



INFORME FINAL

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD)
Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES,
QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).**

CONVENIO

Nº 038 DEL 2012

UPTC - CORPOCHIVOR

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<i>INTRODUCCION.</i>	11
1. GENERALIDADES	12
1.1 PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)	12
1.1.1 ALCANCE.....	13
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	13
1.2.1 Objetivo General.....	13
1.2.2 Metodología.....	13
1.3 LOCALIZACIÓN.	15
1.4 PERSONAL.....	16
1.5 DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS	17
1.5.1 Trabajo de campo.....	17
1.5.1 Análisis de Laboratorio	19
1.5.2 Trabajos de Oficina.....	20
1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS.....	21
1.7 ESTADO DE LA INFORMACIÓN	21
2. ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS	23
2.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO	23
2.2 BALANCE HÍDRICO.....	24
2.2.1 Tipos de recarga.....	25
2.3 ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA	27
2.4 ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	36
2.4.1 Precipitación promedio de la estación puente Adriana, municipio de Jenesano. 37	
2.4.2 Mapas de isoyetas generados apartir de los datos de precipitacion	42
2.5 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP).....	44
2.5.1 Formula de J. B. García y J.D. López.....	44
2.6 ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO.....	45
2.6.1 Metodología.....	46
2.7 RESULTADOS OBTENIDOS	49
2.8 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO A PARTIR DE LAS CURVAS (IDF)	52
2.9 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA	54

2.10	Área de la cuenca.....	54
2.10.1	DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)	56
2.10.2	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)	56
3.	GEOLOGIA	59
3.1	ESTRATIGRAFÍA.....	59
3.1.1	Formacion conejo (Kscn).....	59
3.1.2	Formación Plaeners (Kg2).....	60
3.1.3	Formación Guaduas (KTg).....	62
3.1.4	Depósitos Cuaternarios.	62
3.2	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	63
4.	GEOMORFOLOGÍA	65
4.1	GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	67
4.2	ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO	67
4.3	PROCESOS MORFODINÁMICOS	69
4.1	69	
4.2	69	
4.3	69	
4.3.1	Los deslizamientos compuestos	69
4.4	INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES	70
4.5	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	72
4.4	74	
4.5	74	
4.5.1	Geoformas de Origen Denudacional.	74
4.6	EROSIÓN.....	76
4.6	79	
4.6.1	Algunas Formas de Erosión	79
4.6.2	Factores externos.....	79
4.6.3	Factores internos.....	80
4.7	MORFODINÁMICA - INTENSIDAD DE EROSIÓN	80
4.8	USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO	83
4.7	84	
4.8	84	
4.8.1	Vegetación.....	84
4.8.2	Cobertura y uso de suelo para el área de influencia del estudio	87
4.8.3	Identificación y descripción de coberturas.	91
4.8.4	Áreas y porcentajes de las coberturas en el área de estudio.	110
4.8.5	UNIDADES DE COBERTURA VEGETAL	111
5.	HIDROGEOLOGÍA	114
5.1	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	114
5.1.1	Acuífero.....	114

5.1.2	Acuitardo.....	114
5.1.3	Acuicierres.....	115
5.2	MARCO HIDROLÓGICO GENERAL.....	115
5.2.1	UNIDAD I (Permeabilidad Alta).....	115
5.2.2	UNIDAD II (Permeabilidad Media).....	115
5.2.3	UNIDAD III (Permeabilidad Baja).....	116
6.	GEOELECTRICA.....	117
6.1	TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA (EXPLORACION INDIRECTA).....	117
6.2	INTRODUCCION.....	117
6.3	OBJETIVO.....	120
6.4	PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.....	120
6.4.1	Resistividad Aparente:.....	120
6.4.2	Dispositivos:.....	123
6.5	METODOLOGIA.....	124
6.4.3	TOMOGRAFIA N°1.....	126
6.4.4	RESULTADOS.....	130
7.	GEOTECNIA.....	131
7.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	131
7.1	131	
7.1.1	Exploración indirecta del sub suelo.....	131
7.1.2	Sondeos geotécnicos.....	132
7.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO.....	136
7.2	136	
7.2.1	Trabajos de Laboratorio.....	136
7.2.2	Trabajos de Laboratorio.....	137
7.2.3	Propiedades mecánicas de las rocas.....	142
7.2.4	Resumen de resultados.....	143
7.3	Clasificación del Macizo Rocoso.....	146
7.3.1	Índice de Calidad de la Roca (RQD):.....	146
7.3.2	Clasificación Según el RMR:.....	147
7.3.3	Clasificación Según el Índice Geológico de Resistencia (GSI):.....	150
7.4	CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS.....	151
7.5	CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	151
7.5.1	Causas Reales.....	151
7.5.2	Causas Inmediatas.....	152
7.6	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA.....	153
7.6.1	Análisis estructuralmente controlado.....	156
7.7	Análisis estructuralmente no controlado.....	159

8. ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 165

8.1	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS	165
8.2	RESULTADO DE ANALISIS.....	167
8.3	ANALISIS DE AMENAZA.....	168
8.3.1	Amenaza Alta.....	170
8.3.2	Amenaza Media.....	171
9.	<i>EVALUACIÓN Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO</i>	<i>172</i>
9.1	VULNERABILIDAD.....	172
9.1.1	INVENTARIO DE VIVIENDAS.....	173
9.2	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....	174
9.2.1	Tipificación de las Estructuras.....	175
10.2.2	Calificación de los daños:.....	176
9.3	INDICE DE EXPOSICION (IE).....	178
9.3.1	INDICE DE RESISTENCIA (IR).....	179
9.3.2	INTENSIDAD E INDICE DE DAÑO	182
9.4	EVALUACION Y GENERACION DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	185
9.4.1	RESULTADOS DE ENCUESTAS	185
10.	<i>OBRAS RECOMENDADAS.....</i>	<i>187</i>
11.	<i>CONCLUSIONES.....</i>	<i>188</i>
12.	<i>RECOMENDACIONES.....</i>	<i>190</i>
13.	<i>BIBLIOGRAFÍA.....</i>	<i>191</i>

LISTAS DE FOTOGRAFÍAS.

	Pág.
Fotografía 1. EXPLORACION DIRECTA DEL SUBSUELO (SPT)	18
Fotografía 2. Afloramiento Formación Conejo (Kscn)	60
Fotografía 3. Formacion Plaeners (Kg2)	61
Fotografía 4. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio.	93
Fotografía 5. Tejido artificializado de nivel 4 red vial.	94
Fotografía 6. Territorio agrícola presente en la zona de estudio.	95
Fotografía 7. Cultivo De Zea Mays.....	96
Fotografía 8. Cultivos arbóreos.	99
Fotografía 9. Pastos limpios presentes en la zona de estudio.	102
Fotografía 10. Cobertura de Myrtaceae y cupressáceae.....	108
Fotografía 11. Vegetación mesofilo.....	109
Fotografía 12. Equipo y parte baja del deslizamiento.	128
Fotografía 13. Parte baja del deslizamiento.	128
Fotografía 14. Perforación realizada en la zona de estudio.	133
Fotografía 15. Punto de rocas aflorantes en la cercanía del deslizamiento.	136
Fotografía 16. Medición de volumen de la muestra.	140
Fotografía 17. Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada.....	140
Fotografía 18. Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo.	141
Fotografía 19. Ensayo de Tilt Test	142
Fotografía 20. Ensayo de carga por punta o ensayo Franklin.	143
Fotografía 21. Parte superior del movimiento.....	160
Fotografía 22. PANORAMICA DE LA ZONA DE DESLIZAMIENTO	168
Fotografía 23. PARTE ALTA DEL DESLIZAMIENTO.....	169
Fotografía 24. Se observa vía veredal.....	170
Fotografía 25. Se observa acumulación de agua dentro del deslizamiento.	171
Fotografía 26. Se observa el desplazamiento del material	186

LISTAS DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).	28
Tabla 2. Escorrentía Estación Puente Adriana, suelo tipo ML.....	34
Tabla 3. Escorrentía Estación Puente Adriana, suelo tipo OL.....	35
Tabla 4. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación	36
Tabla 5. Precipitación media multianual mensual por estación.....	38
Tabla 6. Rangos de temperatura Jenesano	45
Tabla 7. Valores de Evapotranspiración	45
Tabla 8. Estimación del Balance Hídrico.....	49
Tabla 9. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca	58
Tabla 10. Clasificación de las pendientes.....	72
Tabla 11. Descripción geomorfológica.....	76
Tabla 12. Porcentaje de coberturas sector Paeces-Quebrada la Rosa	111
Tabla 13. Unidades de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio.....	112
Tabla 14. Resistividades de algunos suelos y rocas.	123
Tabla 15. Tipo de material de acuerdo a las resistividades encontradas en campo.	129
Tabla 16. Coordenadas de los sondeos realizados.	132
Tabla 17. Puntos de tomas de muestras de rocas alflorantes.....	135
Tabla 18. Resumen de resultados ensayos de laboratorio	145
Tabla 19. Resumen de Resultados de la Clasificación RMR	148
Tabla 20. Puntos de Control para realizar la clasificación geomecanica.....	150
Tabla 21. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá.....	155
Tabla 22. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica	156
Tabla 23. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla planar.	157
Tabla 24. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla cuña.....	157
Tabla 25. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla cuña.....	157
Tabla 26. Valores de Propiedades Físicas y Mecánicas Utilizadas en los Modelos de estabilidad. 160	
Tabla 27. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'	162
Tabla 28. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'	163
Tabla 29. Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas Inestables. .	166
Tabla 30. Categorización de amenazas por FRM.	167
Tabla 31. Categorización de amenaza por (FRM) según nsr-10.....	168
Tabla 32. Criterios de resistencia de la estructura	176
Tabla 33. Categorías de los daños.	176
Tabla 34. Índice de Exposición.....	178
Tabla 35. Factores de Ponderación	182
Tabla 36. Matriz para la determinación intensidad de daño.....	183
Tabla 37. Determinación índice de daño.....	183
Tabla 38. Matriz para escenarios de riesgo.....	185
Tabla 39. Número de integrantes por familia	186

Tabla 40. Obras de mitigación y control de la vereda Paeces – municipio de Jenesano. **¡Error!**
Marcador no definido.

