipo de relieve es característico en el municipio y se evidencia a partir de sus rasgos morfológicos con formas cóncavas, topografías suaves, bajas pendientes. Al margen derecho de la vía que comunica al municipio de Socotá con el municipio de Jericó se evidencia este tipo de subzona. En coordenadas N 1160230; E 1159800

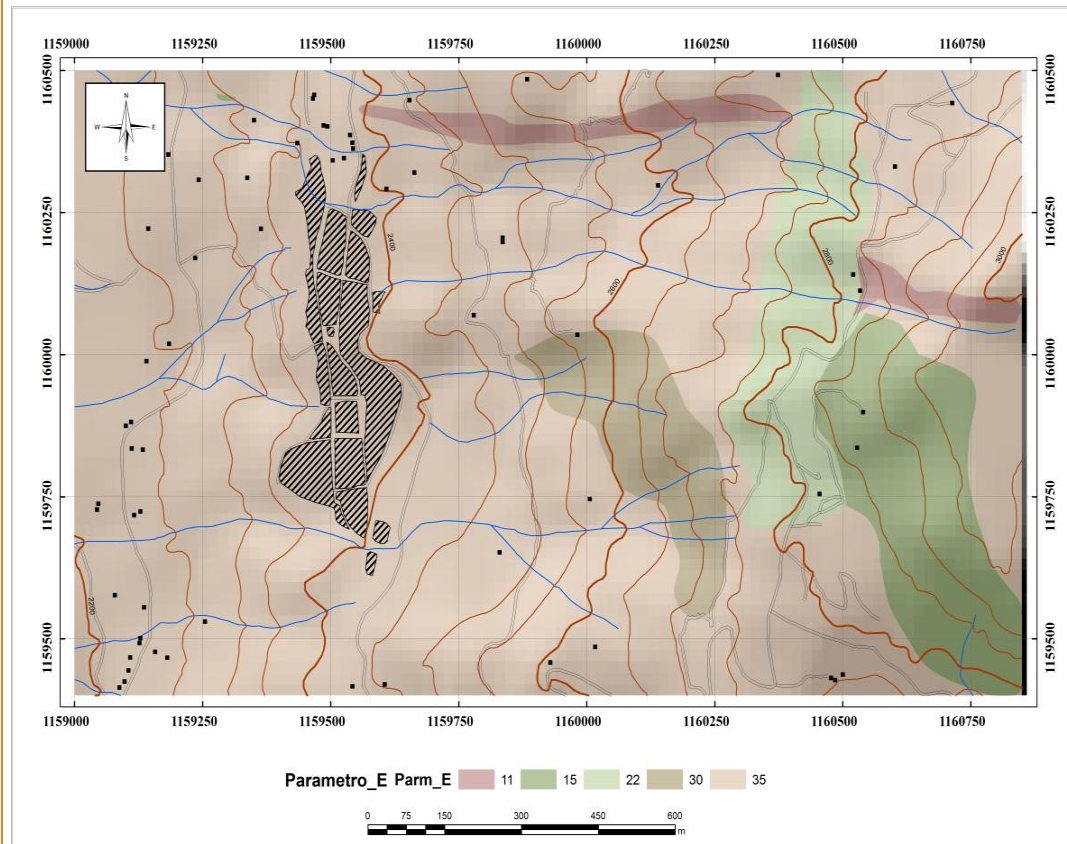
FIGURA. 77 Ladera Coluvial.



Fuente. Proyecto

6.3.3 Parámetro de Erosión

FIGURA. 78. Mapa parámetro de erosión



Fuente: Proyecto

Se delimitaron los parámetros a tener en cuenta para la delimitación del parámetro donde se evaluó el tipo de erosión presente en el área de estudio, el porcentaje del área afectada por cada uno de los diferentes procesos erosivos y se delimitaron las zonas que activas en estos procesos.

En este parámetro se evalúa el tipo de erosión presente en el área de estudio y el porcentaje del área afectada por cada uno de los diferentes procesos erosivos.

Puntos de Control:
 55

Tipo de erosión	Leve	Moderada	Severa	Muy Severa
Área afectada	0-10%	10-30%	10-30%	>60%
Laminar	30	21	14	5
Diferencial	22	15	10	4
Concentrada	15	11	7	3
Por Socavación	11	8	5	2

Fuente: Proyecto

Erosión laminar: en el área de estudio se encuentra aflorante los niveles de lutitas de la Formación Ermitaño (Kse), este tipo de material presenta una susceptibilidad a los procesos erosivos, evidencias de ello se identifican en las agujas o lascas que forma al estar expuesta la roca. al este del municipio de Socotá en las coordenadas N 1.160.052; E 1.159.780.

