

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	3
5.1	MEDIO ABIÓTICO	3
5.1.7	Geotecnia	3
5.1.7.1	Metodología	3
5.1.7.2	Fases de Zonificación	3
5.1.7.3	Valoración de las UCP “Unidades Cartográficas de parámetro”	8
5.1.7.4	Susceptibilidad General del terreno	24
5.1.7.5	Factor Detonante Precipitación	25
5.1.7.6	Factor Detonante Sismo.....	27
5.1.7.7	Mapa de Zonificación Geotécnica	28

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 5-1 SUSCEPTIBILIDAD GEOLÓGICA SL	11
TABLA 5-2 SUSCEPTIBILIDAD HIDROGEOLÓGICA	13
TABLA 5-3 SUSCEPTIBILIDAD COBERTURA Y USO DEL SUELO.....	15
TABLA 5-4 SUSCEPTIBILIDAD GEOMORFOLÓGICA	17
TABLA 5-5 SUSCEPTIBILIDAD POR PENDIENTES	20
TABLA 5-7 INTERVALOS DE AMENAZA CON LLUVIA REALIZADO CRUCE CARTOGRÁFICO.....	26
TABLA 5-8 VALORES AA, AD.....	27
TABLA 5-9 INTERVALOS DE AMENAZA CON SISMO.....	27
TABLA 5-10 CATEGORÍA DE AMENAZA	29
TABLA 5-11 DISTRIBUCIÓN DE LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	31

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 5-1 DIAGRAMA METODOLÓGICO PARA OBTENER LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	4
FIGURA 5-2 DIAGRAMA DE FASES DENTRO DEL PROYECTO DE ZONIFICACIÓN	5
FIGURA 5-3 ELEMENTOS A RECOPIRAR DENTRO DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN BASE	6
FIGURA 5-4 CARTOGRAFÍA TEMÁTICA CONSTRUIDA	6
FIGURA 5-5 MAPAS ÍNDICE A SER CONSTRUIDOS	7
FIGURA 5-6 VARIABLES DE ANÁLISIS	7
FIGURA 5-7 CONSTRUCCIÓN DE LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	8
FIGURA 5-8 EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO DENSIDAD DE DRENAJES.....	8
FIGURA 5-9 CALCULO DEL PARÁMETRO SD DENSIDAD DE DRENAJE	9
FIGURA 5-10 PARÁMETRO ESTRUCTURAL SES	10
FIGURA 5-11 PARÁMETRO LITOLÓGICO SL.....	12
FIGURA 5-12 PARÁMETRO HIDROGEOLOGÍA SH	14
FIGURA 5-13 PARÁMETRO COBERTURA SC	16
FIGURA 5-14 PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA	19
FIGURA 5-15 PARÁMETRO PENDIENTES SP	21
FIGURA 5-16 VARIABLES DE EVALUACIÓN PARÁMETRO DE MORFO DINÁMICA	22
FIGURA 5-17 PARÁMETRO INTENSIDAD DE EROSIÓN SE.....	23
FIGURA 5-18 SUSCEPTIBILIDAD TOTAL	25
FIGURA 5-19 DETONANTE PRECIPITACIÓN	26
FIGURA 5-20 DETONANTE SISMO	28
FIGURA 5-21 AMENAZA TOTAL ZG	30
FIGURA 5-22 DISTRIBUCIÓN ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	31

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.7 Geotecnia

5.1.7.1 Metodología

Las alternativas disponibles dentro del análisis de estabilidad de laderas u zonificación geotécnica son diversas y se encuentran en función de la calidad e información técnica disponible, el análisis en particular procede de la extensión, magnitud y tipo de estudio. En alusión a los términos de referencia cuya escala es recae dentro de una categoría de análisis regional 1:25000, es común el uso de técnicas a partir de los sistemas de información geográfica.

De tal forma la metodología planteada se fundamenta en el uso de unidades cartográficas directas e indirectas (Hansen, 1984), esto en alusión a la pertinencia del uso de los registros en campo, inventarios, levantamientos, análisis, foto interpretación y construcción de nuevas variables de análisis derivada pos procesamientos de imágenes satelitales y modelos digitales de elevación.

(Gee, 1992) Denota al método como UCP (Unidades cartográficas de parámetro) en donde se conjuga el uso de las potencialidades de los archivos raster (grilla de celdas y columnas), superposición temática de mapas y el análisis de las unidades de superficie. Para ello mediante el método de asignación de pesos según experto las unidades cartográficas son evaluadas.

La evaluación de variables, o cualidades dentro de las unidades cartográficas de parámetro es subjetiva, describe y asigna valores numéricos con la utilización de métodos de tipo cualitativo y semicuantitativos comúnmente conocidos como heurísticos.

En el análisis de múltiples variables se acude al uso de métodos estadísticos univariados o multivariados según la calidad y cantidad de información técnica disponible, en el segundo caso estos “se fundamentan en el análisis conjunto de las diferentes variables de terreno, la presencia (1) o ausencia de (0) de factores de inestabilidad, definidos por valores números o descriptores alfanuméricos”. (Vargas Cuervo, 1999).

De tal forma el análisis y discriminación de la zonificación geotécnica dentro del área de influencia para el bloque COR-15, se fundamenta en un análisis de tipo estadístico multivariado, con asignación de pesos dentro de las unidades cartográficas de parámetro modificada de la propuesta realizada por (Vargas Cuervo, 1995).

5.1.7.2 Fases de Zonificación

A continuación, en la **Figura 5-1** se aprecia las fases de la zonificación.

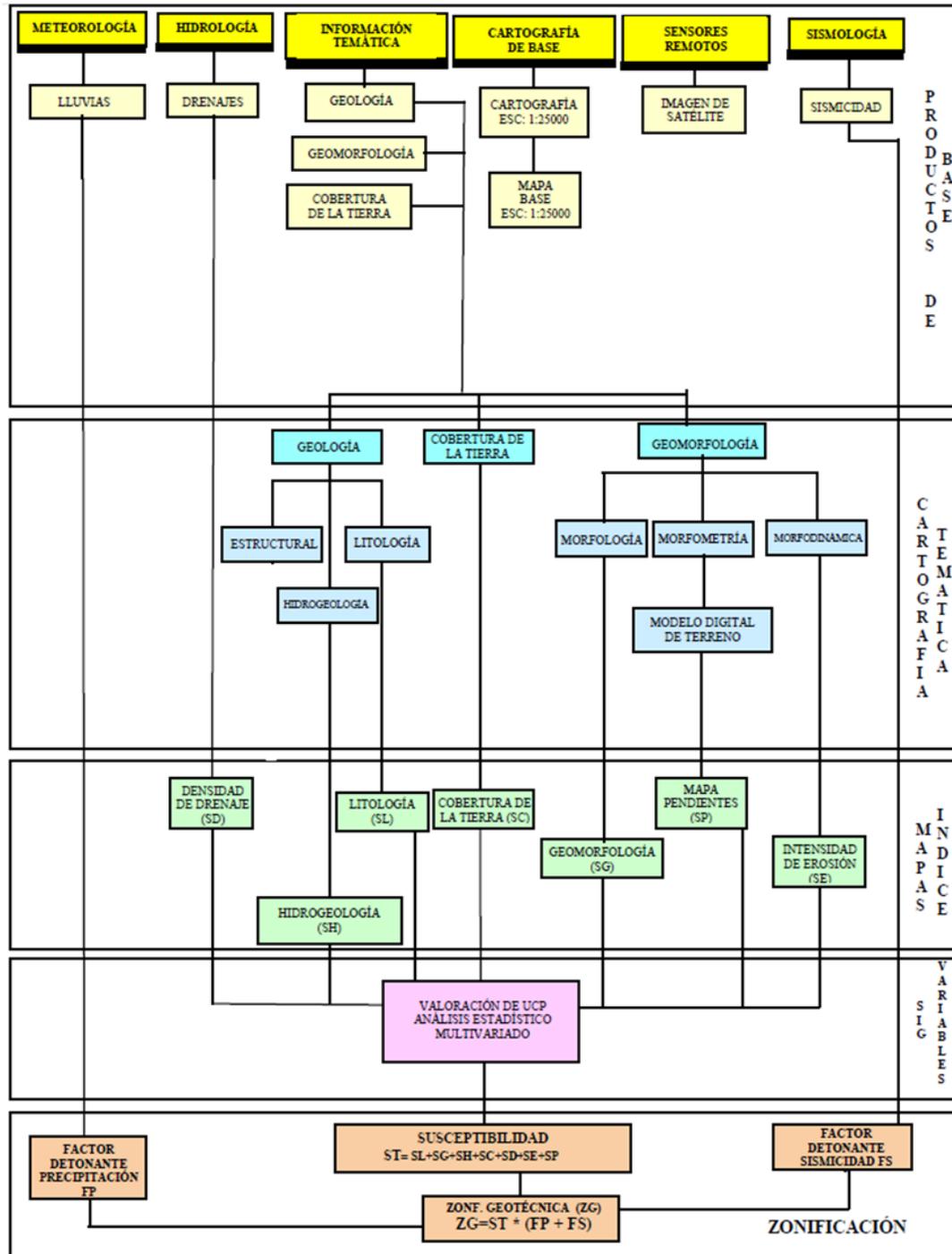


Figura 5-1 Diagrama metodológico para obtener la zonificación geotécnica

Fuente: Modificado de Vargas, 1999

Las etapas dentro de la realización de la zonificación geotécnica se distribuyen en 5 fases las cuales obedecen en orden cronológico a: 1) Levantamiento de información base, 2) evaluación de cartografía temática tomada de la línea base ambiental, 3) generación de mapas índice o producto realizados del cruce cartográfico con el uso de los sistemas de información geográfica, 4) análisis de las variables de los productos cartográficos temáticos y 5) cruce de la susceptibilidad geotécnica, con la evaluación de detonantes siendo estas las precipitaciones y el detonante sismo. Ver **Figura 5-2**.

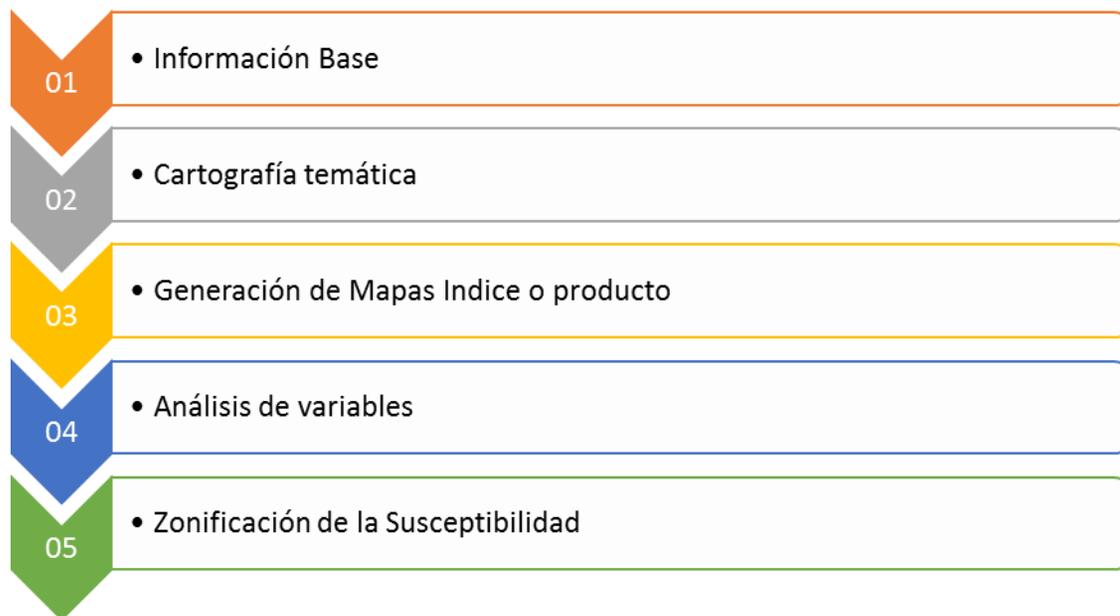


Figura 5-2 Diagrama de Fases dentro del proyecto de Zonificación

Fuente: Modificado de Vargas 1999

5.1.7.2.1 Información Base

La información base es el compilado de tres ejes temáticos que se redistribuyen entre la recopilación de cartográfica base IGAC escala 1:25.000 para la evaluación del primer factor que en este caso corresponde a la densidad de drenajes, ver **Figura 5-3**.