LISTAS DE FIGURAS.

Pág.

Figura 1. LOCALIZACION.....	15
Figura 2. ORGANIGRAMA.....	16
Figura 3. Gráfico de precipitación media multianual mensual.....	39
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.....	39
Figura 5. Precipitacion media mensual estacion Puente Adriana (2008)	40
Figura 6. Precipitacion media mensual estacion Puente Adriana (2009)	40
Figura 7. Precipitacion media mensual estacion Puente Adriana (2010)	41
Figura 8. Isoyetas mes de Enero y Febrero	42
Figura 9. Isoyetas mes de marzo y abril	43
Figura 10. Comportamiento de las Curvas del Balance Hídrico	51
Figura 11. Figura ilustrativa de la microcuenca Jenesano.....	57
Figura 12. Imagen del mapa geológico	64
Figura 13. Ventana extraída del mapa regional de Geomorfología de CORPOCHIVOR.....	65
Figura 14. Fotografías pertenecientes al vuelo tomadas por el IGAC, durante los años 90.	68
Figura 15. Esquema del movimiento compuesto.	70
Figura 16. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.....	71
Figura 17. Imagen del Mapa geomorfológico.....	73
Figura 18. Imagen del Mapa erosión.....	82
Figura 19. Posiciones aproximadas de las Líneas gula de las regiones latitudinales.	85
Figura 20. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES.....	105
Figura 21. Mapa cobertura vegetal y uso de suelo.....	110
Figura 22. Principio teórico de operación de las TER's.	118
Figura 23. Rangos de resistividad para diferentes materiales.....	119
Figura 24. Dispositivo Wenner.....	124
Figura 25. Localización línea de tomografía Municipio de Jenesano.....	127
Figura 26. Perfil 1 tomogrsfia.	129
Figura 27. Perfil litológico 1.....	130
Figura 28. Perfil Geotécnico S2.....	134
Figura 29. Límites de Atterbeg	138
Figura 30. Manera de establecer las fases de la roca	140
Figura 31. Guía para la definición del Índice geológico de resistencia (GSI).	150
Figura 32. Análisis cinemático, falla por volcamiento.....	158
Figura 33. Análisis cinemático falla planar	158
Figura 34. Análisis cinemático falla por cuña	159
Figura 35. Modelo esquemático del deslizamiento (Jaime Suarez).....	161
Figura 36. Perfil geológico D-D'	161
Figura 37. Modelo de análisis perfil D-D'	162

Figura 38. Modelo de análisis perfil B-B'	163
Figura 39. Indicadores de Índice de Vulnerabilidad social.	173
Figura 40. Tipología de viviendas.....	181
Figura 41. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil B	¡Error! Marcador no definido.
Figura 42. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil C.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 43. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil D.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 44. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil E.	¡Error! Marcador no definido.

LISTAS DE ANEXOS

ANEXO 1 - MAPAS TEMÁTICOS

MAPA 1 GEOLÓGICO

MAPA 2 GEOMORFOLÓGICO

MAPA 3 SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN

MAPA 4 DE PENDIENTES

MAPA 5 COBERTURA Y USO DEL SUELO

MAPA 6 HIDROGEOLÓGICO

MAPA 7 ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA

MAPA 8 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

MAPA 9 VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL

MAPA 10 ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR FRM

ANEXO 2 - ANÁLISIS FOTO INTERPRETACIÓN

ANEXO 3 - RESULTADOS DE LABORATORIO

ANEXO 4 - CARTERAS TOPOGRÁFICAS

ANEXO 5 - HIDROLOGÍA

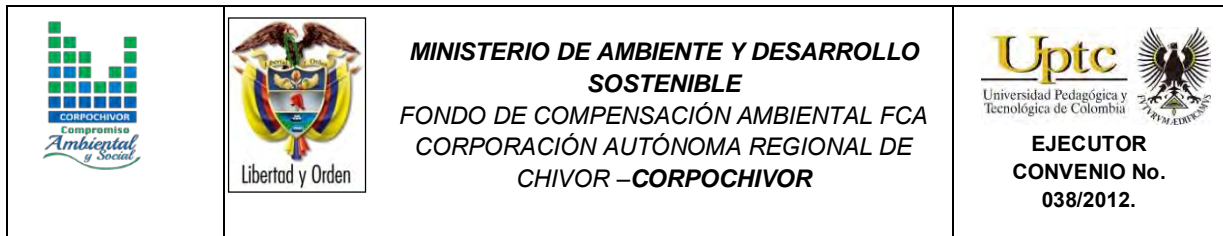
ANEXO 6 - CURVAS IDF

ANEXO 7 - FICHAS DE INVENTARIO DE PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

ANEXO 8 - ENCUESTAS SOCIOECONÓMICAS

ANEXO 9 - FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE
VULNERABILIDAD FÍSICA

ANEXO 10 – DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN, PROTECCIÓN Y
RECUPERACIÓN



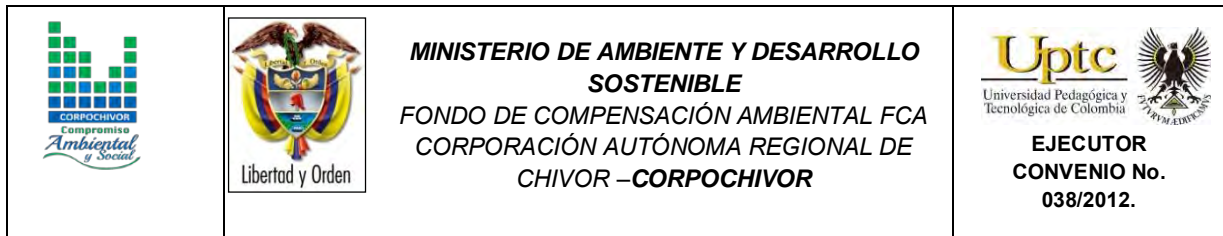
INTRODUCCION.

Los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM), como los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los seres humanos, los cuales consisten en desplazamientos de corte a lo largo de una o varias superficies de masa de suelo o roca en un área dependiendo la magnitud del evento, llegando a producirse por diferentes factores detonantes como el agua que en temporadas invernales alcanzan picos muy altos de precipitación en gran parte del territorio colombiano, por actividad sísmica generada por diferentes eventos tectónicos, y actividad antrópica como el uso inadecuado del suelo; estos factores ocasionan movimientos en masa y flujos torrenciales en las laderas de las montañas y piedemontes, provocando grandes afectaciones locales y regionales.

El departamento de Boyacá es una zona de topografía abrupta, que da lugar a áreas de pendientes variables, haciéndola susceptible a los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM), además de ser uno de los más azotados por la ocurrencia de amenazas geoclimáticas, que evidenciaron una falencia en la zonificación de tales amenazas.

Estos fenómenos traen como consecuencias la afectación a la economía de una región, por el bloqueo parcial o permanente de las vías de acceso, ocasionando cese de actividades comerciales, también se puede ver afectada la calidad de vida de las personas que habitan en estas zonas de susceptibilidad.

Con la elaboración del presente estudio, se pretende obtener información técnica básica, con información geotécnica, para el diseño e implementación de Obras de



Mitigación y control en el Manejo de la problemática presentada en la Vereda Paeces, Quebrada la Rosa del Municipio de Jenesano.

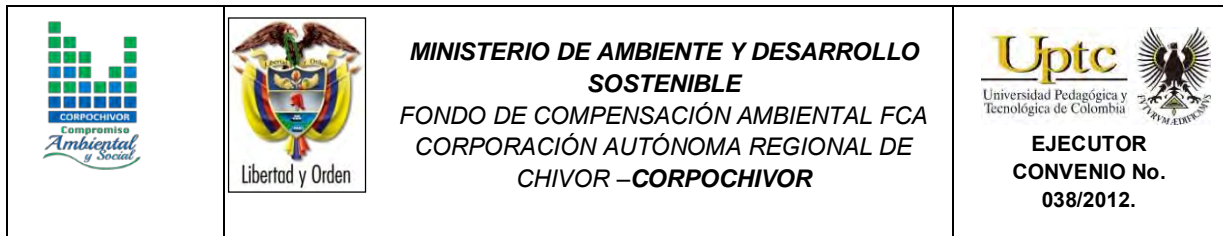
1. GENERALIDADES

1.1 PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)

Ante la permanente ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) y Eventos Torrenciales en diferentes puntos del país, el Gobierno Nacional, emitió la Ley 99 de 1993, referente a los principios ambientales generales, responsabilidades y funciones de las Corporaciones Regionales y su Numeral 23 que contempla entre otros, el realizar actividades de análisis, seguimiento y control de desastres; en coordinación con las demás autoridades competentes y asistenciales, en los aspectos medioambientales, para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres.

En concordancia con la Ley 1523 de 2012, en la cual se adopta la política Nacional de gestión del Riesgo y sus Decretos reglamentarios, dispone que dentro del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres; corresponde al Concejo Departamental de Gestión del riesgo de Desastres el manejo de la cobertura departamental y al Concejo Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres, cuando trata de eventos municipales.

Siendo las amenazas por movimientos en masa, las más representativas en la generación de riesgos y desastres en 25 zonas de interés delimitadas previamente por parte de la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR, se requiere



una integración de los procesos geológicos exógenos (amenazas), por ser los que mayores impactos han tenido sobre las comunidades, evaluando su ocurrencia antes del Fenómeno de La Niña y durante el mismo, a fin de establecer nuevas áreas involucradas, vulnerabilidades y elementos en riesgo.

1.1.1 ALCANCE

Se aclara que, la metodología de evaluación de amenazas propuesto, involucra como detonantes, las precipitaciones, la actividad sísmica y antrópica, por lo que igualmente se hará una revisión de aspectos endógenos como la ocurrencia, magnitud y posibles áreas de afectación de los sismos asociados.