FIGURA. 79 Erosión Laminar



Fuente. Proyecto

Erosión por Socavamiento: en el municipio de Socotá se encontraron 5 micro cuencas las cuales afectan con los procesos erosivos, los cuales generan arrastre y depositación de sedimentos y bloques rocosos

FIGURA. 80 socavación en el municipio



Fuente: proyecto

Erosión diferencial: Este tipo de erosión es recurrente cuando hay cambios litológicos, es decir cuando se ponen en contacto rocas con diferentes propiedades geomecánicas. al este del municipio se encuentran los cambios litológicos pertenecientes a los diferentes niveles de la Formación Ermitaño, y se evidencia este tipo de erosión donde el material susceptible es más afectado. En coordenadas N:1.160.000; E 1.160.220

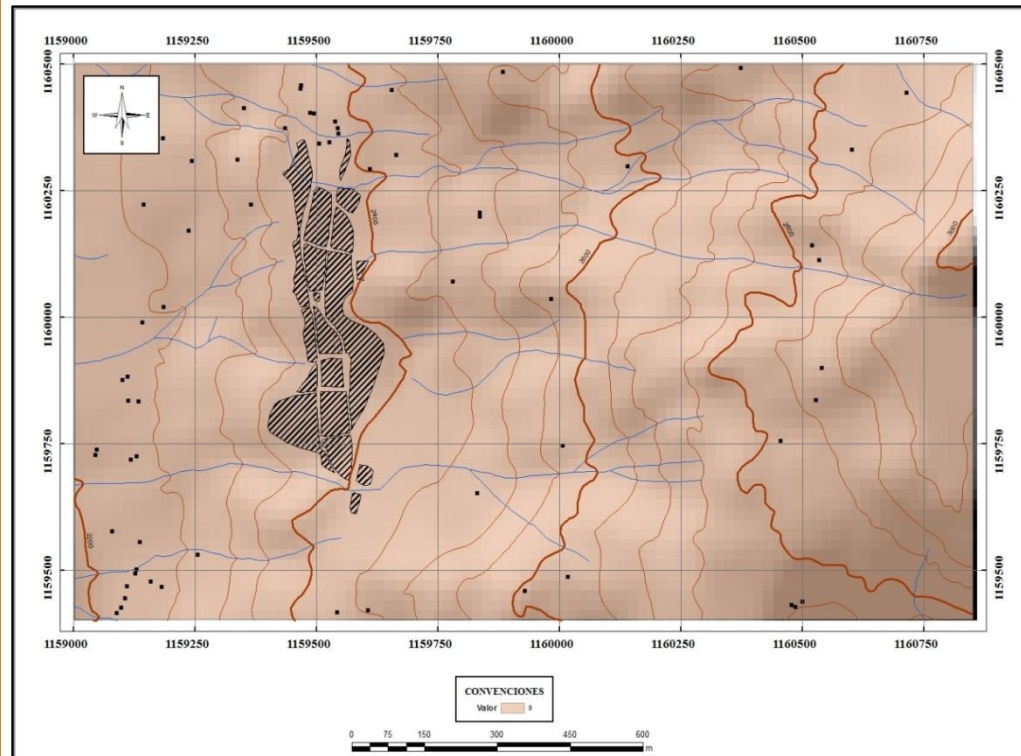
FIGURA. 81 Erosión Diferencial



Fuente: Proyecto

6.3.4 Parámetro de Clima

FIGURA. 82 Mapa del parametro del clima



Fuente: Proyecto

Fuente: Proyecto

La precipitación media anual máxima para el área de estudio es de 291,0 mm, lo cual nos indica que la zona presenta una precipitación alta y se califica, según el método de zonificación estipulado.