El segundo grupo corresponde al recopilado de información temática de: Geología, Geomorfología, coberturas e hidrogeología en estas se destacan la delimitación de las variables de interés como; litología, fallas estructurales, subunidades geomorfológicas, unidades hidrogeológicas y unidades cobertura. Dentro de esta variable igualmente se hace uso del componte de morfo dinámica recopilado del inventario de procesos erosivos, inventario de fenómenos de remoción en masa y levantamiento de boca minas a cielo abierto y bajo tierra. Lo anterior con el apoyo y evaluación de información retomada de sensores remotos y ortofotomosaicos.

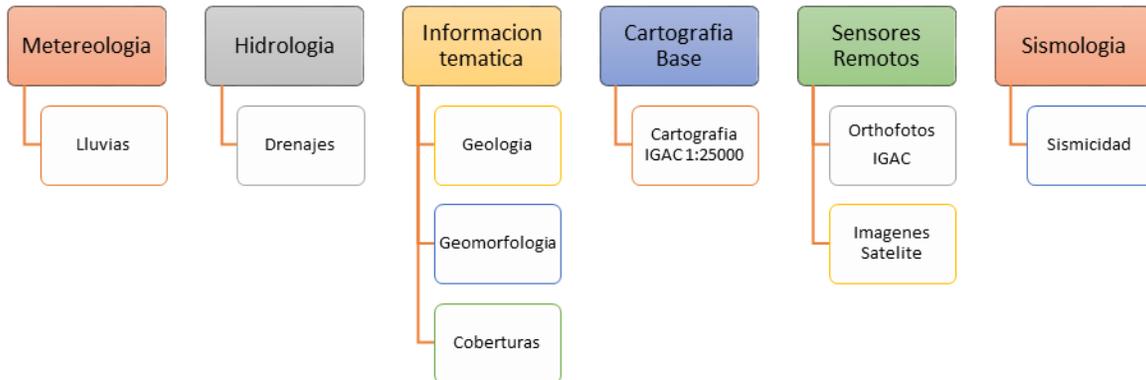


Figura 5-3 Elementos a recopilar dentro del levantamiento de información base

En una tercera línea de información se recopila y evalúa lo correspondiente a la distribución de las lluvias máximas en 24 horas y precipitación media anual e información perteneciente a la aceleración sísmica como unidad de medida dentro del reglamento colombiano de Construcción sismo resistente, NRS-10.

5.1.7.2.2 Cartografía temática.

La compilación de información cartográfica base es el compilado de lo descrito dentro del capítulo 5 Componente abiótico, en las temáticas de geología en evaluación de la densidad de fallas dentro del componente estructural en evaluación del trazo espacial de cada una de las fallas en el área de influencia, de igual forma mediante el análisis y evaluación de la litología de cada una de las formaciones lito estratigráficas aflorantes. Ver **Figura 5-4**.

De forma análoga a la evaluación de las unidades geológicas, se recopila lo descrito y delimitación de las capas de coberturas geomorfología con énfasis en la morfología y morfo dinámica.

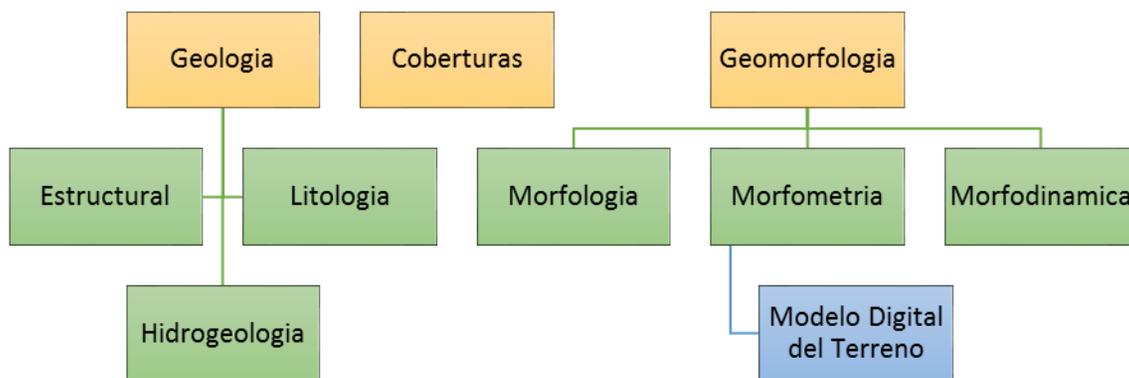


Figura 5-4 Cartografía temática Construida

5.1.7.2.3 Elaboración de Mapas Índice

La elaboración de mapas índice procede de la evaluación cualitativa y semi cuantitativa de valores índice. mediante el uso de los sistemas de información geográfica estas son llevadas a valores numéricos en evaluación de criterio experto de cada una de las alternativas que preceden de las características tales como litología, unidades hidrogeológicas sub unidades geomorfológicas. Ver **Figura 5-5**.

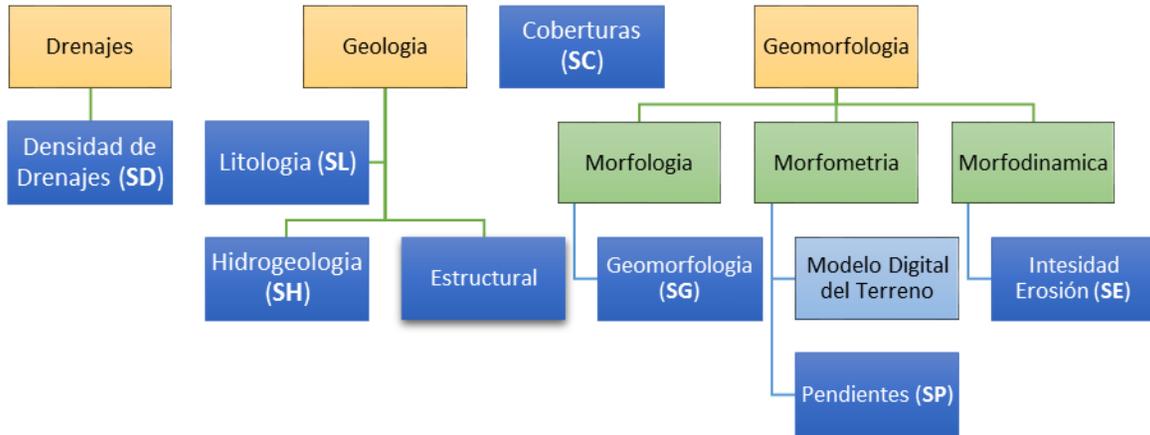


Figura 5-5 Mapas Índice a ser construidos

5.1.7.2.4 Análisis de Variables

Evaluadas cada una de las variables de interés dentro del análisis de la zonificación geotécnica, se procede al uso de los sistemas de información, con el fin de indicar dentro de las tablas de atributos el valor numérico para cada una de los valores cualitativos indicados desde la fase de elaboración de mapas índice. Previo a los cruces cartográficos realizados en la etapa de zonificación. Ver **Figura 5-6**.

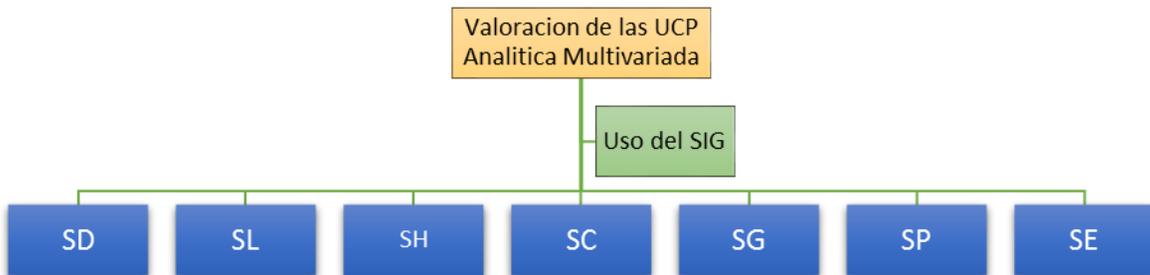


Figura 5-6 Variables de análisis

5.1.7.2.5 Zonificación Geotécnica

Con el resultado del análisis de variables en lo correspondiente a la determinación de la susceptibilidad total, en sumatoria de cada uno de los valores determinados desde el mapa índice.

son evaluados tanto el factor detonante de precipitación FP y factor detonante sismo FS, lo que conduce al cruce y calculo final de la zonificación geotécnica. Ver **Figura 5-7**.

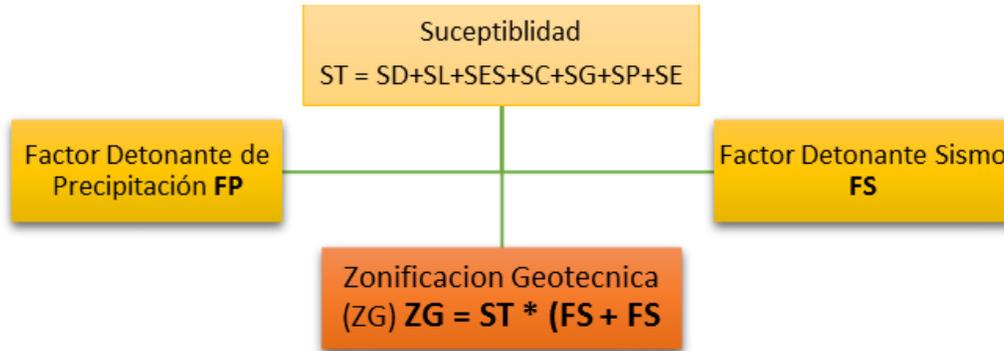


Figura 5-7 Construcción de la zonificación Geotécnica

5.1.7.3 Valoración de las UCP “Unidades Cartograficas de parametro”

5.1.7.3.1 Densidad de drenajes SD

Dentro del cálculo de esta variable se recurre al uso de los sistemas de información geográfica con el fin de establecer la densidad presentada por la delimitación de las redes de drenaje al interior del área de influencia, en análisis dentro de una retícula de 500 metros. Dado que este cálculo no discrimina el tipo de drenaje, se recurre a evaluar la importancia de los cauces de agua principales en la zona (Río Chicamocha), secundarios como quebradas y zanjones, así como los cauces del tipo intermitente en función del caudal evacuado. Ver **Figura 5-8**