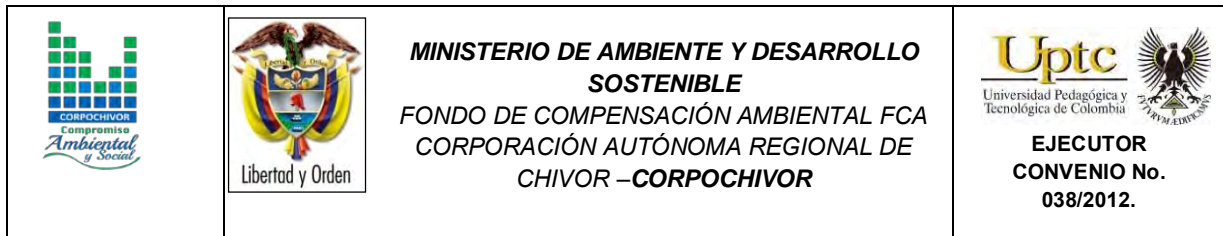
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Realizar el estudio de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) y diseño de obras en la Vereda Paeces, Quebrada la Rosa del Municipio de Jenesano, área afectada por fenómenos de remoción de masa. Municipio de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR.

1.2.2 Metodología

Realizar el estudio diagnóstico físico y de cobertura y uso del suelo con el fin de identificar las amenazas geoclimáticas en zona de afectación.



Realizar un estudio geomorfológico detallado con el propósito de apoyar la identificación y la posterior zonificación de las principales amenazas naturales, en particular las relacionadas con los eventos de remoción en masa, erosión, socavación, represamientos e inundaciones.

Evaluar aspectos climáticos (precipitación) de los años 2008, 2009 y 2010 utilizando los datos de las estaciones meteorológicas del departamento y limítrofes, y compararlos con las series anteriores disponibles.

Evaluación de Información histórica y memoria colectiva sobre los eventos de FRM y sísmicos ocurridos en la zona de estudio.

Desarrollar la caracterización geotécnica de los diferentes materiales involucrados en los diferentes sectores del deslizamiento.

Evaluar tomografías a fin de determinar litologías, zonas saturadas y posibles planos de falla.

Establecer el grado de vulnerabilidad social y la percepción de la comunidad ante el desarrollo de eventos de alta peligrosidad, mediante la toma de encuestas con la comunidad afectada, potencialmente susceptible y de moderada a baja susceptibilidad.

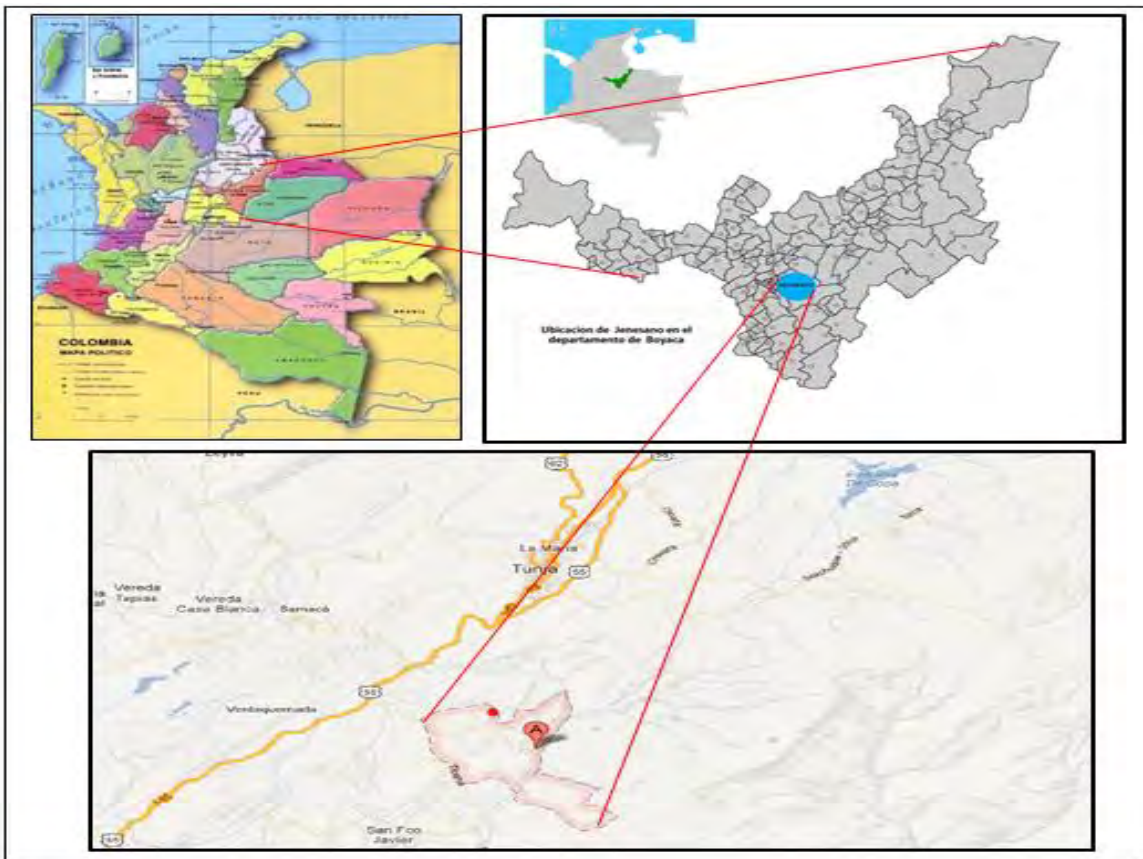
Establecer vulnerabilidades y escenarios de riesgos de las áreas de mayor importancia dentro de la zona de estudio.

Estructurar un sistema de información geográfica que permita visualizar y manipular los datos y cartografía temática integrados, con el fin de ser actualizada y retroalimentada. Recomendar medidas de reducción de riesgos de desastres a nivel puntual.

Establecer medidas de estabilización mediante la evaluación de diferentes escenarios y el grado de confiabilidad ante la implementación de medidas estructurales.

1.3 LOCALIZACIÓN.

Figura 1. LOCALIZACION



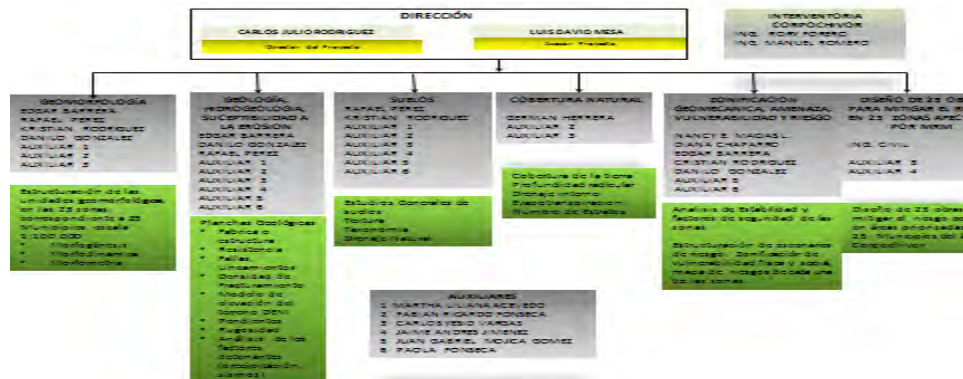
Fuente: <http://colombiasinpalabras.blogspot.com>, EOT Municipio de Jenesano y google earth.

El área de Estudio se encuentra en las coordenadas N 1089866, E 1076749, de la plancha geológica 191 del Ingeominas escala 1:100000, con una superficie total de 12 Ha a una altura de 2477 msnm; en la Provincia de Marquez, en el Municipio de Jenesano Vereda Paeces-Quebrada la Rosa., en el kilómetro 35 de la capital Tunja.

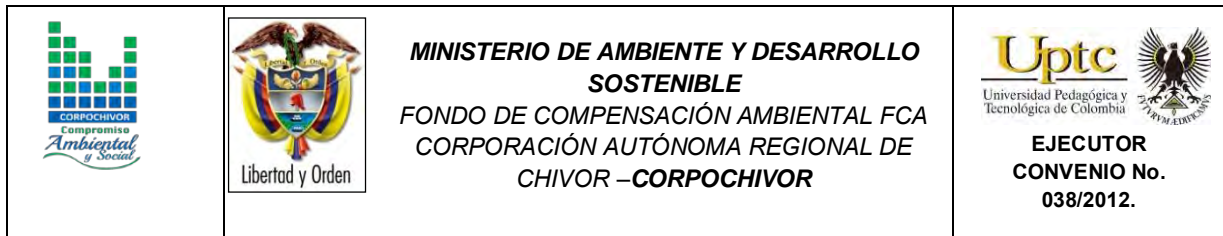
1.4 PERSONAL

Para el desarrollo de éste proyecto, la UPTC contó con la dirección del Ingeniero Geólogo Carlos Julio Rodríguez, y los profesionales M.s.c. en Geotecnia, Rafael H. Pérez E y así como por los Ingenieros Geólogos, Luis D. Mesa, Edgar Barrera, Danilo H. Gonzalez, Nancy E. Macías Leguizamón, Kristian Rodríguez, Biólogo German Saavedra, Socióloga Diana Chaparro, El Ingeniero topógrafo Jorge Mesa y para el desarrollo de prospección Geoeléctrica se contrataron servicios del Ingeniero Fredy Fonseca. Por parte de Corpochivor la interventoría los Ingenieros Rory Forero y Manuel Romero.

Figura 2. ORGANIGRAMA



Fuente: Los autores



1.5 DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS

En la primera fase de la investigación se hizo el reconocimiento de la zona inestable, estableciendo aspectos geológicos y sectores con similares patrones de desplazamiento, buscando definir la evolución cronológica de la inestabilidad, al igual que su dinámica y una clasificación preliminar de los eventos. Esto sirvió de base para proyectar la exploración del terreno (directa e indirecta) y demás actividades necesarias.