Precipitación Media Anual		
baja	media	alta
40	19	8

FIGURA. 83 Mapa parametro de vegetacion

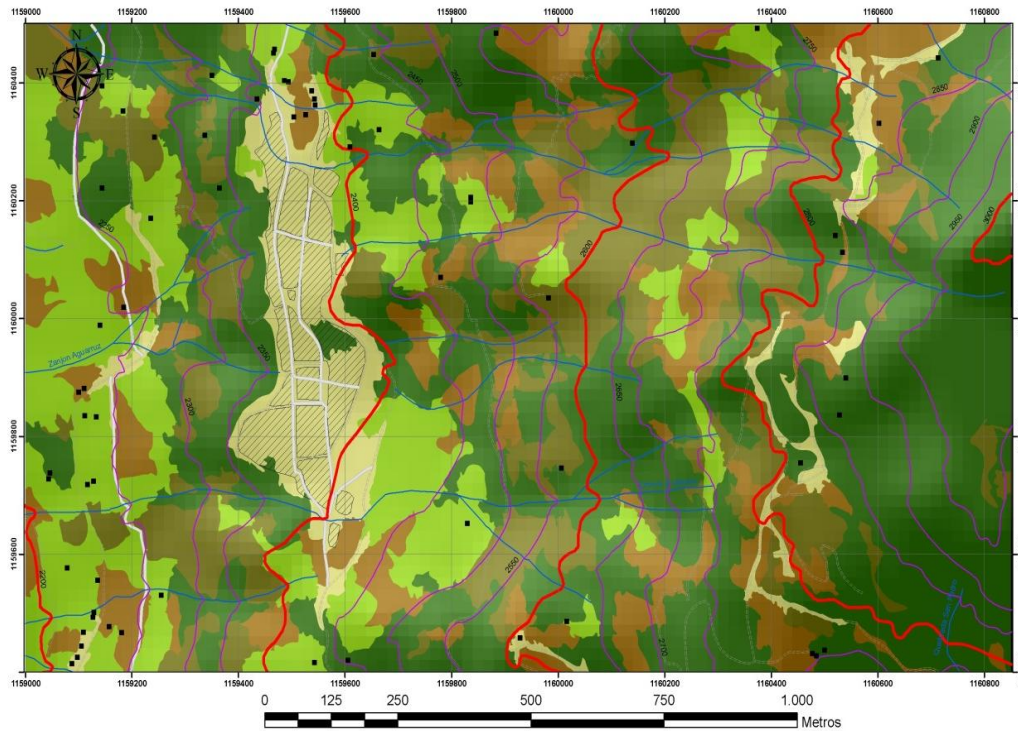
6.3.5 Parámetro de vegetación



Municipio de Socotá
 Boyacá

En este contexto se evalúan dos factores los cuales describen la amenaza sísmica y el tipo de material. Para el tipo de material se adoptaron los tres tipos de perfil establecidos en el código colombiano de construcciones sismo resistentes (Decreto 1400 de 1984).

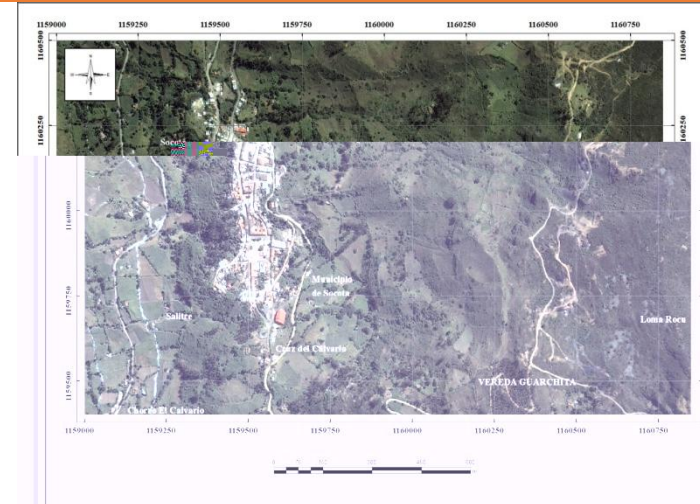
Puntos de Control:
 20



CONVENCIONES

Tipo de cobertura	
	Bosque nativo secundario, rastrojo alto
	Pastos o vegetación herbácea
	Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes
	Cultivos limpios o desmonte
	Áreas libres de vegetación

Fuente: Proyecto





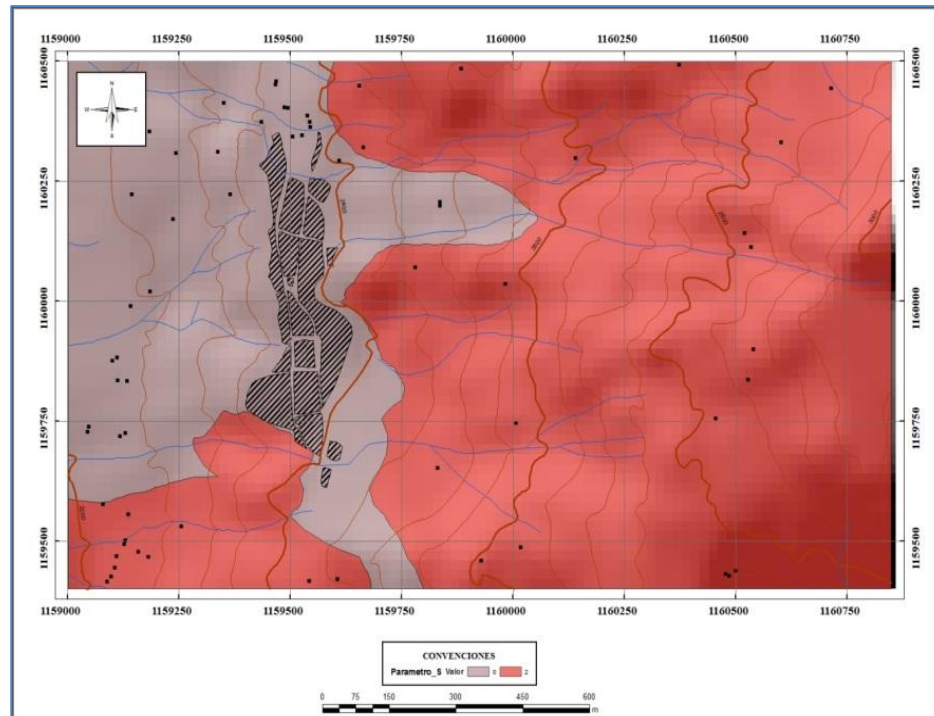
Fuente .Proyecto

En este mapa se aprecia que la zona es demasiado estable, en función de su vegetación la cual evita procesos erosivos como también se observa que las zonas menos protegidas por vegetación como lo es el casco urbano y los sitios de explotación.