Para ello se realiza asignación de pesos y delimitación de un área de influencia asociada al cauce. Lo anterior con el fin de ponderar mediante evaluación la incidencia de la concentración de lluvias debido a la presencia o no de cauces. variable que condiciona la existencia u ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, inestabilidad de laderas entre otros. Ver **Figura 5-9**

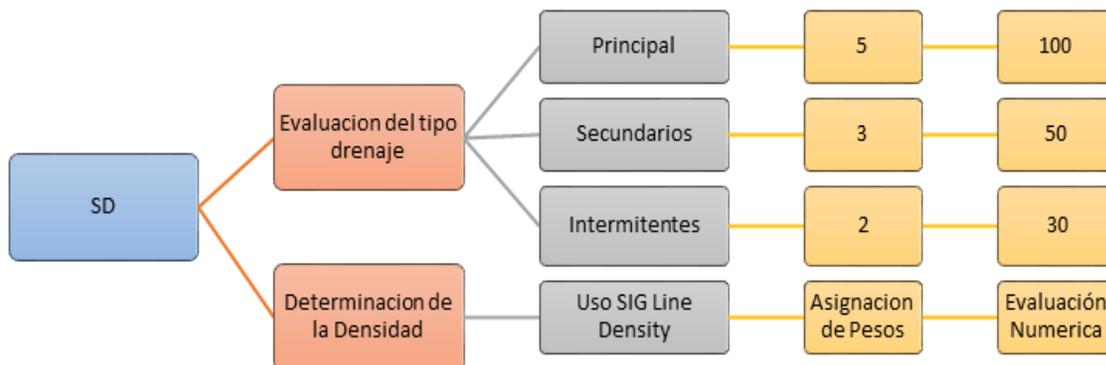


Figura 5-8 Evaluación del parámetro densidad de drenajes

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

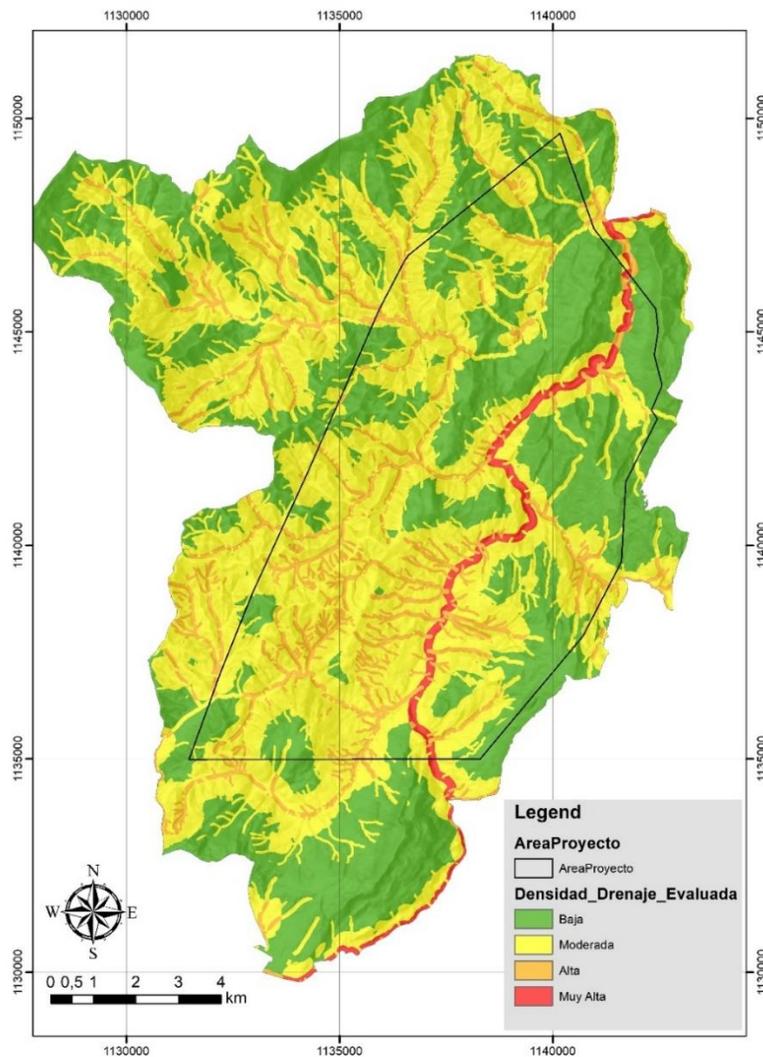


Figura 5-9 Calculo del Parámetro SD Densidad de drenaje

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.3.2 Densidad Estructural SES

La densidad estructural es un parámetro conceptual en el cual se evalúa la concentración del trazo de las estructuras o fallas geológicas que afectan a las rocas aflorantes dentro del área de interés, dicha concentración se enmarca dentro de una retícula de análisis con un radio de 500m dentro de cada uno de los lineamientos geológico estructurales al interior del área de influencia para el bloque COR-15.

Su reclasificación está dada dentro del análisis del tipo geométrico, el cual da relevancia a la geometría de entrada dentro de la ecuación de calculo que para este caso corresponde al trazo de las fallas aflorantes. en descripción dentro del componente de geología los bloques conformados por los trazos de la falla de Soapága limita dos bloques, el izquierdo asociado al stock de Otengá y

el derecho al conjunto plegado de rocas sedimentarias con diversas fallas transversales a su trazo.
Ver **Figura 5-10**

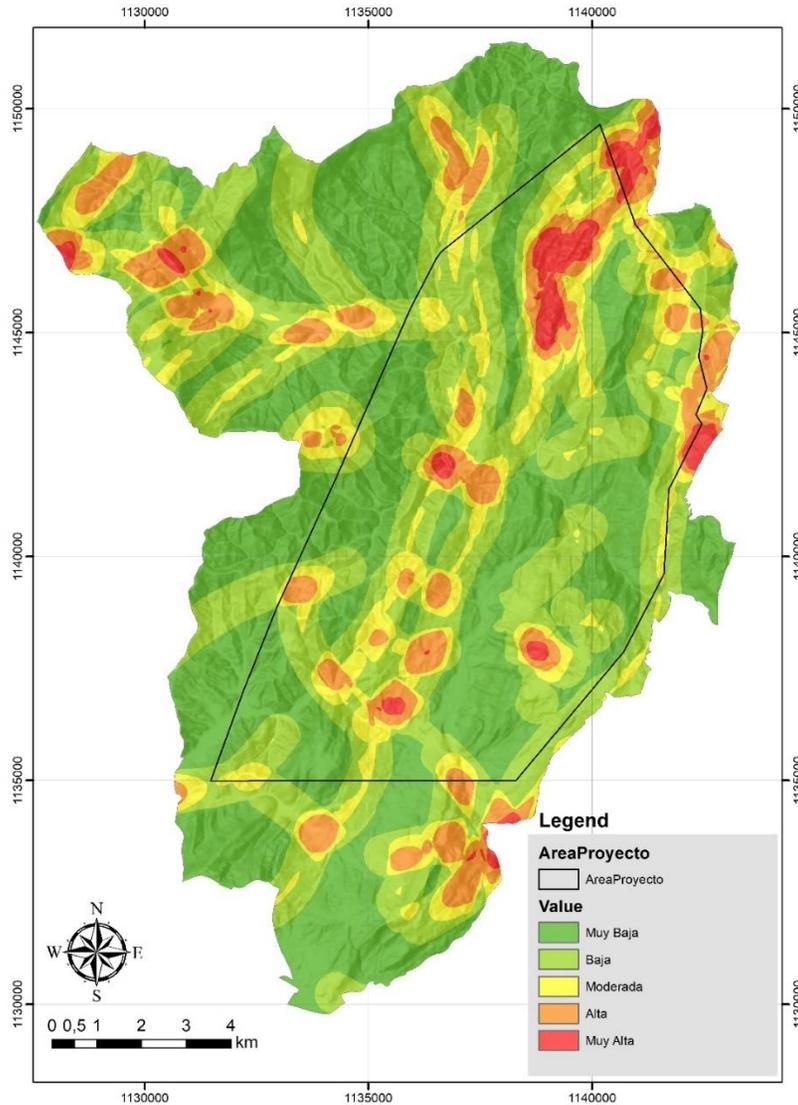


Figura 5-10 Parámetro estructural SES

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.3.3 Litología SL

El parámetro de litología SL es el resultado de una evaluación cualitativa de forma numérica que describe el comportamiento geo mecánico de estabilidad ante las diferencias genéticas de las unidades de roca aflorantes dentro del área de influencia, que para el caso es diversa por la presencia de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias presentes.

La evaluación es realizada mediante criterio experto en donde la asignación del peso para las rocas muy blandas no consolidadas, altamente fracturadas es muy alta (5), que en contra posición a este se asigna un valor de muy baja (1). En análisis a la susceptibilidad u ocurrencia de inestabilidad geotécnica de rocas duras consolidadas. Ver **Tabla 5-1**

Dentro de valores medios son categorizadas unidades que presentan alternancias litológicas aflorantes discontinuidad, fractura miento y exposiciones rocosas estables, pero que dadas sus características no pueden estar en uno de los extremos de calificación u ponderación. Ver **Figura 5-11**

Tabla 5-1 Susceptibilidad Geológica SL

SIGLA	FORMACIÓN	PREDOMINANTE	PESO
Qal	Deposito Cuaternario Aluvial		3
Qc	Deposito Cuaternario Coluvial		5
Qpl	Deposito Cuaternario Fluvial Lacustre		5
Naa	Deposito Cuaternario Fluvial Neógeno		4
Qpg	Deposito Cuaternario Glaciar		4
E2as	Formación Arcillas de Socha	arcillolitas	3
E1ars	Formación Areniscas de Socha	arenisca	2
K2k3c	Formación Chipaque	arcillolitas	3
E2c	Formación Concentración	Arenisca y Arcillolitas	3
D3d6c	Formación Cucho	Arenisca y lodotitas	3
?o?efb	Formación Filitas y Esquistos de Busbanzá	Filitas y esquistos	3
D2f	Formación Floresta	Arenisca lodosa	2
J3g	Formación Girón	Arenisca	2
K2k6gg	Formación Guaduas	Arcillolitas y areniscas	3
K2k5lt	Formación Labor y Tierna	Arcillolitas y calizas	3
K2k5lp	Formación Los Pinos	Arcillolita	3
E2p	Formación Picacho	Arenisca	2
K2k5gp	Formación Plaeners		3
K1b3t	Formación Tibasosa	caliza, arcillolita y arenisca	2
D1d3t	Formación Tibet	Arenisca	2
K2k1u	Formación Une	Arenisca	2
?o?q	Neis de Quebradas	Filitas y esquistos	3
Oso	Stock de Otengá	Roca granito cuarzo	2