A continuación se relacionan las distintas actividades adelantadas para recopilar toda la información posible y que es la base de los análisis correspondientes.

1.5.1 Trabajo de campo

La exploración del subsuelo y reconocimiento de campo se ejecutó con un procedimiento de exploración directa para conocer las características litológicas y geomecánicas de los materiales removidos con el fin de diseñar los modelos de análisis. Durante la visita de campo al área afectada se llevó a cabo un recorrido con el fin de delimitar el Fenómeno de Remoción en Masa (FRM), a partir de esta recopilación de información se definió la zona mediante topografía. De acuerdo con lo observado en relación con la dinámica del movimiento, y los posibles mecanismos de falla, se establecieron los sitios adecuados para realizar la exploración directa del subsuelo, al igual que la exploración geoelectrica (Tomografía).

El trabajo de campo consistió en:

Apiques y sondeos geotécnicos. En total, se realizaron 2 sondeos mecánicos por SPT (standar penetration test) y 2 perforaciones, en los que se tomaron muestras para análisis, cuya profundidad de exploración varío de los 2 a los 10 m

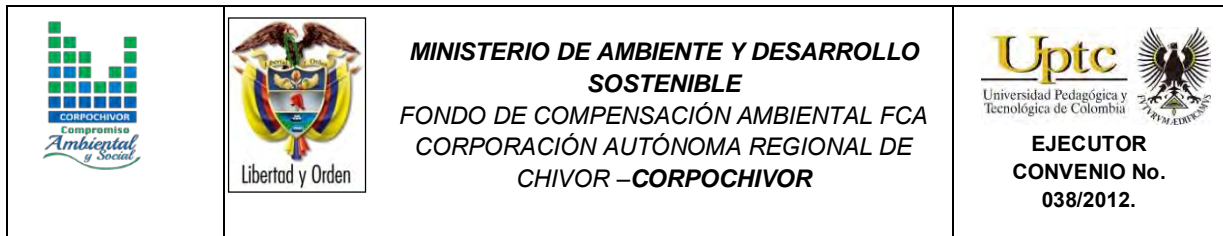
Fotografía 1. **EXPLORACION DIRECTA DEL SUBSUELO (SPT)**



Fuente: Registro Fotográfico.

Levantamiento topográfico: Altimetría y Planimetría de cada uno de los sectores de estudio mediante uso de una estación total. Se incluyó: localización de viviendas, infraestructura visible y en general todo detalle de interés para el estudio delimitación de los deslizamientos.

El trabajo topográfico detallado, se elaboró en escala 1:750.



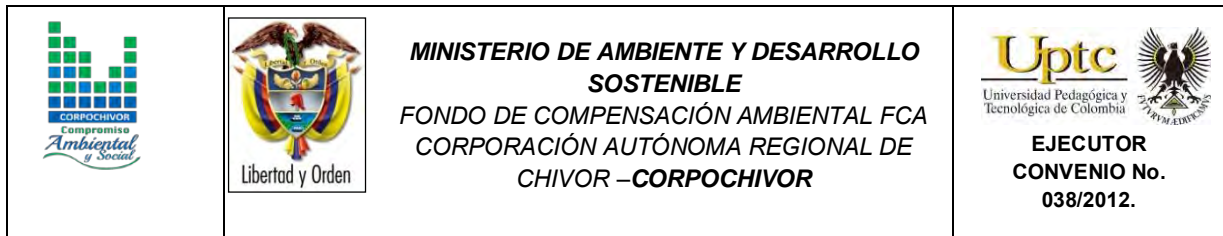
Levantamiento Geológico y Geotécnico de la zona: Comprende el reconocimiento del lugar, haciendo el levantamiento geológico que permitió conocer la litología, rasgos estructurales, grado de alteración de la roca, depósitos no consolidados y demás detalles de utilidad que sirvieron para crear el modelo geológico local (escala 1:2000). Con el fin de conocer en detalle la naturaleza del subsuelo, y la caracterización de cada uno de los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) se realizó la exploración del subsuelo mediante la realización de apiques, perforaciones.

Tomografía: En el área del estudio se realizó una (1) Tomografía, que se ubicó dentro de la zona afectada por el Fenómeno de Remoción en Masa (FRM) y el área periférica; los que permitieron identificar parámetros de resistividad del subsuelo, interpretar la litología, definir algunas características hidrogeológicas y geotécnicas .

Diagnóstico estructural de viviendas: Se realizó un inventario de tres (3) viviendas, calificando la afectación del Fenómeno de Remoción en Masa (FRM), en aspectos estructurales, en donde se resaltó la presencia de fisuras en pisos y paredes. Se averiguó con los habitantes del sector acerca de la manifestación y evolución en el tiempo del Fenómeno de Remoción en Masa (FRM), al igual que su relación con la ocurrencia de lluvias intensas o eventos sísmicos.

1.5.1 Análisis de Laboratorio

En los laboratorios de Petrografía y Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron los ensayos necesarios para clasificación de suelos a las muestras recogidas en los apiques y sondeos. Los ensayos ejecutados fueron: Caracterización Petrográfica, límites de Atterberg, granulometría, humedad natural, peso unitario, compresión inconfiada , Corte Directo, Coeficiente de Permeabilidad



Propiedades Físicas, Tilt Test, Carga por punta, Angulo de reposo, . En total se hicieron 105 análisis.

1.5.2 Trabajos de Oficina

Los trabajos de oficina incluyeron las actividades que se relacionan a continuación:

Recopilación y revisión de información.

Procesamiento y análisis de resultados.

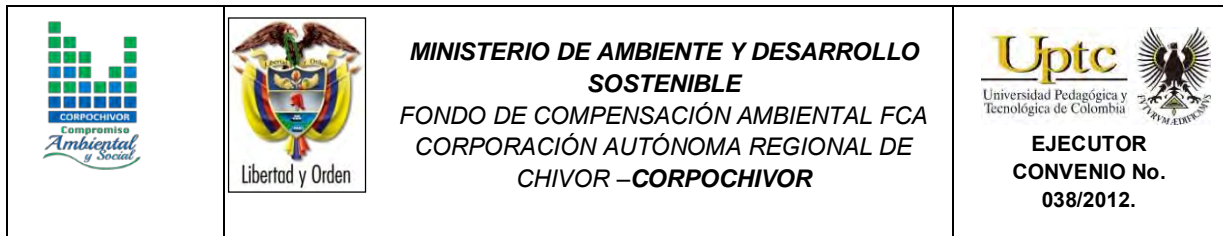
Concepción del modelo de secuencia cronológica de los distintos eventos ocurridos.

Definición del mapa de Amenazas por movimientos en masa.

Análisis de estabilidad para las zonas homogéneas definidas.

Planteamiento de obras de control, manejo y recuperación del área afectada.

Las planchas geológicas del IGAC tomadas en cuenta, fueron la 191, a escala 1:100.000. Los datos de pluviometría del IDEAM de los años de 1986 a 2010, de las estaciones de Ramiriquí, Villa Luisa, Puente Adriana, Tibana, Ventaquemada y Nuevo Colon.



1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS

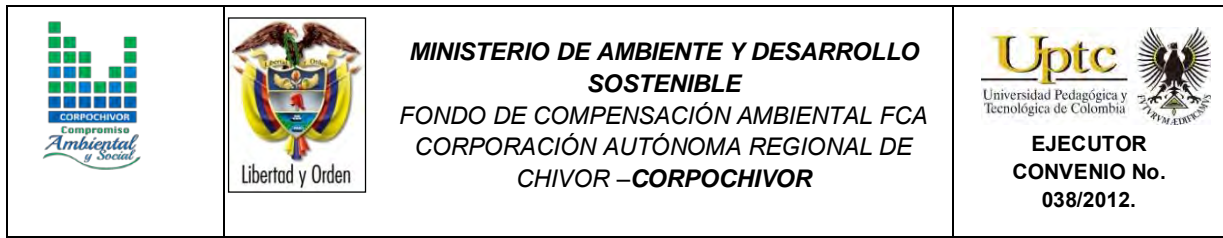
En el área de la jurisdicción de CORPOCHIVOR se registran situaciones de amenaza en sitios que presentan evidencias de condiciones de riesgo inminente, para lo cual la Corporación Autónoma Regional de Chivor - CORPOCHIVOR ha hecho un reconocimiento de sitios críticos de riesgo por fenómenos naturales y antrópicos, para intervención con medidas de mitigación de riesgo. Por tal motivo, se requiere disponer de conceptos técnicos de ingeniería geológica que garanticen la aplicación de criterios necesarios para realizar el diseño de obras de protección, mitigación y corrección de los efectos de los fenómenos de remoción en masa existentes.

En la vereda Paeces del municipio de Jenesano, se ha generado un deslizamiento de tipo complejo I, con procesos de reptamiento, debido a la litología presente en donde influyo como factor detonante el clima.

El estudio incluye análisis geológicos y geotécnicos necesarios para realizar el análisis de ingeniería y el diseño detallado de la alternativa seleccionada junto con los cálculos de cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas.

1.7 ESTADO DE LA INFORMACIÓN

Mediante la evaluación de estudios suministrados por parte de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Seccional Sogamoso, Escuela de Ingeniería Geológica, así como por la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR) se logró identificar información primaria, de diferentes temáticas



necesarias para el desarrollo de análisis y procesamiento básico de parámetros en aras de dar cumplimiento a los objetivos propuestos para el presente estudio.

La información recopilada tuvo en cuenta aspectos tales como:

- Localización del estudio.
- Geología, Geomorfología.
- Hidrología y Climatología.
- Suelos y uso actual del suelo.
- Información Geofísica: sísmica, Geoelectrica, tomografía, perfiles y registros eléctricos.
- Hidrogeológica: Inventario de puntos de agua, niveles de agua, cartografía hidrogeológica, balance hídrico.

Después de llevar a cabo la identificación de la información base de apoyo se procedió a evaluar y calificar el grado de confiabilidad de la misma, de tal manera que se realizó procesos de depuración y selección.