6.3.6 Parámetro de Sismicidad

6.3.7 Parámetro de Inestabilidad

FIGURA. 85 Mapa parámetro de sismicidad



Fuente: Proyecto

A partir de los parámetros establecidos para delimitar e identificar y gracias a los mapas elaborados e imágenes existentes se establecieron las zonas con relevancia sísmica con los respectivos perfiles existentes en el área.

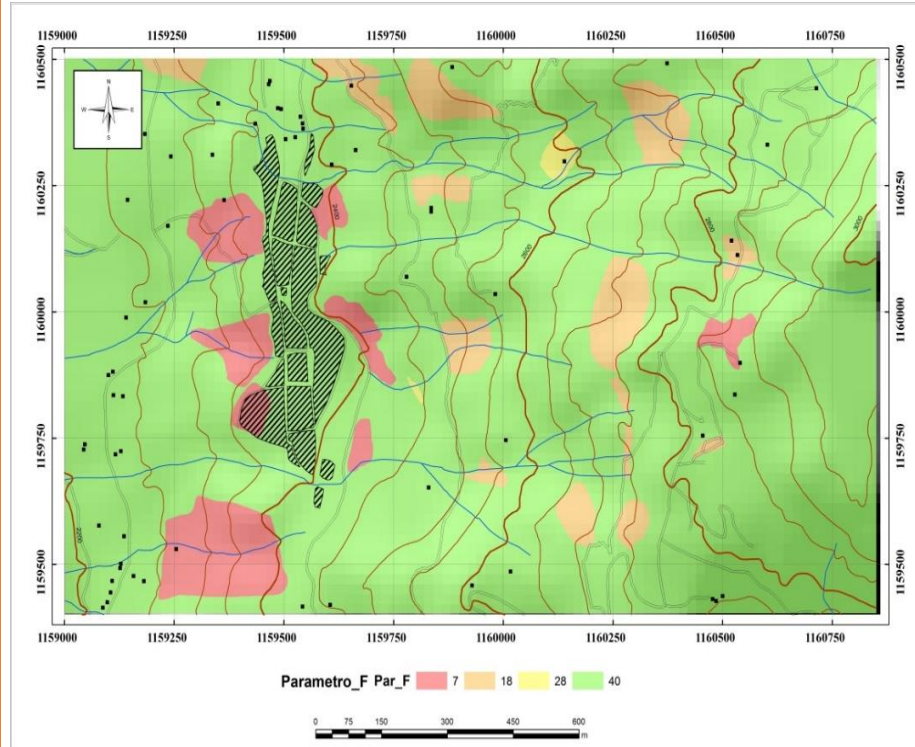
Puntos de Control:
 40

S1=roca de cualquier característica, ya sea cristalina o lutítica que tiene una velocidad de la onda de cortante mayor o igual a 750m/s. Presenta perfiles conformados por suelos duros con un espesor menor de 60m, compuestos por depósitos estables de arenas, gravas o arcillas duras.

S3=perfil en donde la roca y la superficie hay más de 10 m de depósitos de arcillas, cuya dureza varía entre mediana a blanda, con o sin intercalación de arenas u otros suelos no cohesivos.

En él se observa que el material referente al cuaternario coluvie presenta una calificación relativamente baja debido a la baja consistencia del material expuesto en esta área, mientras que lo referente a las formaciones Guaduas, Ermitaño y Socha Inferior presentan un poco más de estabilidad debido a que sus materiales están más consolidados y cumplen las características S1

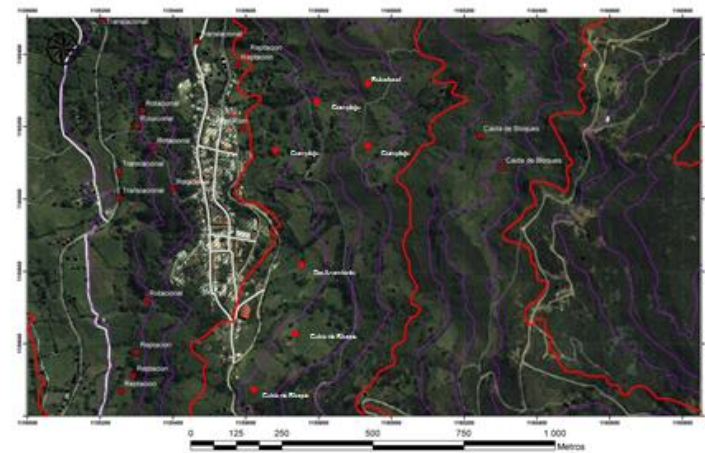
FIGURA. 86 Mapa parámetro de Evidencias de Inestabilidad



Fuente: Proyecto

A partir de los parámetros a evaluar se realizaron visitas a campo donde se hizo una cuantía o inventario del fenómeno de remoción en masa que ocurren o se llevan a cabo en la zona, donde se delimitaron áreas críticas y expuestas, a su vez la interpretación de imágenes existentes apoyaron la zonificación. .

Puntos de Control:
 25



FENÓMENO

Fenómenos de remoción en masa activos

Fenómenos de remoción en masa antiguos

Caída de Bloques: Al margen derecho de la vía que comunica al municipio de Socotá con el municipio de Jericó en los sectores aledaños al casco urbano se observaron grandes bloques de roca que han sido desprendidos desde las zonas altas de la ladera, con lo cual aumenta el riesgo de la comunidad, este fenómeno se presenta por una la erosión diferencial que actúa sobre la roca y por la alteración de la unidad. En coordenadas E: 1.159.700 N:1.159.750.