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

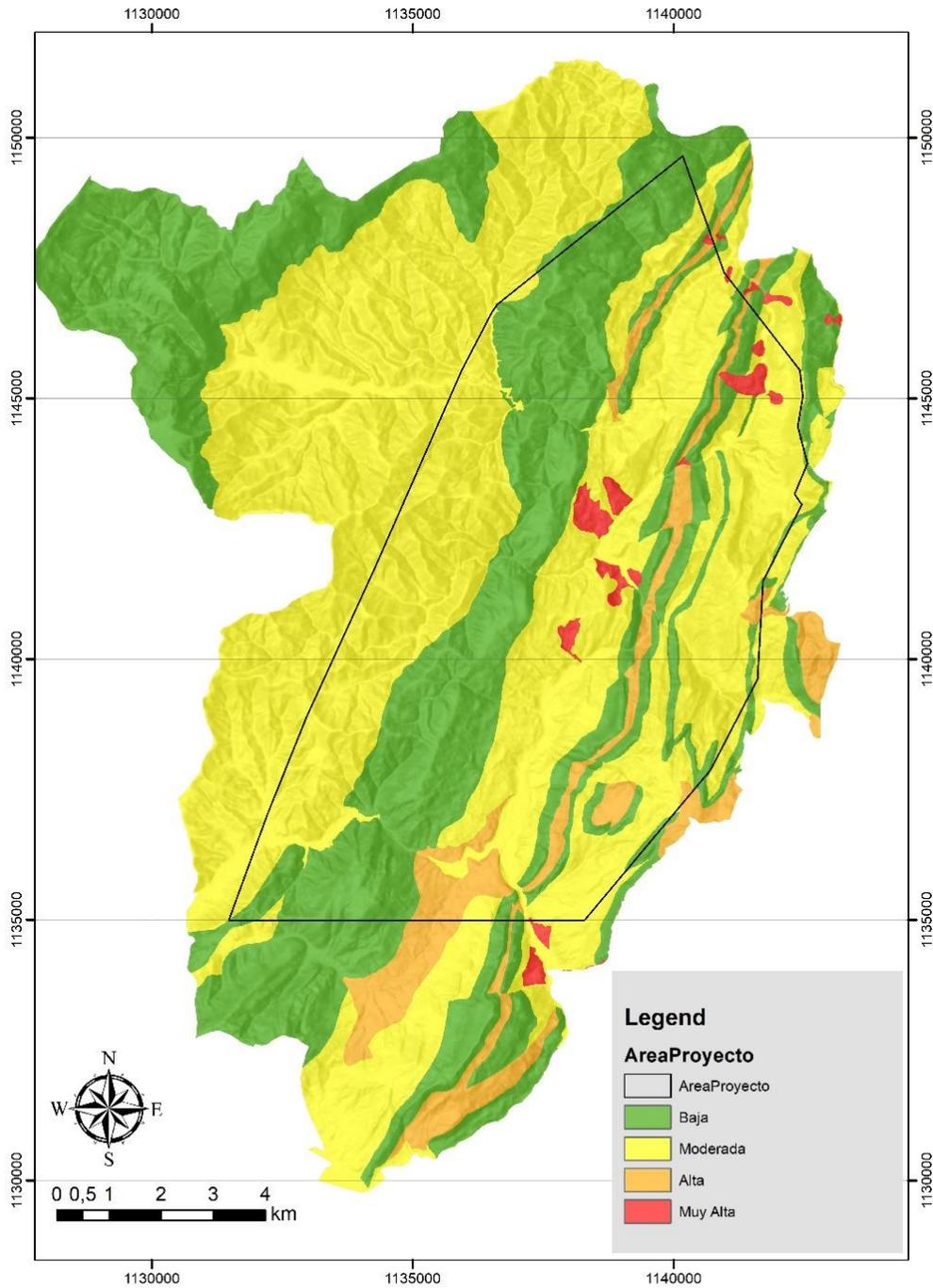


Figura 5-11 Parámetro litológico SL
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.3.4 Hidrogeología SH

El parámetro de hidrogeología es una alternativa de evaluación que se relaciona directamente con el tipo de roca, tamaño de grano y geología estructural que afecta o dispone a las unidades litoestratigráficas aflorantes. Esta serie de atributos describe la cualidad de almacenar, retener o comunicar el paso de agua desde superficie hacia profundidad. Ver **Tabla 5-2**

En tal sentido la evaluación del parámetro SH está en función de la capacidad de retener agua en superficie, criterio que es considerado en la evaluación de susceptibilidad ante la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa u presencia de zonas inestables. Ver **Figura 5-12**

Tabla 5-2 Susceptibilidad Hidrogeológica

NOMBRE	PESO
Acuícludo Floresta	1
Acuífero Areniscas de Socha	3
Acuífero Depósito Fluvial Neógeno	4
Acuífero Depósitos Aluviales	4
Acuífero Depósitos Coluviales	4
Acuífero Depósitos Fluvio – Lacustres	4
Acuífero Girón	4
Acuífero Labor y Tierna	3
Acuífero Picacho	3
Acuífero superficial meteorizado y fracturado Filitas y Esquistos de Busbanzá	4
Acuífero superficial meteorizado y fracturado Stock de Otengá	4
Acuífero Tibasosa	4
Acuífero Tíbet	3
Acuífero Une	3
Acuífugo Neis de Quebradas	1
Acuitardo Arcillas de Socha	2
Acuitardo Chipaque	2
Acuitardo Concentración	2
Acuitardo Cucho	2
Acuitardo Guaduas	2
Acuitardo Los Pinos	2
Acuitardo Plaeners	2

Fuente: UPTC- INCITEMA ,2019

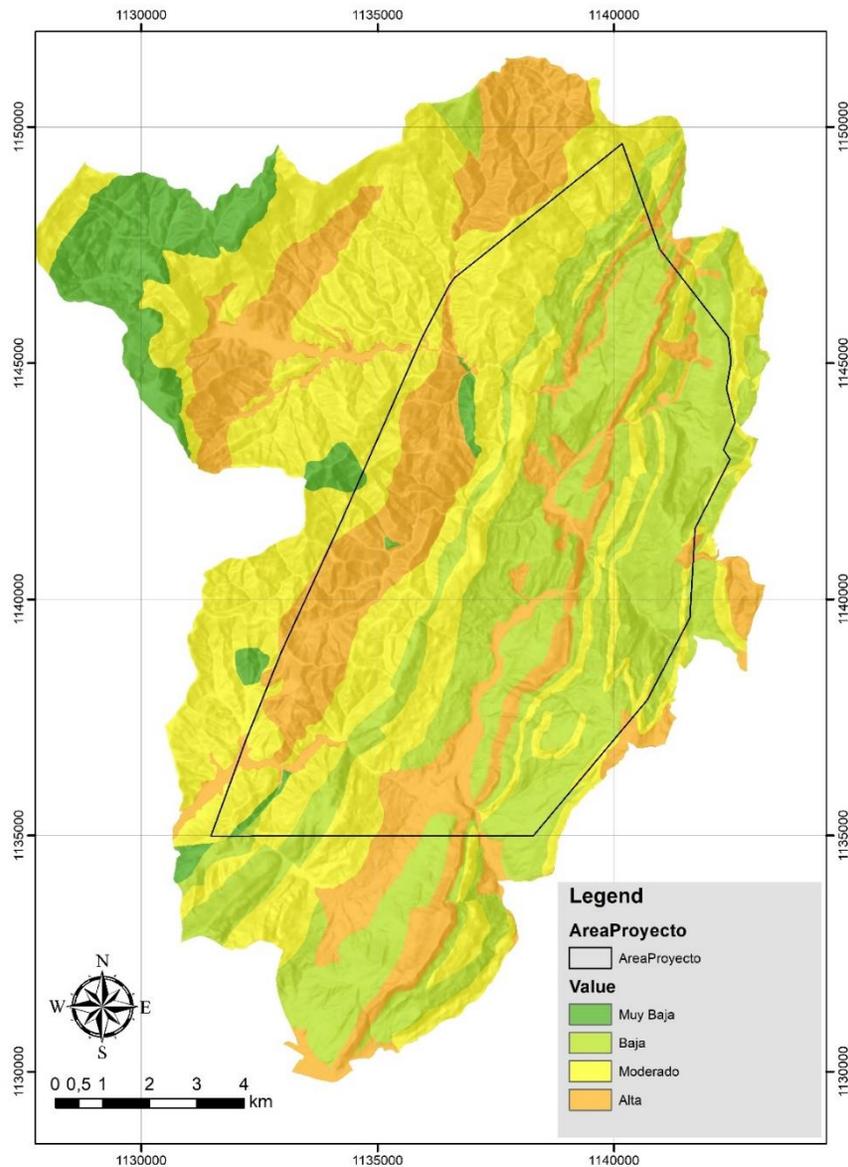


Figura 5-12 Parámetro hidrogeología SH

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.3.5 Coberturas y uso de Suelo SC

El parámetro de coberturas es la evaluación subjetiva según criterio experto que asocia cualidades basadas en la presencia o no de una cobertura vegetal sobre las unidades de suelo y roca según sea el caso en función de la capacidad de condicionar la ocurrencia presencia o delimitación de áreas geotécnicamente homogéneas.

De acuerdo con esto al margen derecho de una evaluación se localizan coberturas desprovistas de unidades vegetales u de tipo antrópico que en poco o nada contribuyen con la estabilidad de suelo y laderas dada la condición expuesta a diversos procesos erosivos. Ver **Tabla 5-3**

Al margen izquierdo se hayan unidades vegetales frondosas con raíces profundas, alturas de dosel considerables con capacidad de retención de agua mediante fotosíntesis, protegen la capa de suelo ante “fuerza tractiva del agua” dichas cualidades reducen considerablemente la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y por ende delimita áreas de mayor estabilidad. Ver **Figura 5-13**

Tabla 5-3 Susceptibilidad Cobertura y uso del suelo

COBERTURA	PESO
Afloramientos rocosos	4
Arbustal	2
Bosque abierto	3
Bosque de galería y/o ripario	1
Cultivos confinados	2
Cultivos permanentes arbóreos	2
Herbazal	2
Hortalizas	2
Mosaico de pastos y cultivos	3
Pastos arbolados	2
Pastos limpios	3
Plantación forestal	2
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3
Ríos (50 m)	1
Tejido urbano continuo	2
Tejido urbano discontinuo	3
Tierras desnudas y degradadas	5
Tubérculos	2
Zonas de extracción minera	5
Zonas industriales o comerciales	3