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	<p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
--	--	--	--

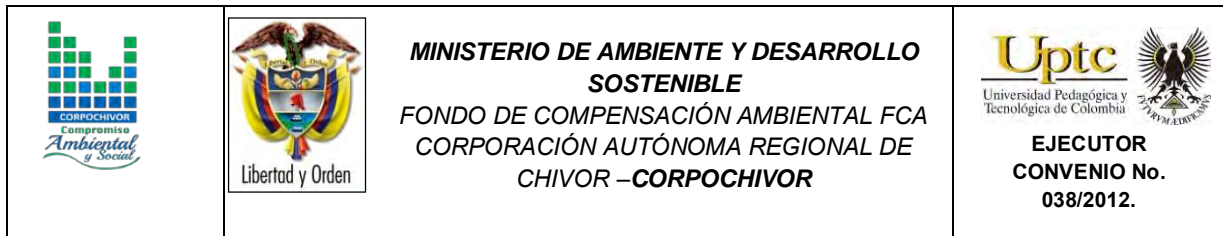
2. ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS

El clima es la unidad de medición meteorológica más representativa, por las fluctuaciones que presenta debido a los diferentes factores atmosféricos imperantes en nuestro planeta, es importante y por ello se ha hecho hincapié para la realización del presente estudio, ya que es el factor de mayor influencia en el desarrollo de las plantas y el desarrollo socioeconómico. Son varios los parámetros que intervienen en la definición del clima de una región. El ecoclima es la conformación de un conjunto armónico como el clima, superficies y comunidad biológica, esto permite reconocer el clima por la organización y reconocimiento de la fisonomía de la comunidad vegetal existente sobre la diversidad de superficies.

El periodo de observación analizado en la región está comprendido entre los años 1986 a 2010 correspondiendo a 24 años de registro. Además de los factores meteorológicos de precipitación y temperatura, se relaciona la altitud que es uno de los elementos causantes de la diferenciación climática, así mismo relaciona el estudio del elemento viento.

2.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

El análisis hidrológico tiene como punto de partida la delimitación de subcuencas de tal manera que se determinen los parámetros morfométricos correspondientes, para posteriormente establecer la relación directa con datos pertenecientes al balance hídrico dentro del contexto mensual multianual. De esta forma es posible establecer

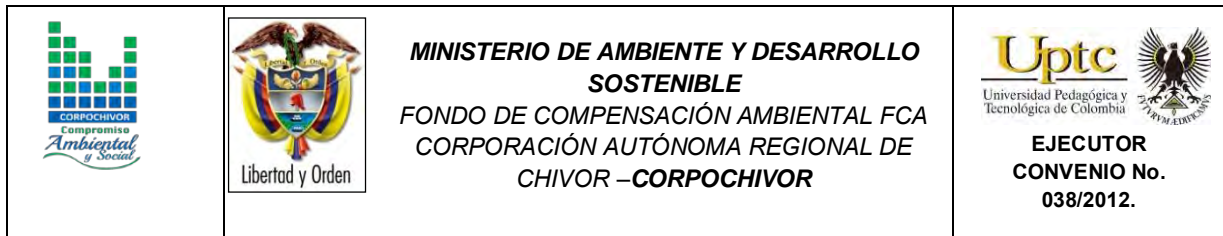


aspectos básicos indicativos y preliminares para determinar las áreas de mayor interés respecto a la relación de infiltración y evapotranspiración.

2.2 BALANCE HÍDRICO.

Para estimar las reservas del agua subterránea de los sistemas acuíferos que se extienden subsuperficialmente y en el subsuelo dentro del área de estudio perteneciente al municipio de Jenesano y sus alrededores, se debe evaluar la magnitud de la recarga potencial proveniente de la precipitación a través de los suelos teniendo en cuenta espacial y temporalmente la magnitud de la escorrentía, la evapotranspiración y la variaciones de contenido de humedad de los suelos de cada una de las cuencas y/o subcuencas involucradas en el área de estudio. Por tal razón se hace necesaria la estimación de la escorrentía superficial, evapotranspiración y valores de precipitación media mensual multianual en cada una de las subcuencas, lo que permitirá estimar el Balance Hídrico con el fin de obtener la oferta total de agua subterránea y superficial.

La información obtenida puede ser utilizada para evaluar los recursos hídricos del área de trabajo (calidad, cantidad y distribución en tiempo y espacio), además de la capacidad para el suministro y satisfacción de la demanda; así mismo se pueden proyectar y diseñar proyectos relacionados con el agua, planificar buenas estrategias de gestión del recurso hídrico; de la misma forma es de gran importancia que exista una actualización de las redes de datos en las estaciones en la zona de trabajo que permitan tomar los datos reales del comportamiento de las diferentes variables que se utilizan para la estimación del balance hídrico.



La recarga a un acuífero puede definirse como el agua que alcanza las reservas subterráneas. Este concepto es importante para estudios de recursos hídricos y para determinar el comportamiento de ciertos contaminantes que puedan llegar a presentarse en un momento dado.

2.2.1 Tipos de recarga

La recarga a un acuífero puede darse naturalmente debido a la precipitación, a las aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997).

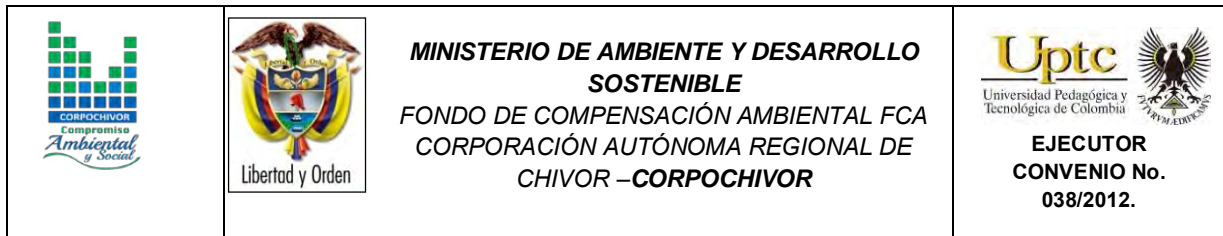
Lerner propone una clasificación similar pero un poco más completa sobre las fuentes de recarga:

Recarga directa o recarga difusa, proveniente del agua lluvia.

Recarga concentrada o indirecta, producto de cauces permanentes, estacionales y efímeros.

Flujos laterales, procedentes de otros acuíferos.

Retorno de riegos, excesos de riegos o las pérdidas en los canales de distribución.



Recarga Urbana, producto de fugas de redes de desabastecimiento y redes de alcantarillado.

Lerner (1990) y luego Simmers (1997) definen la recarga localizada como una categoría intermedia la cual implica un movimiento horizontal del agua antes de que termine el proceso de recarga.

La recarga puede determinarse por varios métodos, y se clasifican en 5 grupos:

Medidas directas: La recarga se mide directamente mediante la construcción de lisímetros. Un lisímetro es un bloque de suelo dotado de dispositivos que permiten medir el flujo que drena hasta el acuífero.

Balance hídrico: Se determinan los flujos de entrada y de salida de un sistema, y la recarga al acuífero constituye el residuo de la ecuación de balance; hacen parte de este grupo los balances de humedad del suelo, de agua en canales, el método de fluctuaciones del nivel freático y el que iguala la descarga a la recarga.

Trazadores: Su principal uso es determinar fuentes de recarga y zonas de descarga aunque se utilizan para cuantificar la recarga a través de un balance de masa del trazador.

Aproximaciones de Darcy: Se encuentran valores de cabezas hidráulicas a partir de las ecuaciones de flujo de Richards y Boussinesq y luego se determina la velocidad de filtración. Si se asumen condiciones estables la recarga se determina directamente de la ecuación de Darcy.



Empíricos: Consiste en el desarrollo de ecuaciones empíricas que relacionan la recarga con alguna variable como la precipitación.

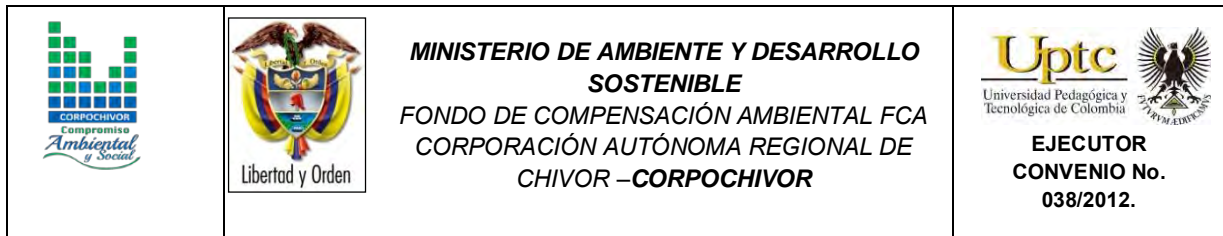
2.3 ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA

La escorrentía superficial se estima con el fin de conocer las variaciones espaciales y temporales de los caudales que drenan por los cauces de las cuencas o subcuencas delimitadas para el área de estudio, y su magnitud está condicionada por la precipitación, las características físicas y estructurales del suelo, además de la influencia de otros factores como son la pendiente, el tipo de uso asociado a éste, la densidad y tipo de cobertura vegetal.

Para tal fin el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica (USSCS) desarrolló un método directo de estimación del escurrimiento que integra la intercepción, infiltración y el almacenamiento en pequeñas depresiones, excepto la evapotranspiración potencial, en una sola abstracción. El método, conocido como Número de Curva, establece que la relación lluvia-escurrimiento es una función del tipo de suelo, uso del suelo y de condiciones hidrológicas (Chow et al., 1964; USDA, 1986).