FIGURA. 87. Caída de Bloque



Fuente. Proyecto

Reptación: la incidencia de este tipo de deslizamientos está relacionada con el material, a menor resistencia mayor recurrencia del fenómeno, con lo cual este se origina en zonas de materiales laminares, suelos no cohesivos y depósitos recientes. En el municipio de Socotá se encuentra este fenómeno sobre la ladera Coluvial producto de la infiltración de aguas que generan agrietamientos del suelo y posterior movimiento este fenómeno se localiza en N 1.160.146; E 1.159.359.

FIGURA. 88 Reptación



Fuente. Proyecto

Movimiento Rotacional: Este tipo de movimientos se caracterizan por presentar una forma cóncava al Este del municipio de Socotá, en las coordenadas N 1.160.174; E1.160.241 se evidencia este tipo de fenómenos asociados al depósito Coluvial reciente, el cual está constituido por material poco resistente, no consolidado.

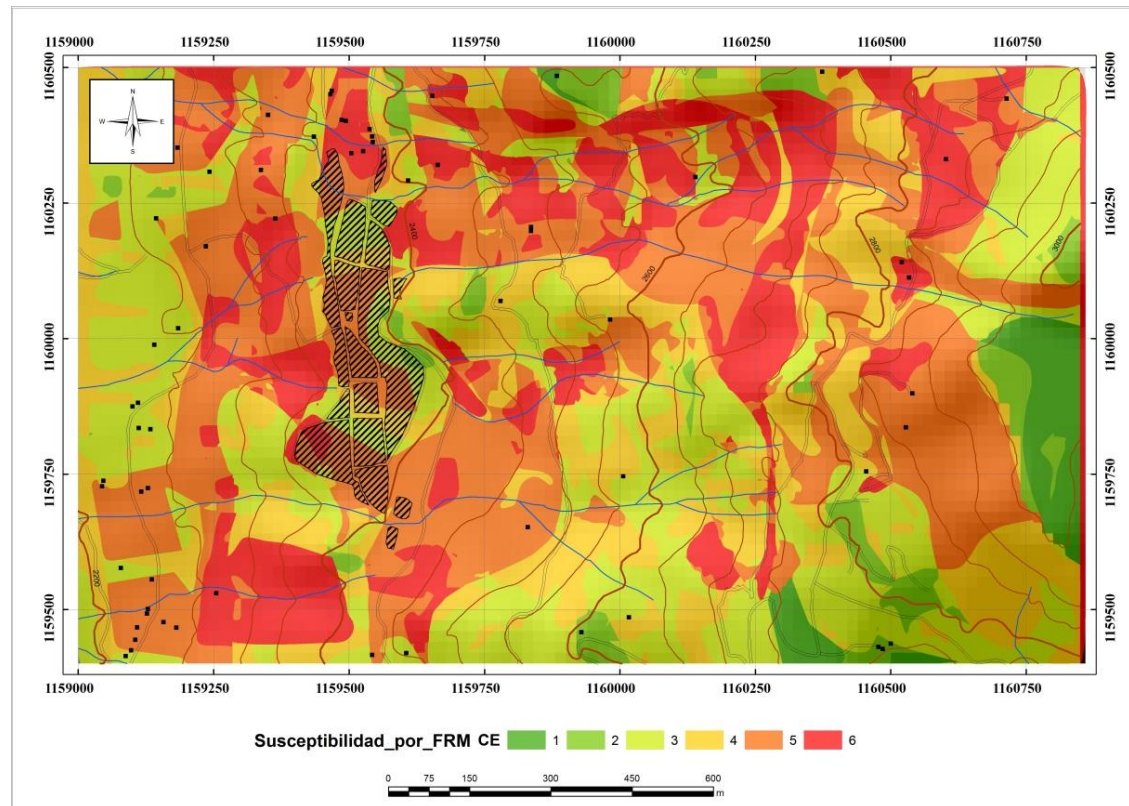
FIGURA. 89 Movimiento Rotacional



Fuente: Proyecto

6.3.8 Resultado final de la zonificación

FIGURA. 90. Mapa final zonificación por FRM



Fuente: Proyecto

7. APOYO TECNICO A ALA EXPLORACION DIRECTA E INDIRECTA

Dentro del marco y desarrollo del convenio se planteó que en la ejecución de las actividades se llevaría a cabo el apoyo y acompañamiento en el desarrollo de la exploración directa por medio de 9 sondeos manuales y a su vez en la exploración indirecta por medio de 8 líneas en el casco urbano del municipio de Socotá, dentro del desarrollo de las actividades se dio cumplimiento en lo referente a toma de datos en campo como coordenadas, alturas, puntos referenciales etc. Y a su vez en oficina manejo de datos e interpretación de los resultados de la exploración indirecta.