Fuente: UPTC - INCITEMA, 2019

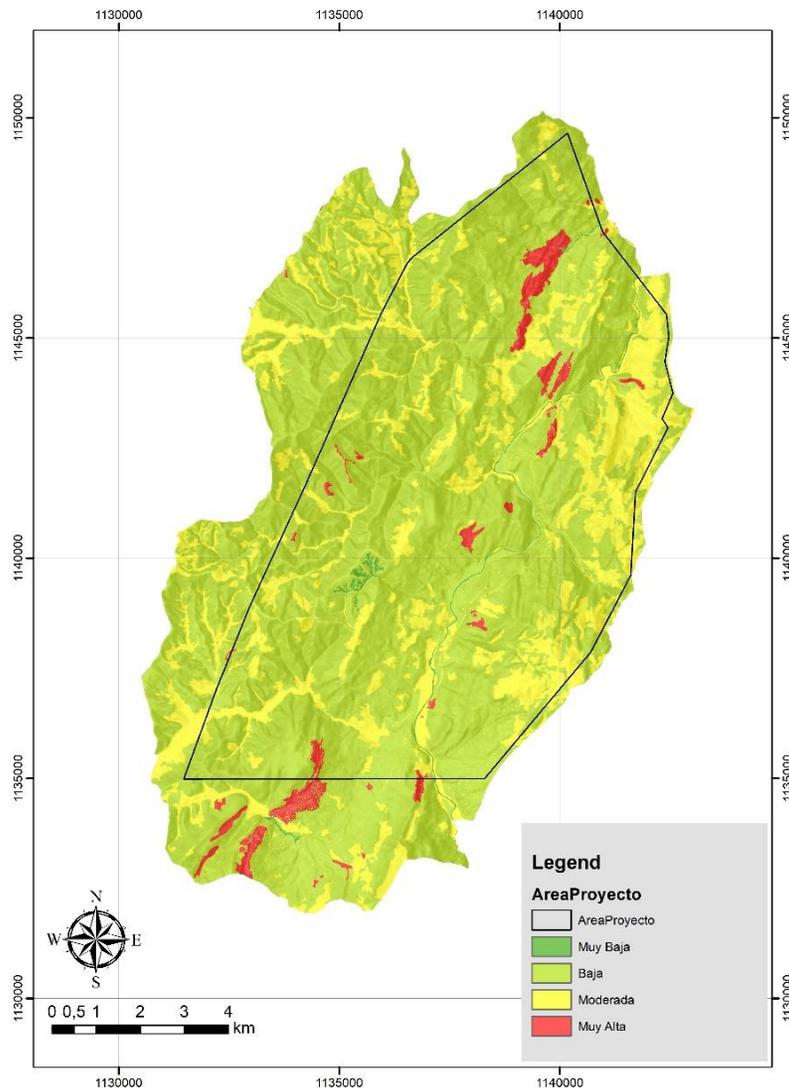


Figura 5-13 Parámetro Cobertura SC

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.3.6 Geomorfología SG

En la evaluación del parámetro de geomorfología se acude al análisis genético de las formas del relieve y su disposición geométrica con respecto al atributo de relieve evaluado, diversidad de los ambientes planteados dentro de la metodología del Servicio Geológico Colombiano para la delimitación cartográfica de las subunidades geomorfológicas que para el caso del área de influencia prevalecen las unidades genéticas de origen estructural asociadas a la geodinámica interna y externa que dio consiogo la evolución de la cordillera oriental en análisis de las particularidades del área como lo es la presencia del macizo de floresta.

De tal forma y de acuerdo con la delimitación, definición y características particulares de las subunidades geomorfológicas las ponderaciones o peso asignado es realizado a geo formas que en evaluación de atributos ofrecen una mayor estabilidad bien sea el caso de superficies planas o poco inclinadas asociadas a depósitos de llanura, cimas, laderas estructurales a barras de longitudinales. Ver **Tabla 5-4**

De otra parte, son ponderados los depósitos aluviales “Conos de deslizamiento o tales”, lomo de falla o las laderas en estructurales, como áreas con mayor probabilidad ante la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y por ende de características geotécnicas de inestabilidad altas a muy altas. Ver **Figura 5-14**

Tabla 5-4 Susceptibilidad Geomorfológica

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	COD	PESO
Barra longitudinal	Fbl	2
Barra puntual	Fbp	2
Canteras	Ac	3
Cauce aluvial	Fca	2
Cerro estructural	Sce	2
Cerro remanente o relicto	Dcrem	2
Cima	Dc	2
Colina remanente disectada	Dcred	3
Colina residual	Dcr	3
Colina residual muy disectada	Dcrmd	3
Cono de deslizamiento indiferenciado	Ddi	4
Cono de talus	Dct	4
Cono y lóbulo coluvial y de soliflucción	Dco	3
Escarpe de erosión mayor	Deem	4
Escarpe de erosión menor	Deeme	4
Escarpe de línea de falla	Slfe	5
Escarpe de terraza de acumulación	Ftae	4
Escarpe de terraza de erosión	Ftee	4
Espolón bajo de longitud corta	Sesbc	3
Espolón bajo de longitud larga	Sesbl	3
Espolón bajo de longitud media	Sesbm	3
Espolón estructural glaciado	Gee	3
Espolón facetado moderado de longitud larga	Sefcml	3
Espolón facetado moderado de longitud media	Sefcmm	3
Espolón festoneado bajo de longitud media	Sefesbm	4
Espolón festoneado moderado de longitud larga	Sefesml	4
Espolón moderado de longitud larga	Sesml	3
Espolón moderado de longitud media	Sesmm	3
Glacis de acumulación	Dga	3
Ladera contrapendiente	Slcp	3
Ladera contrapendiente sierra anticlinal glaciada	Gsalc	3
Ladera contrapendiente sierra sinclinal glaciada	Gsslc	3
Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	Ssalc	4
Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	Sshlc	4
Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	Ssslc	4
Ladera erosiva	Dle	3
Ladera estructural	Sle	3
Ladera estructural de sierra anticlinal	Ssale	4

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	COD	PESO
Ladera estructural de sierra homoclinal	Sshle	4
Ladera estructural de sierra sinclinal	Sssle	4
Ladera estructural de sierra sinclinal glaciada	Gssle	3
Ladera ondulada	Dlo	2
Loma denudada	Dld	3
Loma residual	Dlor	3
Lomerios disectados	Dldi	4
Lomerios muy disectados	Dlmd	4
Lomo de falla	Slf	5
Lomo denudado bajo de longitud corta	Dldebc	2
Lomo denudado bajo de longitud larga	Dldebl	2
Lomo denudado bajo de longitud media	Dldebm	2
Lomo denudado moderado de longitud larga	Dldeml	3
Lomo denudado moderado de longitud media	Dldemm	3
Montículo y ondulaciones denudacionales	Dmo	4
Planicie aluvial confinada	Fpac	2
Plano o llanura de inundación	Fpi	1
Sierra anticlinal	Ssan	3
Sierra anticlinal glaciada	Gsag	3
Sierra denudada	Dsd	3
Sierra sinclinal glaciada	Gssg	3
Sierra y lomo de presión	Sslp	4
Superficies de explanación	Asp	3
Terraza de acumulación	Fta	3
Terraza de acumulación antigua	Ftan	2
Terraza de acumulación subreciente	Ftas	2
Terraza de erosión	Fte	3
Barra longitudinal	Fbl	2

Fuente: UPTC - INCITEMA,2019

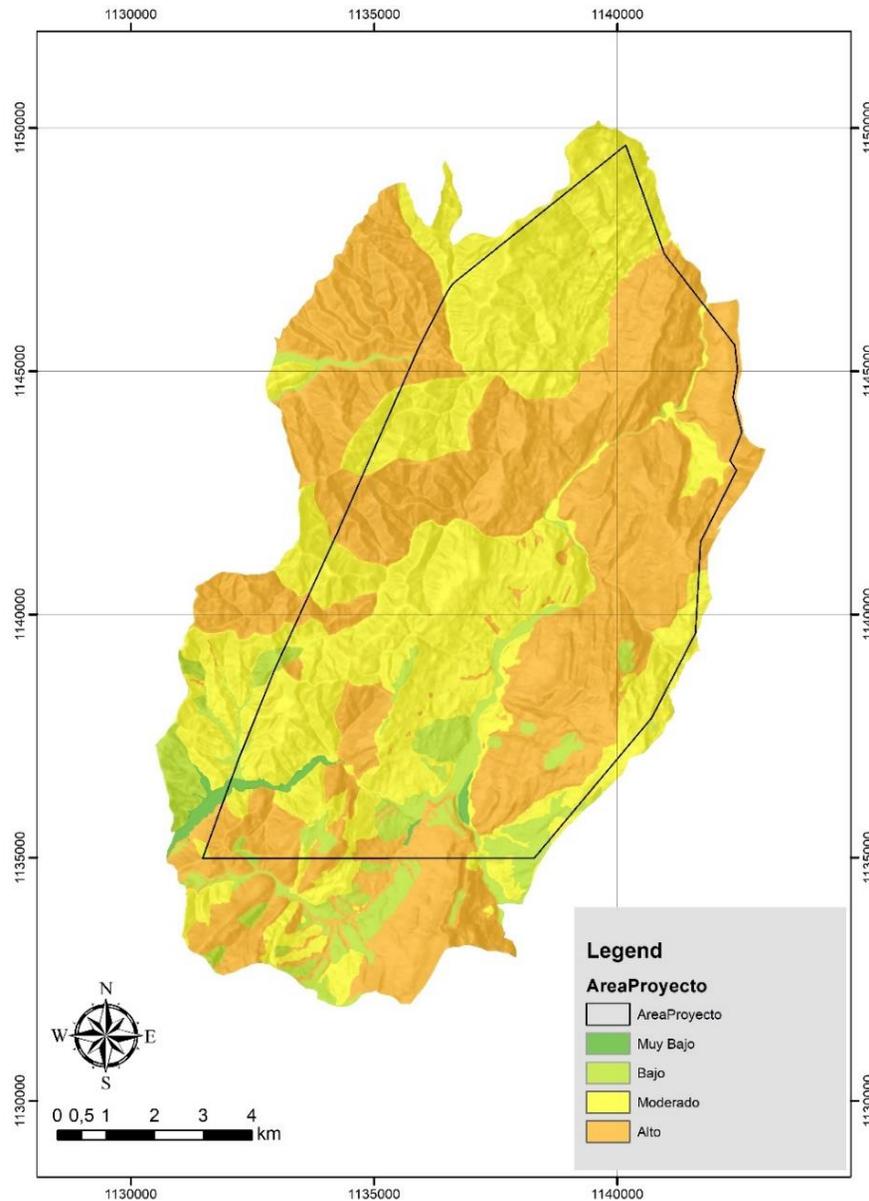


Figura 5-14 Parámetro Geomorfología

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.3.7 Pendientes

A partir del uso de modelos digitales de elevación son realizados análisis geo espaciales con el fin de extraer la variable pendiente que en conjunto a lo desarrollado en el capítulo de geomorfología en lo pertinente a la extracción de parámetros de relieve (Pendientes, acuenca y rugosidad) son determinados dichos parámetros.

Para ello a pendiente bajas menor susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, en pendientes ligeras y ligeramente inclinadas, son asignados los valores intermedios y en el extremo superior aquellas fuertemente escarpadas o totalmente escarpadas. Ver **Tabla 5-5**

El parámetro de pendiente se relaciona directamente a demás variables de análisis como los suelos siendo de mayor espesor en áreas planas o en laderas inclinadas que presentan una mayor susceptibilidad a la erosión y escarpadas asociadas a afloramientos rocosos.