La estimación del escurrimiento superficial por el método de Número de Curva se realiza con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$



Dónde:

S= (25400/CN)-254

P= Precipitación

CN= Número de curva (tablas)




Q= Escorrentía

En el método de la Curva Numérica cada tipo o clase de suelo es asignado a un grupo hidrológico. Los grupos hidrológicos se basan fundamentalmente en la capacidad de infiltración, la cual puede relacionarse con la conductividad hidráulica saturada de la superficie del suelo. La información cartográfica de suelos, y los mapas de cobertura vegetal y uso de suelo fueron reclasificadas. La cobertura vegetal y uso del suelo se reclasificó como cobertura/tratamiento y condición hidrológica. La información de suelos se reclasificó con objeto de generar el mapa de grupos hidrológicos de suelo.

La información anteriormente descrita constituye los principales insumos del método de Sistema de Clasificación de Suelos (SCS) para la estimación del número de curva, que representa un coeficiente de escurrimiento para una zona, o una cuenca hidrológica (ver Tabla 1) (Chow et al., 1994; USDA, 1986).

Tabla 1. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).




Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición Hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	8	9	9
				6	1	4

		MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR	 EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.
---	---	--	---

	CR	Pobre	76	8	9	9
				5	0	3
	CR	Buena	74	8	8	9
				3	8	0
Cultivos alineados	R	Pobre	72	8	8	9
				1	8	1
	R	Buena	67	7	8	8
				8	5	9
	R + CR	Pobre	71	8	8	9
				0	7	0
	R + CR	Buena	64	7	8	8
				5	2	5
	C	Pobre	70	7	8	8
				9	4	8
	C	Buena	65	7	8	8
				5	2	6
C + CR	Pobre	69	7	8	8	
			8	3	7	
C + CR	Buena	64	7	8	8	
			4	1	5	
C + T	Pobre	66	7	8	8	
			4	0	2	
C + T	Buena	62	7	7	8	
			1	8	1	
C + T + CR	Pobre	65	7	7	8	





ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

				3	9	1
	C + T + CR	Buena	61	7	7	8
				0	7	0
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	7	8	8
				6	4	8
	R	Buena	63	7	8	8
				5	3	7
	R + CR	Pobre	64	7	8	8
				5	3	6
	R + CR	Buena	60	7	8	8
				2	0	4
	C	Pobre	63	7	8	8
				4	2	5
	C	Buena	61	7	8	8
				3	1	4
	C + CR	Pobre	62	7	8	8
			3	1	4	
C + CR	Buena	60	7	8	8	
			2	0	3	
C + T	Pobre	61	7	7	8	
			2	9	2	
C + T	Buena	59	7	7	8	
			0	8	1	
C + T + CR	Pobre	60	7	7	8	
			1	8	1	

		MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR	 EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.
---	---	--	---




	C + T + CR	Buena	58	6	7	8
				9	7	0
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	7	8	8
				7	5	9
	R	Buena	58	7	8	8
				2	1	5
	C	Pobre	64	7	8	8
				5	3	5
	C	Buena	55	6	7	8
				9	8	3
	C + T	Pobre	63	7	8	8
				3	0	3
	C + T	Buena	51	6	7	8
				7	6	0
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	7	8	8
				9	6	9
	-	Regulares	49	6	7	8
				9	9	4
	-	Buenas	39	6	7	8
				1	4	0
Pastizales	C	Pobres	47	6	8	8
				7	1	8
	C	Regulares	25	5	7	8
				9	5	3
	C	Buenas	6	3	7	7

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

 <p>CORPOCHIVOR Compromiso <i>Ambiental y Social</i></p>	 <p>Libertad y Orden</p>	<p>MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p>Uptc Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</p>  <p>EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
--	---	---	---

				5	0	9
Prados permanentes	-	-	30	5	7	7
				8	1	8
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	6	7	8
				7	7	3
	-	Regulares	35	5	7	7
				6	0	7
	-	Buenas	≤3	4	6	7
			0	8	5	3
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	7	8	8
				3	2	6
	-	Regulares	43	6	7	8
				5	6	2
	-	Buenas	32	5	7	7
				8	2	9
Montes con pastos (aprovechamiento silvopastorales)	-	Pobres	45	6	7	8
				6	7	3
	-	Regulares	36	6	7	7
				0	3	9
	-	Buenas	25	5	7	7
				5	0	7
Bosques	-	I Muy pobre	56	7	8	9
				5	6	1
	-	II Pobre	46	6	7	8
				8	8	4

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

		MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR	 EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.
---	---	--	---

	-	III Regular	36	6	7	7
	-	IV Buena	26	0	0	6
	-	V Muy buena	15	2	3	9
	-	V Muy buena	15	4	5	6
	-	V Muy buena	15	4	4	1
Caseríos	-	-	59	7	8	8
	-	-	59	4	2	6
Caminos en tierra	-	-	72	8	8	8
	-	-	72	2	7	9
Caminos con firme	-	-	74	8	9	9
	-	-	74	4	0	2

Fuente: Chow et al., 1994; USDA, 1986.

Dónde:

CR= Con cubierta de residuos vegetales que ocupe al menos el 5% de la superficie del suelo durante todo el año.

R= Si las labores de la tierra (labrar, gradear, sembrar, etc.) se realizan en línea recta, sin considerar la pendiente del terreno.

C= Si el cultivo se realiza siguiendo las curvas de nivel.

T= Si se trata de terrenos aterrazados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos).

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	<p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
--	--	--	--

Tabla 2. Escorrentía Estación Puente Adriana, suelo tipo ML

P	R(SML)	I1
31.92667	3.24587	22.60773
25.58917	4.863133	14.65297
28.50417	4.074025	18.35707
11.04667	10.04351	-5.06991
19.33167	6.829538	6.429062
37.32608	2.146433	29.10658
25.32835	4.937584	14.3177
30.47	3.58559	20.81134
23.44528	5.494203	11.87801
19.23717	6.862183	6.301918
30.81467	3.503515	21.23809
24.033	5.316856	12.64308
3.207767	13.78176	-16.6471
21.87013	5.985916	9.811151
16.10797	7.994468	2.040432
21.3989	6.137712	9.188121
35.80523	2.431126	27.30104
44.922	1.004857	37.84408
42.4	1.333259	34.99367
17.239	7.573621	3.592312
17.562	7.455859	4.033074
13.39275	9.05952	-1.73984
14.92275	8.449783	0.3999

Fuente: Resultado del estudio.




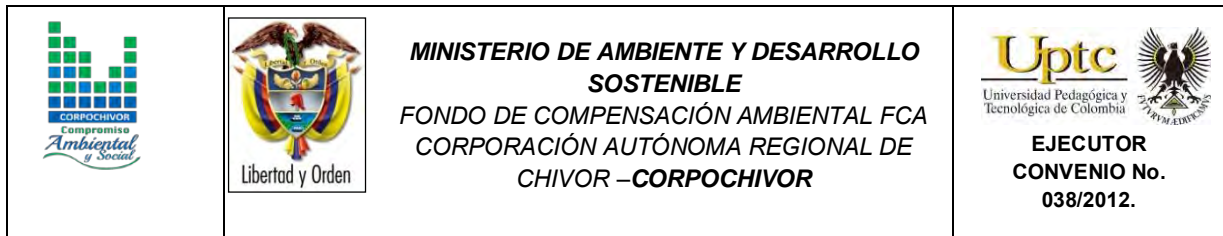
		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

Tabla 3. Escorrentía Estación Puente Adriana, suelo tipo OL.

p	R(SOL)	I2
31.92667	0.242616	23.72473
25.58917	0.002587	15.76997
28.50417	0.040919	19.47408
11.04667	1.976281	-3.95291
19.33167	0.377054	7.546064
37.32608	0.876484	30.22359
25.32835	0.005445	15.4347
30.47	0.136831	21.92835
23.44528	0.057932	12.99501
19.23717	0.387843	7.41892
30.81467	0.159238	22.35509
24.033	0.035471	13.76008
3.207767	4.88708	-15.5301
21.87013	0.14608	10.92815
16.10797	0.838158	3.157434
21.3989	0.180528	10.30512
35.80523	0.660883	28.41804
44.922	2.350582	38.96108
42.4	1.791031	36.11068
17.239	0.65419	4.709314
17.562	0.606119	5.150076
13.39275	1.38264	-0.62283
14.92275	1.057627	1.516902

Fuente: Resultado del estudio.






2.4 ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

El conocimiento de la variación espacial y temporal de la precipitación y su magnitud se realiza con el fin de evaluar las observaciones cuando se toman muestras de un evento de precipitación o de una serie de eventos. La evaluación de la muestra observada incluye el examen de influencias externas, como pueden ser las influencias que puedan tener los instrumentos de medición, y también se debe tener en cuenta la interpretación de los efectos del medio ambiente físico, como la fisiografía.

Con el fin de conocer el comportamiento de este parámetro hidroclimatológico se utilizó los datos de las 7 estaciones climatológicas (ver tabla 4), las cuales se encuentran ubicadas dentro y en áreas colindantes del área de estudio del presente convenio. Con el propósito de obtener el valor (mm) de precipitación media mensual multianual de la zona de estudio se utilizaron los datos mensuales de la estación seleccionada para un periodo de 24 años (1986-2010), estos se utilizaron junto con los datos promedio mensuales multianuales de escorrentía y evapotranspiración para estimar el balance hídrico de las subcuencas del área de estudio.

Tabla 4. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación para el área de estudio.

CODIGO	NOMBRE ESTACION	CORRIENTE	NOMBRE DEPARTAMENTO	NOMBRE MUNICIPIO
35070030	VILLA LUISA	RIO TEATINOS	BOYACA	RAMIRIQUI
35070010	RAMIRIQUI	RIO JENESANO	BOYACA	RAMIRIQUI
35077090	PUENTE ADRIANA	RIO JENESANO	BOYACA	JENESANO
35070040	TIBANA	RIO TIBANA	BOYACA	TIBANA

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

35075010	NUEVO COLON	RIO TURMEQUE	BOYACA	NUEVO COLON
35070030	TURMEQUE	RIO TURMEQUE	BOYACA	TURMEQUE
3507002	VENTAQUEMADA	RIO TURMEQUE	BOYACA	VENTAQUEMADA

Fuente: IDEAM.