7.1 SONDEOS MANUALES:

Se realizaron nueve sondajes con equipo manual, En estos

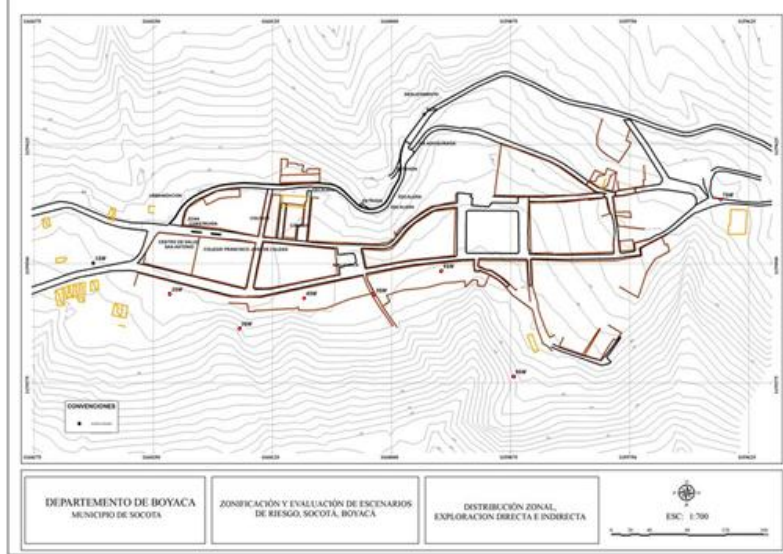
Los sondeos se efectuaron pruebas de penetración dinámica y se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas. Su distribución espacial se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8 Localización de los Sondeos Manuales

SONDEO DIRECTO	PROFUNDIDAD(m)	COORDENADAS
SM1	3.5	N 1.160.320; E 1.159.500
SM2	4.0	N1.160.225; E 1.159.490
SM3	3.5	N1.160.150; E 1.159.420
SM4	4.0	N 1.160.100; E 1.159.485
SM5	3.5	N 1.160.050 ; E 1.159.475
SM6	4.0	N 1.159.900; E 1.159.490
SM7	3.75	N 1.150.650; E 1.159.600
SM8	4.25	N 1.159.970; E 1.159.650
SM9	3.0	N 1.159.870; E 1.159.385

Fuente: Proyecto

FIGURA. 91 localización de los sondeos manuales

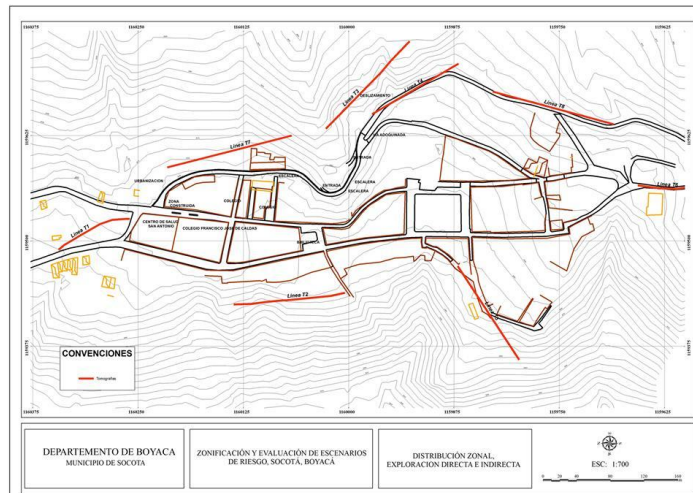


Fuente: Proyecto

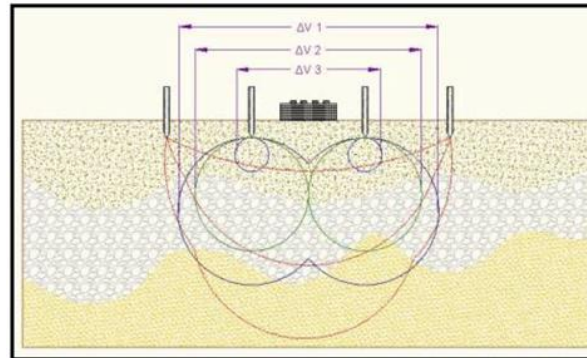
7.2 EXPLORACION INDIRECTA

Se llevaron a cabo 8 líneas de exploración indirecta distribuidas zonalmente en el casco urbano del municipio de Socotá, donde se realizó la toma de datos como coordenadas y alturas para el posterior análisis de los datos arrojados por el dispositivo TERRAMETER LS 04-064-250

FIGURA. 92. Localización de las líneas de Tomografía



El método consiste en inyectar una corriente eléctrica al interior del suelo, la cual regresa al voltímetro con una diferencia de potencial (ΔV) producto de las variaciones en resistencia que resultan del tipo de material o estrato de suelo (Figura 40); cada tipo de material tiene diferente manera a “resistir” una corriente eléctrica, los buenos conductores o materiales humedecidos presentan una resistencia baja a la inyección de corriente, mientras que materiales aislantes presentan resistencias eléctricas mayores (Figura 93).



Fuente: Aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero, Aracil Avila, José Ángel.