En tal sentido esta evaluación se torna numérica y delimita así polígonos con parámetros homogéneos que contribuyen al análisis de estabilidad en suma de análisis de capas temáticas decrecientes como lo es la cobertura, suelos geología y subsuelo. Ver **Figura 5-15**

Tabla 5-5 Susceptibilidad por Pendientes

%	PENDIENTES	PESO
0-1%	A nivel, 0-1% (a)	1
1-3%	Ligeramente plana, 1-3% (a)	1
3-7%	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	2
7 -12%	Moderadamente inclinada, 7-12% (c)	3
12 - 25%	Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	3
25 -50%	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50% (e)	4
50 – 75%	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada, 50-75% (f)	4
75 – 100%	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada, 75-100% (g)	5
> 100%	Totalmente escarpada, >100% (g)	5

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

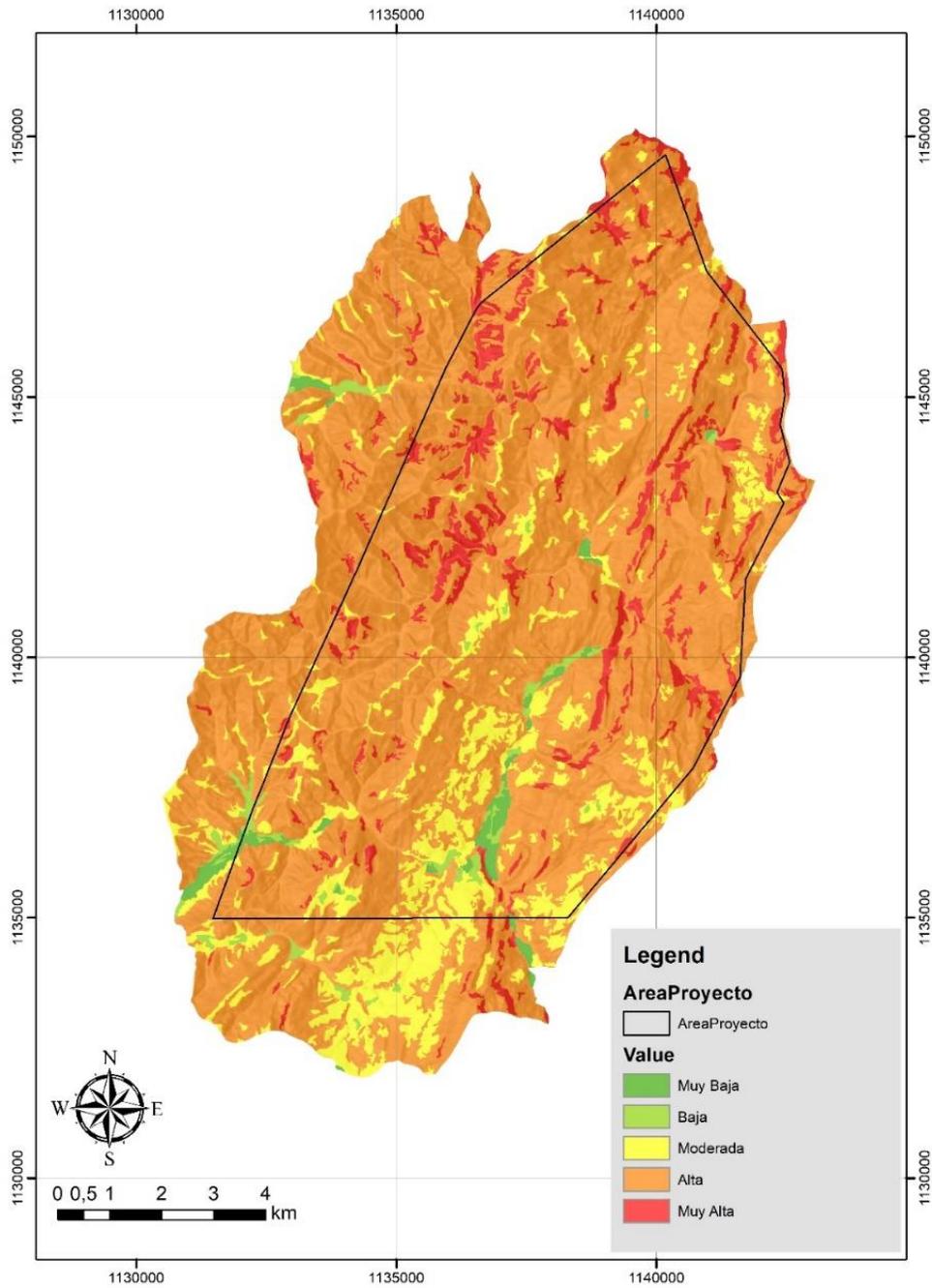


Figura 5-15 Parámetro Pendientes SP
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.3.8 Intensidad de Erosión

Los procesos erosivos ocurren como respuesta rápida o lenta de la naturaleza, las características físico-químicas de la roca ante diferentes factores como las altas precipitaciones, la influencia sísmica de la región y la intervención antrópica, se relaciona a continuación la definición de los parámetros evaluados en torno a 3 ejes de análisis; tipo de fenómenos de remoción y grado de erosión del inventario de procesos erosivos así como la evaluación del estado de actividad o inactividad del inventario de canteras y boca minas bajo tierra. Ver **Figura 5-16**

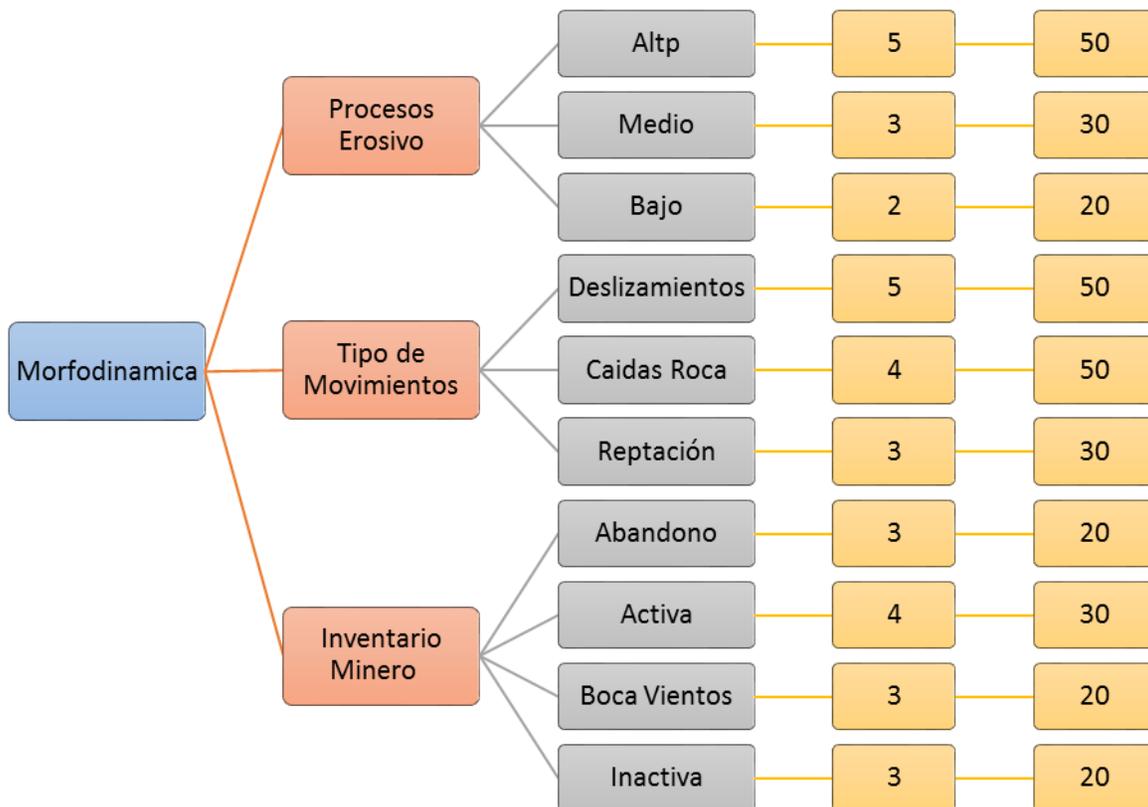


Figura 5-16 Variables de evaluación parámetro de Morfo dinámica

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

Para la respectiva evaluación se ingresa dentro de una primera columna el valor de peso asignado a cada uno de los atributos y con la ayuda de un área o buffer de análisis son llevados los registros puntuales como el inventario minero a una capa tipo polígono que contribuye en el análisis. Ver **Figura 5-17**

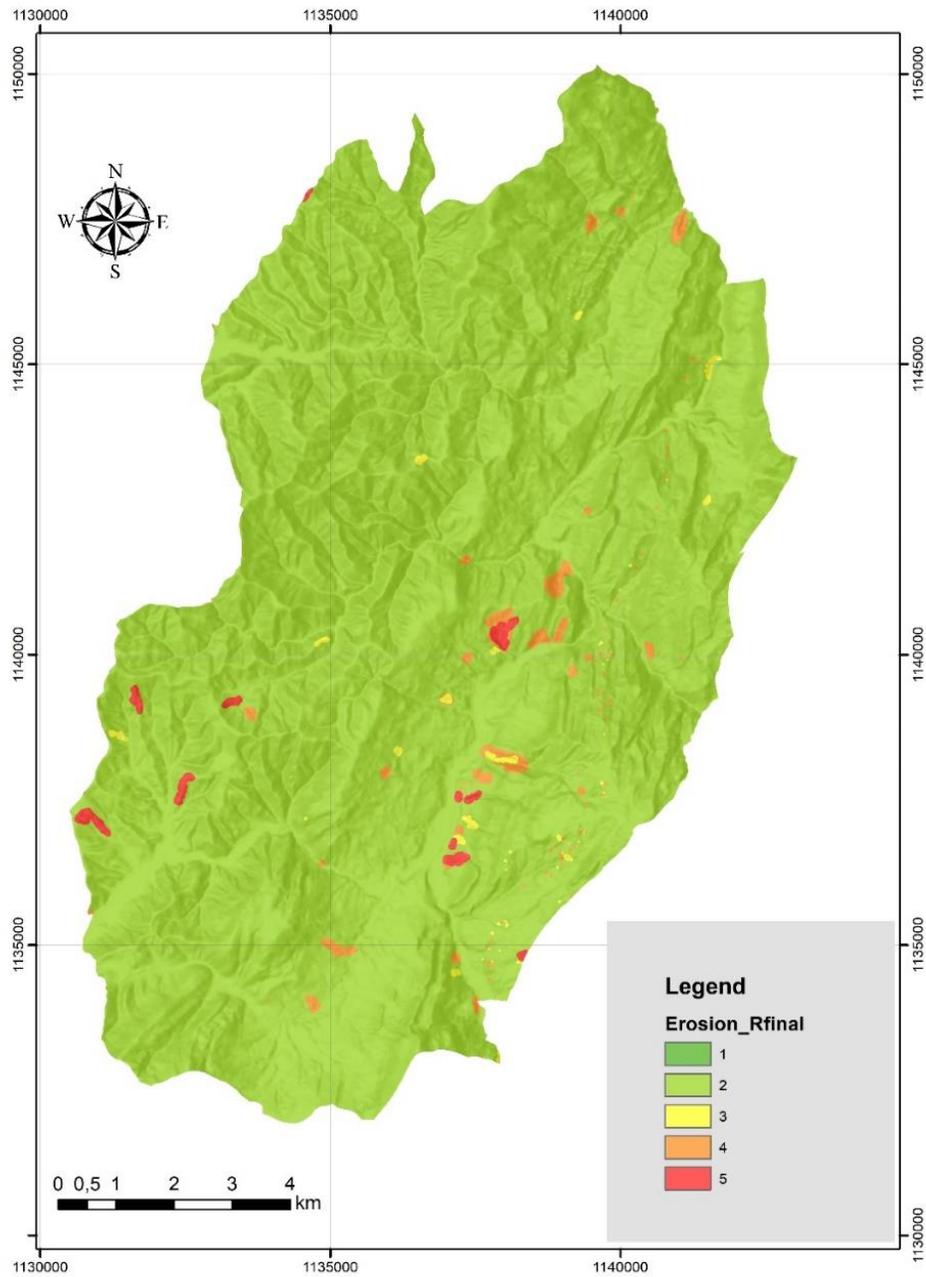
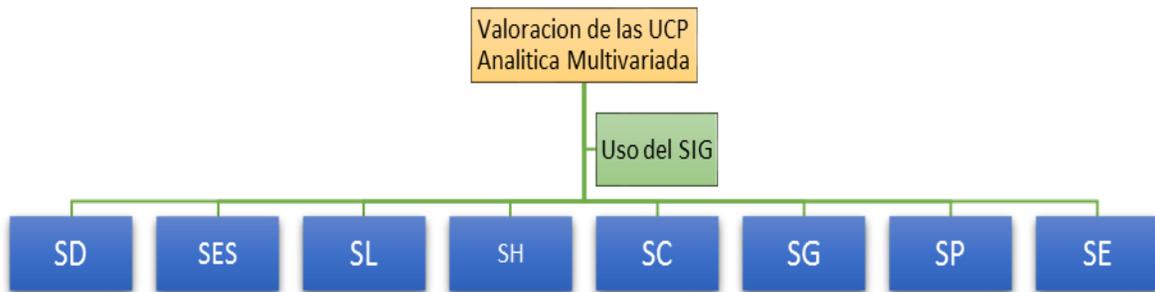