2.4.1 Precipitación promedio de la estación puente Adriana, municipio de Jenesano.

En la Tabla 5 se presentan los valores de precipitación medios mensuales multianuales (mm) para cada una de las estaciones delimitadas dentro del área de estudio, información que se utilizó para la estimación de la recarga de agua para la Formación Conejo (Kcn) que se delimito y que hace parte del área del presente convenio.

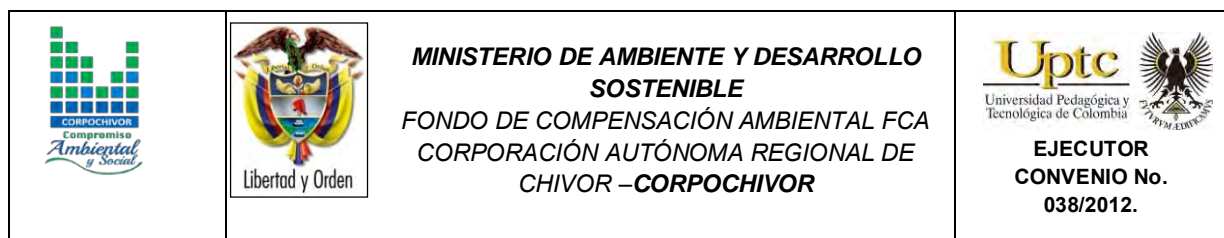
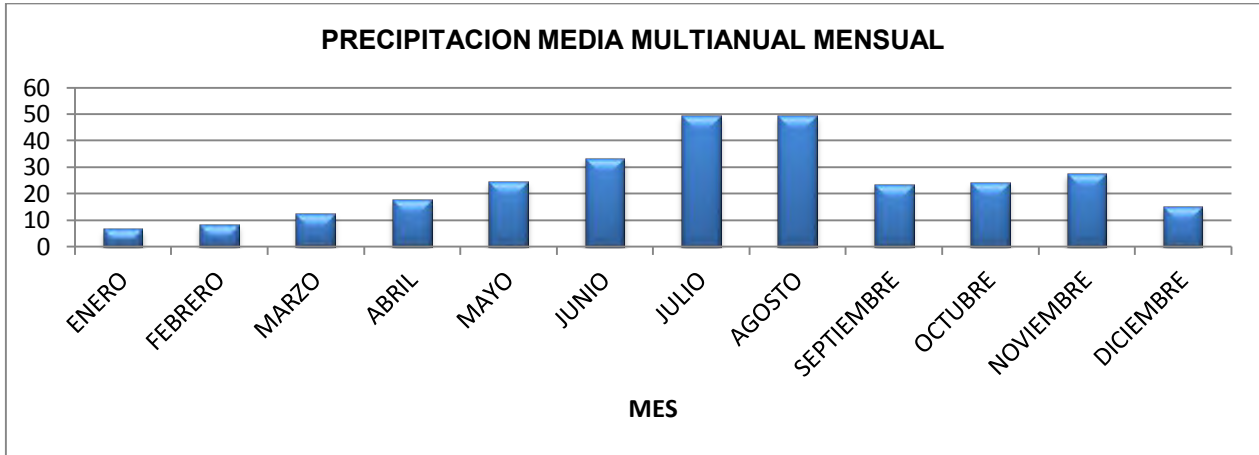


Tabla 5. Precipitación media multianual mensual por estación.

NOMBRE ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
PTE ADRIANA	1096151	1070148	1.12	36	14.75	24.5	17.5	41.5	88	46.75	32	52	24.5	4.5	1986	383.12	31.92666667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	3.75	4.5	10.2	9.75	36.75	52	62.7	35	15.8	21.3	48.82	6.5	1987	307.07	25.58916667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	4.7	5.9	2.18	12	13.92	42	54.6	43.5	26.1	26.1	81.25	29.8	1988	342.05	28.50416667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	2.96	3.6	15.52	9.96	14.68		22	17.2	11.48	22	8	5.16	1989	132.56	11.04666667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	5.4	7.8	8.4	14	59.2	19.7	40.2	18.88	12.4	12.4	15.6	18	1990	231.98	19.33166667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	2.4	1.4	6.6	8.8	54.6	34.903	114.03	146.08	43.2	16.5	17.6	1.8	1991	447.91	37.32608333
PTE ADRIANA	1096151	1070148	1.7	1.4846	2.8526	17.103	13	28.5	69	83	28.5	10.2	31.5	17.1	1992	303.94	25.32835
PTE ADRIANA	1096151	1070148	17.5	17.5	16.5	28.1	28.1	55.5	28.1	68.5	55.5	13.5	21.34	15.5	1993	365.64	30.47
PTE ADRIANA	1096151	1070148	13.5	20.06	63.3	71.35	8.2503	26.7	55.503	14	8.68				1994	281.34	23.445275
PTE ADRIANA	1096151	1070148	3.55	0.043	3.55	21.153				60	25.75	69	32	15.8	1995	230.85	19.23716667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	7.24	7.24	8.73	8.73	46.83	87.548	87.548	20.53	14.84	25.77	25.77	29	1996	369.78	30.81466667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	11.25	13.4	3.88	5.23	18.25	11.25	76.788	66.108	29.4	10.16	38.68	4	1997	288.4	24.033
PTE ADRIANA	1096151	1070148	6.9908	1.1008	1.0008	1.6008	1.9	3.5	5.9	3.5	4.9	4.4	2.4	1.3	1999	38.493	3.207766667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	5.8908	11.898	13.098	10.848	24.018	26.378	43.618	36.718	26.378	13.688	41.218	8.6908	2000	262.44	21.87013333
PTE ADRIANA	1096151	1070148	8.6908	1.5508	3.1208	7.5608	20.318	26.378	11.898	53.778	32.218	9.2608	9.2608	9.2608	2001	193.3	16.10796667
PTE ADRIANA	1096151	1070148	0.8108	1.81	11.95	14.34	32.338	17.27	47.69	20.16	18.66	30.03	34.838	26.89	2003	256.79	21.3989
PTE ADRIANA	1096151	1070148	1.1008	1	11.9	12.7	18.7	75.008	58.708	125.33		44.3	42.308	38.608	2004	429.66	35.80523333
PTE ADRIANA	1096151	1070148	19.41	23.23	25.85	36.088	61.578	66.658	64.488	67.388	71.928	47.698	41.098	13.65	2005	539.06	44.922
PTE ADRIANA	1096151	1070148	15.34	10.77	27.42	31.08	36.088	70.37	85.868	72.698	17.02	55.77	49.028	37.348	2006	508.8	42.4
PTE ADRIANA	1096151	1070148	5.35	3.537	9.647	13.29	10.21	28.99	28.99	49.02	10.49	20.16	18.66	8.524	2007	206.87	17.239
PTE ADRIANA	1096151	1070148	5.35	1.881	4.51	30.03	15.343	24.8	25.85	27.42	11.49	20.16	28.99	14.92	2008	210.74	17.562
PTE ADRIANA	1096151	1070148	4.51	7.682	7.962	4.8	7.824	3.797	31.41	31.41	31.41	16.15	7.824	5.934	2009	160.71	13.39275
PTE ADRIANA	1096151	1070148	0.806	1.291	5.556	9.336	23.76	19.95	29.88	25.67	7.068	11.98	12.363	31.413	2010	179.07	14.92275

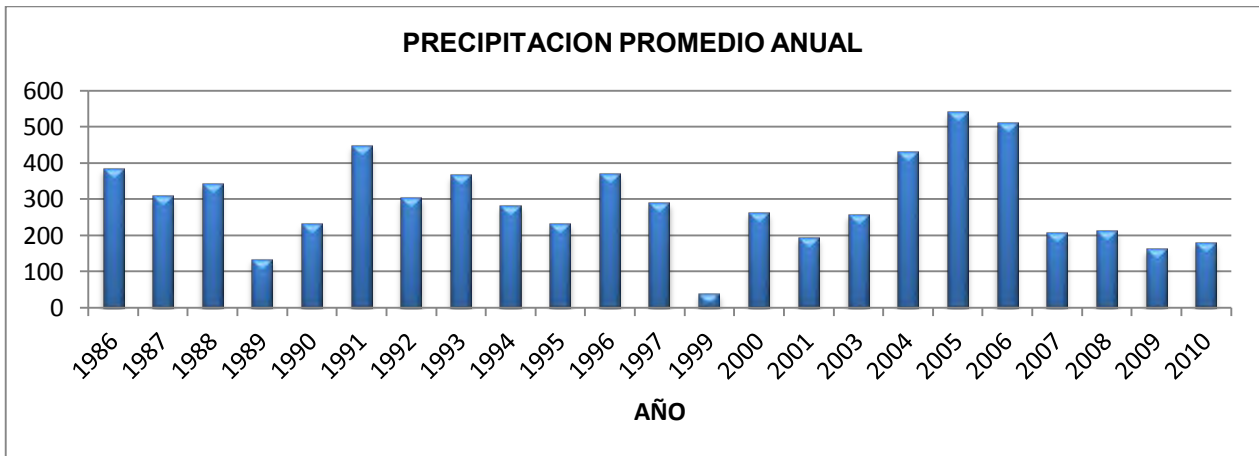
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 3. Gráfico de precipitación media multianual mensual.



Fuente: Resultado del estudio.