7.2.1 Metodología

La Tomografía eléctrica tiene por objetivo específico determinar la distribución real de la resistividad del subsuelo en el ámbito comprendido entre dos sondeos o bien hasta un cierto rango de profundidad a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos mediante medidas realizadas por métodos convencionales de corriente continua. Un factor clave de esta técnica es el número y distribución de las medidas de campo ya que de él depende tanto su resolución como la profundidad de investigación. Como regla general, un estudio mediante Tomografía eléctrica requiere la obtención de un número muy elevado de datos, con un pequeño espaciado entre medidas para conseguir la necesaria resolución lateral que viene dada por la siguiente formula:

$$d = X_{total} / N^{\circ} \text{electrodos}$$

Donde:

d= Distancia entre electrodos

X total= Distancia de la línea extendida

N° electrodos= electrodos a utilizar

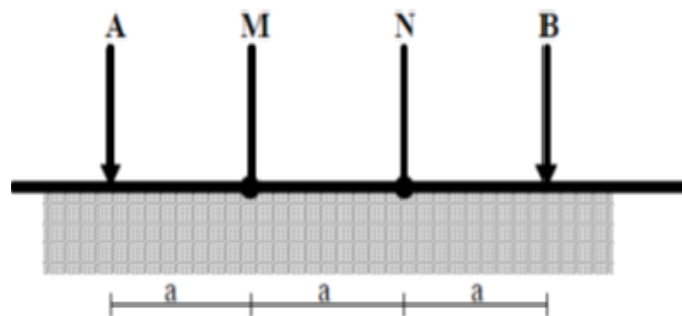
También que las medidas se realicen involucrando de forma progresiva varios rangos de profundidad. El resultado final de este tipo de estudio es una sección distancia-profundidad con la distribución de la resistividad real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos o geotécnicos. Para obtener estos resultados se procede a insertar los parámetros para el cálculo y la medición de las resistividades en campo, utilizando el método o dispositivo de Wenner.

Un dispositivo es un arreglo de electrodos formado con dos pares de electrodos, dos emisores y dos receptores. A través de los electrodos emisores C1C2 se inyecta la corriente continua al terreno midiendo su intensidad con un miliamperímetro en serie, y a través del segundo par se mide la diferencia de potencial entre los electrodos P1P2 con un Mili voltímetro. Se tienen arreglos donde uno o dos electrodos se conectan a una distancia lo suficientemente grande, denominados remotos o infinitos, a la cual no producen perturbaciones en la zona de estudio. En cualquier dispositivo electródico, si conocemos el factor geométrico k , la corriente eléctrica I inyectada por los electrodos A y B, y la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, podemos calcular la resistividad aparente mediante la expresión:

$$\rho = k \Delta V / I.$$

Se aplicó en estas tomografías el DISPOSITIVO WENNER, donde los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB.

FIGURA Dispositivo Wenner



Fuente: Aplicaciones de la tomografía eléctrica 2-d al estudio del subsuelo Javier S. Salgado.

El factor geométrico del dispositivo se deduce de $K = 2\pi(1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN)^{-1}$, donde $K = 2\pi$

Para la realización de las tomografías en el municipio de Socotá se utilizó el equipo TERRAMETER LS 04-064-250 propiedad de la U.P.T.C., con 2 carretes de 210 m. cada uno, 41 electrodos conectados cada uno respectivamente al equipo, para obtener así las siguientes líneas con su respectivo análisis.

FIGURA. 93 .Equipo Utilizado Terrameter ABEM



Fuente. Proyecto

En la figura 94 se indica la distribución de las ocho líneas tomográficas levantadas en la zona urbana. Es de anotar que el pavimento de las calles no permitió el hincado de las estacas, y en consecuencia el programa de exploración previsto tuvo que ajustarse tanto en localización como en longitud, por zonas donde este inconveniente no se presentara.

7.2.2 Resultados de las líneas de tomografías:

Se realizaron 8 líneas de tomografía en el casco urbano del municipio de Socotá las cuales se analizaron a partir de la información arrojada en el desarrollo de la exploración, para exponer estos resultados se mostrara el manejo de información de la línea 1 y por consiguiente las demás líneas estarán consignadas en los anexos (ver anexos).

Línea 1:

FIGURA. 94 Registro fotográfico Línea 1, Área cercana a la Estación de Servicio BRIO.



Fuente: Proyecto

8. ZONA DE EXPANSIÓN

Socotá como la gran mayoría de municipios, se originó a partir de pobladores espontáneos quienes edificaron en zonas no aptas para crecimiento y desarrollo urbanístico es por ello que el municipio se ve limitado en el aspecto de crecimiento poblacional, previsión de espacios para la expansión, la extensión y desarrollo de servicios básicos, control y vigilancia de las estructuras.