Figura 5-17 Parámetro intensidad de erosión SE
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.4 Susceptibilidad General del terreno

Durante el proceso de evaluación de la amenaza por procesos erosivos y de remoción en masa, se elabora un mapa de susceptibilidad general del terreno mediante un análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), en el cual son sumados digitalmente los ocho mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de estos procesos. Este procedimiento se realizó utilizando SIG, así:



$$ST = SL + SES + SG + SH + SC + SD + SF + SP + SE$$

Dónde:

ST = Susceptibilidad del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.

SL = Susceptibilidad del parámetro litología.

SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.

SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.

SC = Susceptibilidad del parámetro cobertura de la tierra.

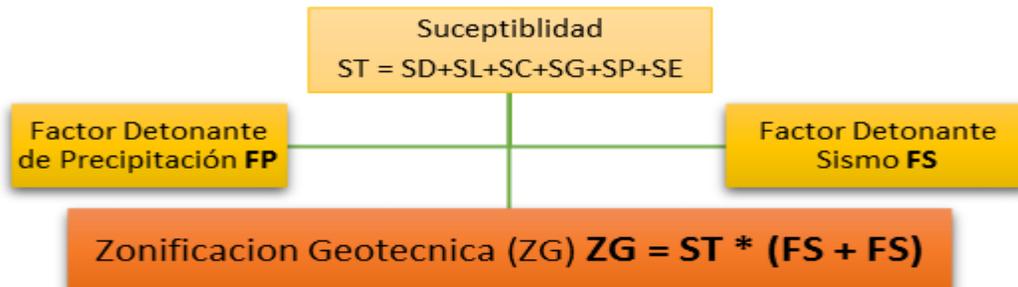
SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.

SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de fallas.

SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente.

SE = Susceptibilidad del parámetro intensidad de erosión.

Se realiza susceptibilidad general del terreno con los siguientes insumos ST, SL, SG, SH, SC, SD, SF, SP, y se realiza la zonificación geotécnica; Teniendo en cuenta las 8 variables que serán analizadas, la imagen resultante tendrá valores resultantes entre 8 y 35, así que se establecen los siguientes intervalos de evaluación para la susceptibilidad general del terreno, ver **Figura 5-18**



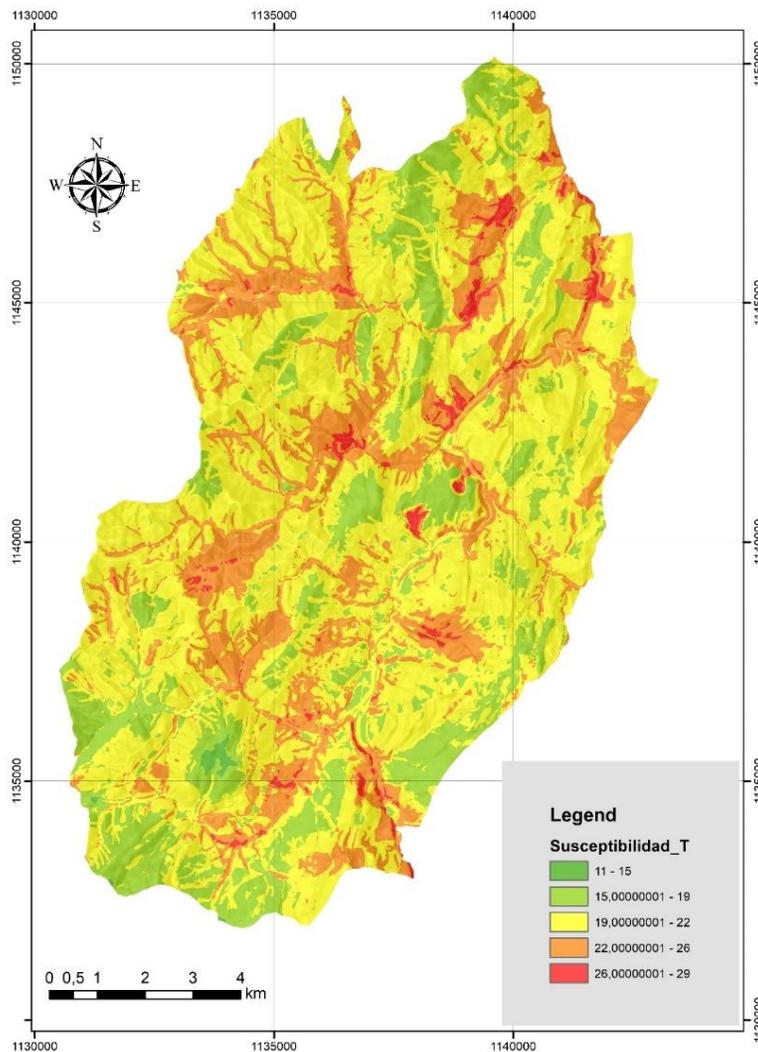


Figura 5-18 Susceptibilidad total

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.5 Factor Detonante Precipitación

Para la elaboración del mapa de amenazas por este escenario (lluvias y sismos), se siguió el siguiente algoritmo:

$$Hp = St * (Fp)$$

De donde:

Hp = Amenaza con factor lluvia detonante

St = Susceptibilidad total del terreno. a los movimientos en masa

Fp = Factor detonante por precipitación.

La precipitación como Factor detonante (Fp) para la generación de movimientos en masa, es de bastante relevancia debido a que puede generar un desequilibrio en las condiciones actuales de estabilidad o reactivación de movimientos en masa por lo cual se realizó el análisis de los datos de precipitación de 14 estaciones climatológicas las cuales se localizan dentro del área del COR-15, con lluvias totales anuales entre 701,75 y 999,84 media mensual y total anual multianual para un periodo de 36 años desde 1980 a 2016 en los cuales se encontró el valor máximo de precipitación mensual considerados es de 150,9mm las cuales pueden ser lo suficientemente críticas para detonar movimientos en masa.

Establecidos rangos o intervalos de precipitación a partir del uso de isoyetas se establecen 3 intervalos de igual amplitud, siendo tres 3 el valor más elevado para la mayor precipitación y 1 para el más bajo. Ver **Figura 5-19**

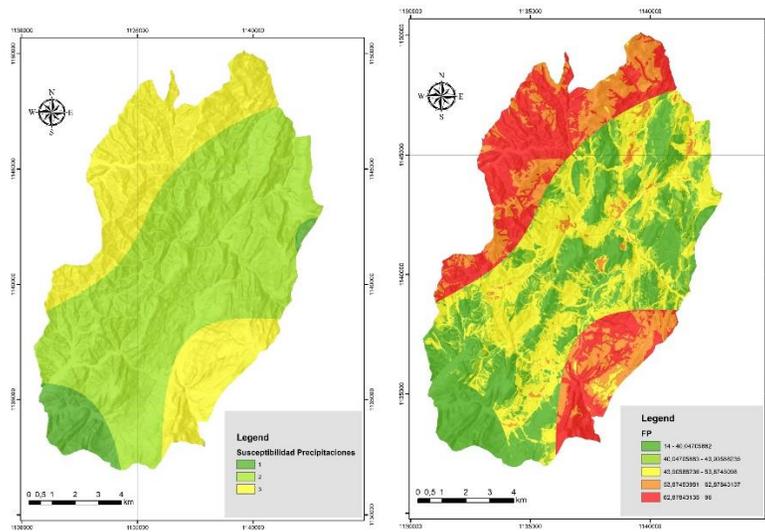


Figura 5-19 Detonante Precipitación

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

Se realiza el análisis de susceptibilidad general más precipitación dando en intervalos como se muestran en la **Tabla 5-6**.

Tabla 5-6 Intervalos de Amenaza con Lluvia realizado cruce cartográfico

VALORES	AMENAZA +SISMO
≤40	MUY BAJA
40-43	BAJA
43-53	MODERADA
53-62	ALTA
>62	MUY ALTA

5.1.7.6 Factor Detonante Sismo

La amenaza por movimientos en masa y sismos como factor detonante, se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$Hs = St * (Fs)$$

De donde:

Hs = Amenaza por sismos detonantes

St = Susceptibilidad total del terreno a los movimientos en masa

Fs = Factor detonante sismicidad

Par el área de estudio del COR-15 se encuentran inmersos cuatro municipios del departamento de Boyacá, los cuales son: Corrales, Betéitiva, Busbanzá, Tasco. El factor sísmico está asociado a la convergencia entre placas tectónicas y la presencia de fallas geológicas activas. Los cuales han sido tenido encuentra en la Norma Técnica Sismo-resistente colombiana NSR10. en el cual se establecen los valores de Aa, Ad y la clasificación de sismicidad. Como lo muestra la **Tabla 5-7** y la **Tabla 5-8**.