Dentro del contexto el municipio de Socotá se caracteriza por presentar una forma alargada y estrecha la cual se limitó gracias a los cambios topográficos y presencia de laderas característico de regiones geomorfológicas recientes, en referencia el municipio se encuentra inhabilitado para crecer en dirección Este – Oeste , con lo cual se realizó una evaluación de las posibles áreas que aplicarían para ser zonas potenciales de expansión

FIGURA. 95 Municipio de Socotá



Fuente: Proyecto

El área de expansión propuesta se encuentra localizada al norte del casco urbano, en el sector conocido como Guanchique, dista aproximadamente a 2 km de la cabecera municipal en la vía que conduce al municipio de Socha. La zona se caracteriza por tener un relieve suave, donde se evidencio que no se presentan procesos erosivos considerables Y actualmente en el sector los suelos son utilizados en la actividad agrícola principalmente como también en la ganadería.

8.1 Geología zona de expansión

La zona de expansión se encuentra localizada sobre depósitos recientes relacionados con los procesos modeladores del paisaje, denominados depósitos Coluviales, caracterizados por ser materiales poco consolidados y producto de los fuertes procesos erosivos antiguos en los cuales se encuentra la disposición de diversos bloques de roca de diferentes tamaños provenientes de unidades geológicas más consolidadas y antiguas.

FIGURA. 96 Zona de expansión



Fuente: Proyecto

8.2 Geomorfología de la Zona de Expansión

La zona que se contempló para la zona de expansión se encuentra dispuesta sobre un paisaje reciente que se encuentra en evolución, rastros de esta actividad se evidencian en los bloques que se han dispuestos de procesos muy antiguos esta unidad geomorfológica se denomina laderas Coluviales donde sus rasgos morfológicos dependerán de las características estructurales del sector como topografía, pendiente, volumen del material transportado etc.

En el sector se caracteriza por poseer baja pendientes y mínimos cambios topográficos, lo que facilita la construcción de viviendas en las zonas.

FIGURA. 97 Bloques rodados en la zona de expansión movimientos antiguos



Fuente: Autores

CONCLUSIONES

La litología presente, asociado al tipo de pendientes, tipos de procesos erosivos, cobertura vegetal y cambios de pendientes que van de medias a altas conllevan a que se presenten fenómenos de remoción en masa como caída de bloques, reptación, deslizamientos y flujos.

El municipio de Socotá geológicamente se encuentra dispuesto sobre depósitos recientes lo cual se evidencia en la inmadurez del paisaje y su estado evolutivo o transformante, es por ello que geomorfológicamente las unidades expuestas son asociadas a eventos recientes y paisajes en vía de evolución.

El municipio de Socotá presenta limitantes en cuanto al crecimiento población y zonas de desarrollo urbanístico debido a los cambios de pendientes y presencia de fenómenos de remoción en masa.

En apoyo técnico y dando cumplimiento a las actividades establecidas dentro del marco referencial del convenio se puede concluir que se llevó a cabo la culminación y cumplimiento de los parámetros y labores encomendadas como el levantamiento geológico, geomorfológico de la zona de estudio y apoyo técnico para la elaboración de la zonificación por fenómenos de remoción en masa.

Dentro del marco referencial y celebración de convenios se establece la directa relación entre el crecimiento profesional como académico de los estudiantes que participan y se vinculan en estos acuerdos por tal razón se deben seguir llevando acabo contratos que permiten resaltar las potencialidades con las cuales cuenta la escuela de Ingeniería Geológica.

Dentro de los objetivos establecidos se participó activamente en las labores solicitadas generando desarrollo y experiencia tanto en la vida laboral como personal.

La práctica empresarial como proceso de culminación del proceso académico de pregrado de formación de ingenieros geólogos, permite adquirir experiencia laboral e investigativa, fortaleciendo nuestras capacidades como profesionales, laborales y personales.

RECOMENDACIONES

Dentro del contexto geológico de la zona y bajo los resultados del estudio se recomienda al municipio de Socotá realizar las obras de ingeniería propuestas debido a la alta vulnerabilidad del área en futuras ocurrencias de fenómenos de remoción en masa y por escorrentía.

Se debe establecer control en los puntos de agua y en el inventario de zonas inestables para evitar futuras afectaciones.

Se sugiere crear campañas de educación poblacional con respecto al uso del suelo y manejo de aguas superficiales ya que estos parámetros favorecen a la inestabilidad del terreno.

Se recomienda la reforestación con especies nativas en los alrededores en especial en la parte oriental de la casco urbano como medida preventiva en la caída de roca.

BIBLIOGRAFÍA

ÍTALO REYES CHITTARO, *Geólogo, Geología de la región de Duitama-Sogamoso-Paz de Río, Departamento de Boyacá. Belencito, abril 1984.*

MARIO F, CARREÑO., JUAN G, DELGADO: *Evaluación geológica de los carbones en el área comprendida entre Socha –Socotá. CARBONES DE COLOMBIA S.A “CARBOCOL”. Sogamoso, Julio 2011.*

ULLOA, C.; RODRÍGUEZ, E.; RODRÍGUEZ, G. (2003): *“Geología de la plancha 172– Paz de Río”*. Memoria explicativa INGEOMINAS. 105p

“Zonificación de áreas susceptibles y niveles de Vulnerabilidad ante Amenazas del tipo Movimientos de masa desbordes por crecidas, en el trayecto urbano de la Quebrada Milla”, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, Facultad de Ciencias forestales y Ambientales, Escuela de geografía, Mérida, Venezuela, 2008.