Tabla 5-7 Valores Aa, Ad

MUNICIPIO	AA	AD	SISMICIDAD
BUSBANZA	0,25	0,08	ALTA
BETEITIVA	0,25	0,08	ALTA
CORRALES	0,25	0,08	ALTA
TASCO	0,25	0,08	ALTA

Fuente: UPTC - INCITEMA, 2019

Tabla 5-8 Intervalos de amenaza con sismo

VALORES	AMENAZA +SISMO
≤80	MUY BAJA
80-95	BAJA
95-115	MODERADA
115-140	ALTA
>140	MUY ALTA

Fuente: UPTC - INCITEMA, 2019

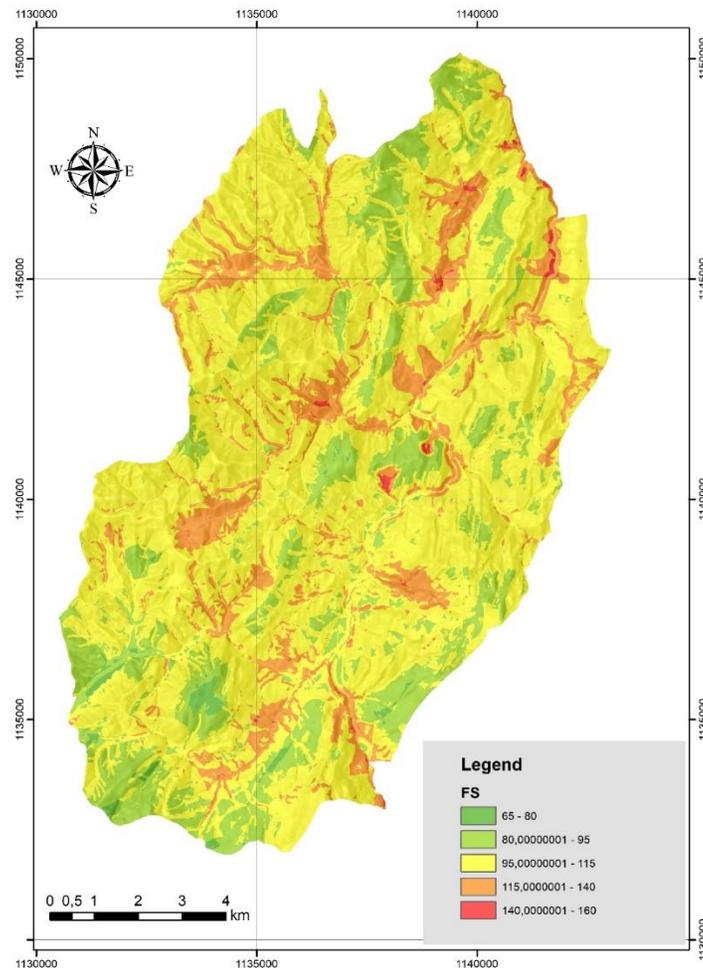


Figura 5-20 Detonante Sismo
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

5.1.7.7 Mapa de Zonificación Geotécnica

Con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los procesos erosivos y de remoción en masa, se establece la amenaza relativa del terreno. Para la elaboración del mapa de amenaza relativa se emplearon como factores detonantes la precipitación y la amenaza sísmica, empleando el siguiente algoritmo:

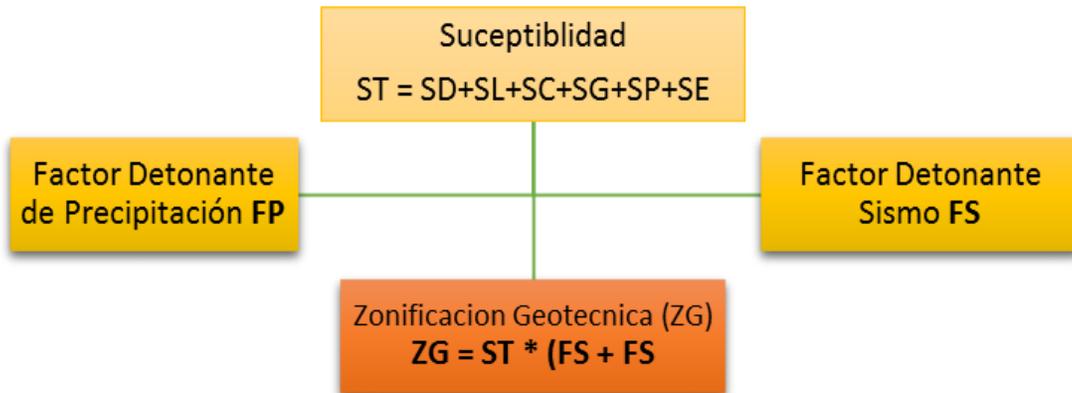
$$ZG = (FP + FS)$$

Dónde:

ZG = Zonificación Geotécnica (Amenaza relativa del terreno por procesos erosivos y de remoción en masa).

FP = Factor detonante por precipitación.

FS = Factor detonante por sismicidad.



Mediante el uso de las herramientas de los sistemas de información geográfica, son realizados procesos matemáticos y reclasificación de los resultados agrupando dentro de 5 categorías de análisis los resultados, entre ellos la generalización de los resultados utilizando un rango mínimo de unidad cartografiable de 2500 metros cuadrados y llevando los resultados de salida a una geometría tipo polígono. Ver **Tabla 5-9**

Tabla 5-9 Categoría de Amenaza

SUSCEPTIBILIDAD	PESO
Muy Baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: UPTC - INCITEMA,2019

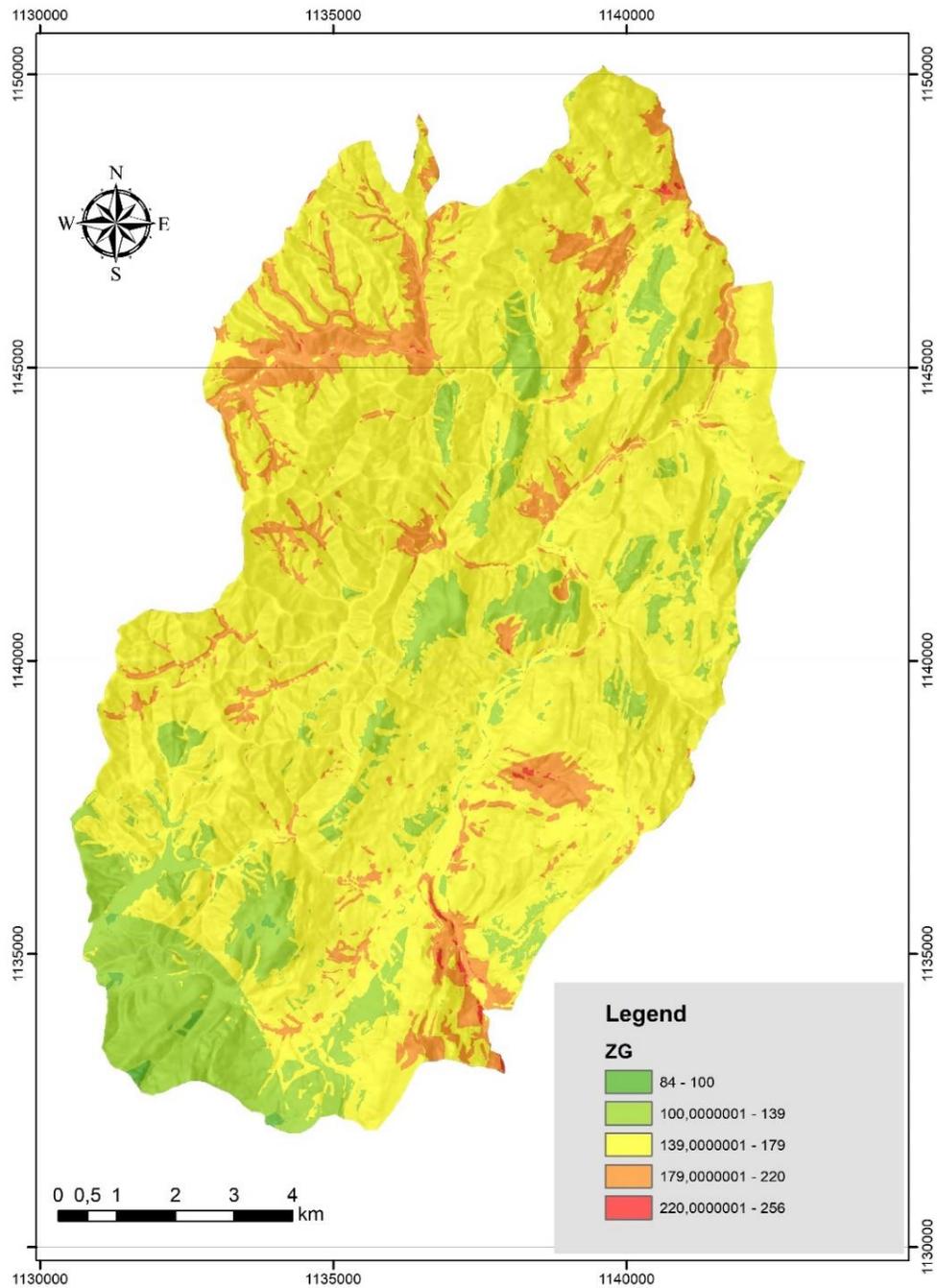


Figura 5-21 Amenaza total ZG
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

Tabla 5-10 Distribución de la zonificación geotécnica

ZONIFICACIÓN	ÁREA HA	DISTRIBUCIÓN
Muy Baja	34,29	0,24%
Baja	2161,44	15,32%
Moderada	10455,89	74,09%
Alta	1439,68	10,20%
Muy Alta	21,12	0,15%
Total general	14112,41	100,00%

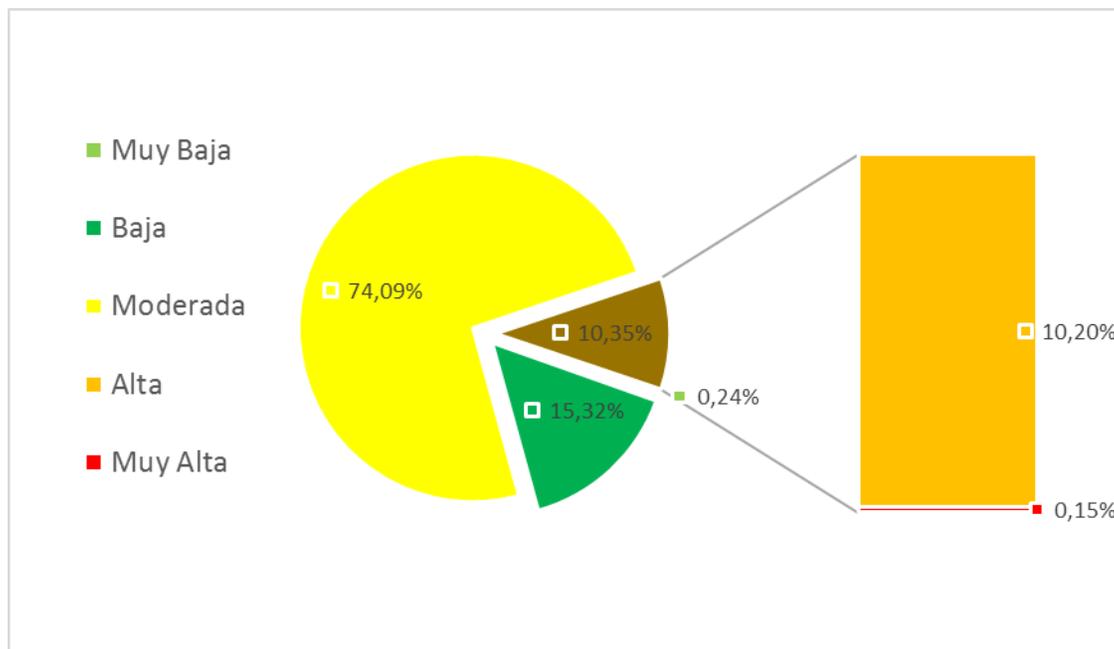


Figura 5-22 Distribución Zonificación Geotécnica

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

De acuerdo a los resultados arrojados de la zonificación geotécnica realizada en evaluación de unidades cartográficas de parámetro, dentro del área de influencia abiótica, prevalece la categoría de zonificación moderada y baja.

Para el caso de las categorías altas y muy altas obedecen al resultado de la evaluación indicativo de mayor probabilidad de amenaza, para el caso de muy alta estos presentan una alta correspondencia en donde la actualidad se presentan fenómenos de remoción en masa.