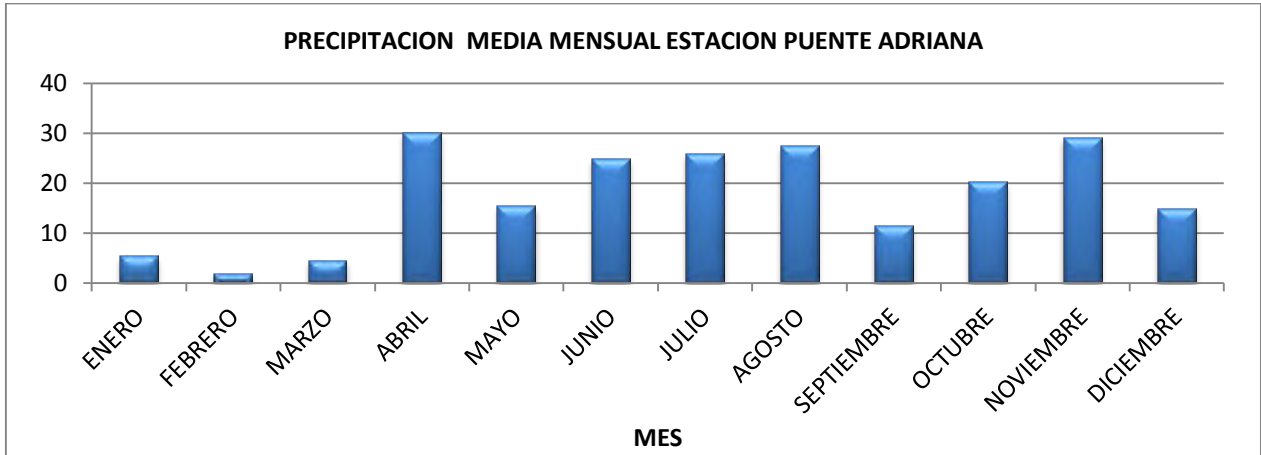
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.



Fuente: Resultado del estudio.

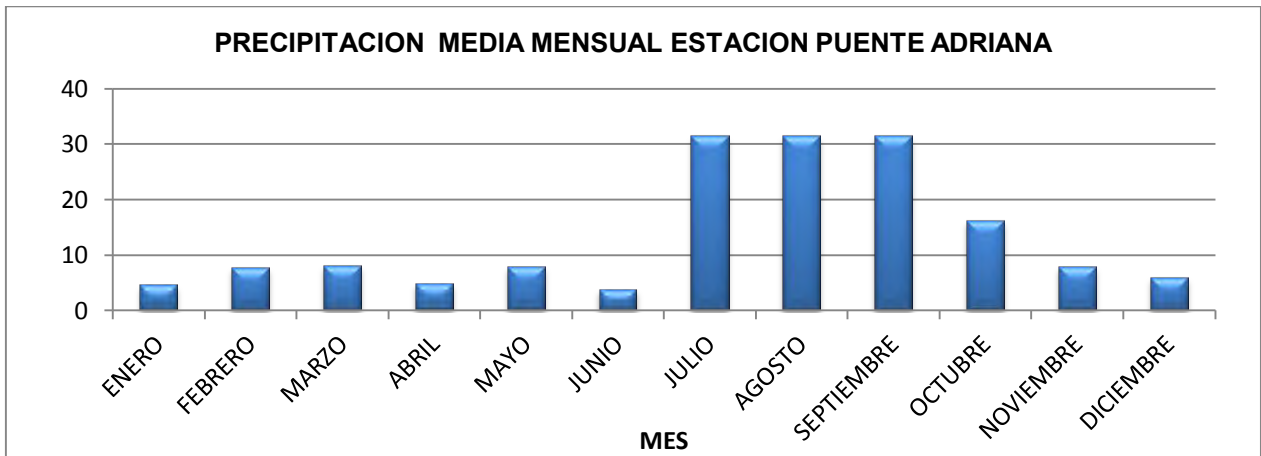
El comportamiento de la precipitación promedio anual, para los años 1986-1987-1988 se encuentran valores que varían entre los 380 - 300 mm, en los años 1989-1991-1993-1995-1997-2000-2005-2006 se encuentran valores que varían entre los 50-500 mm y los años restantes se presentan valores que varían entre 200-180 mm.

Figura 5. Precipitación media mensual estación Puente Adriana (2008)



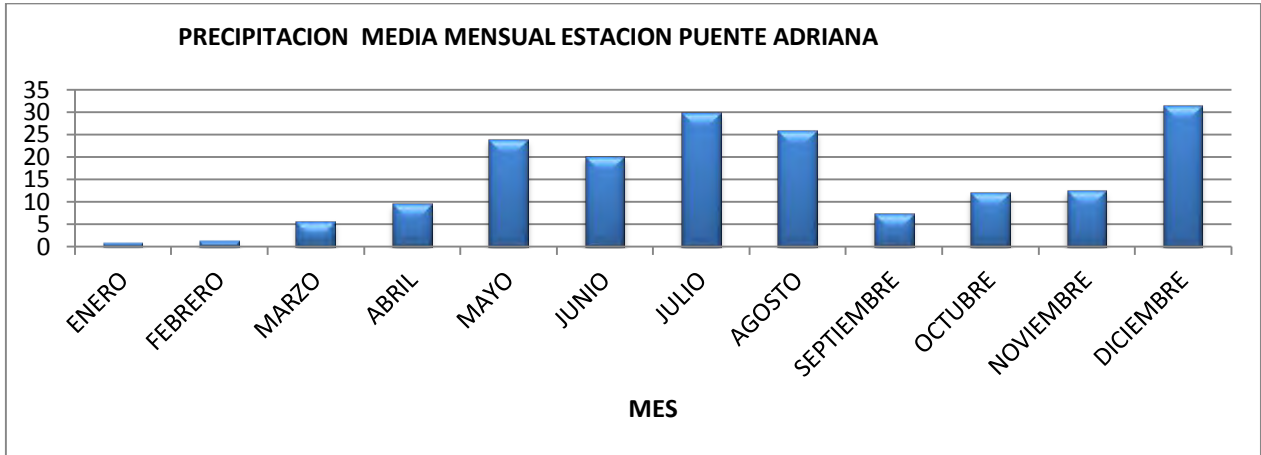
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 6. Precipitación media mensual estación Puente Adriana (2009)



Fuente: Resultado del estudio.

Figura 7. Precipitación media mensual estación Puente Adriana (2010)

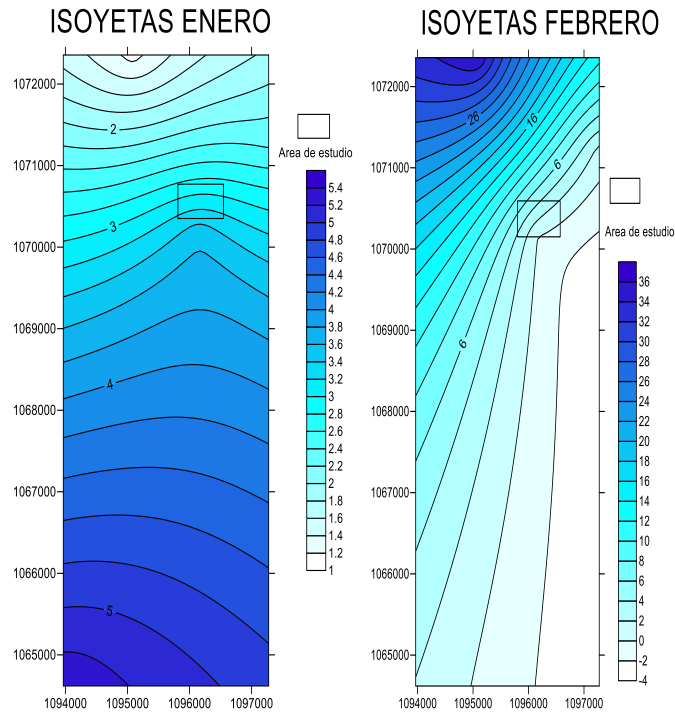


Fuente: Resultado del estudio.

Para la realización de los mapas de Isoyetas se tuvieron en cuenta datos correspondientes a la Estación de Puente Adriana.

2.4.2 Mapas de isoyetas generados a partir de los datos de precipitación

Figura 8. Isoyetas mes de Enero y Febrero

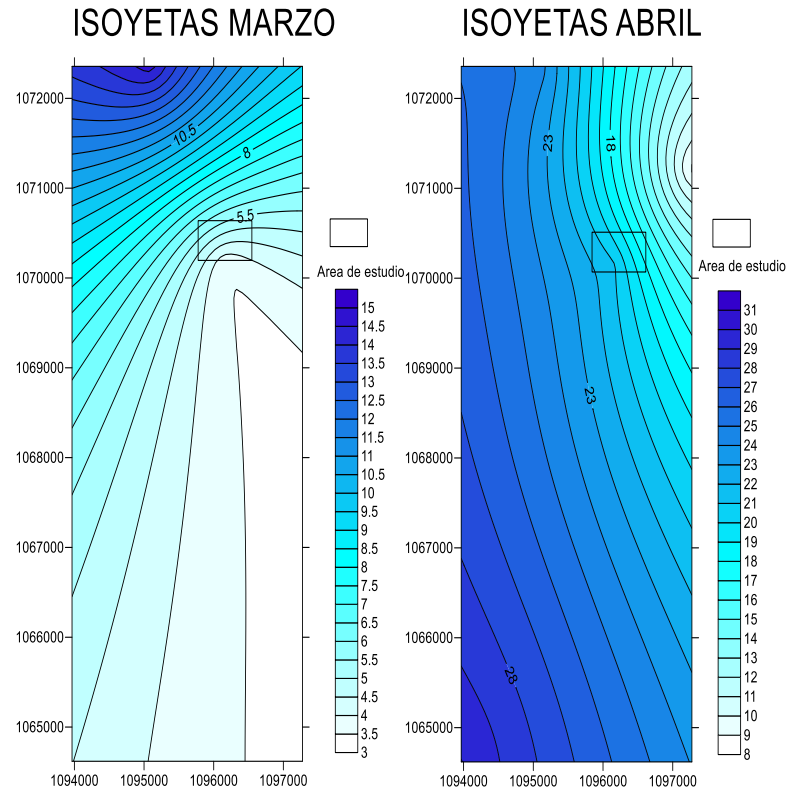


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Enero (Figura 8 izquierda), hacia la parte suroeste se encuentran valores que varían entre los 4 – 5 mm. Hacia el noroeste se presentan valores que van desde los 2 - 3 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Febrero (Figura 8 derecha), hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 16 – 26 mm. Hacia la parte suroriental se presentan valores que permanecen constantes entre 3 - 6 mm.

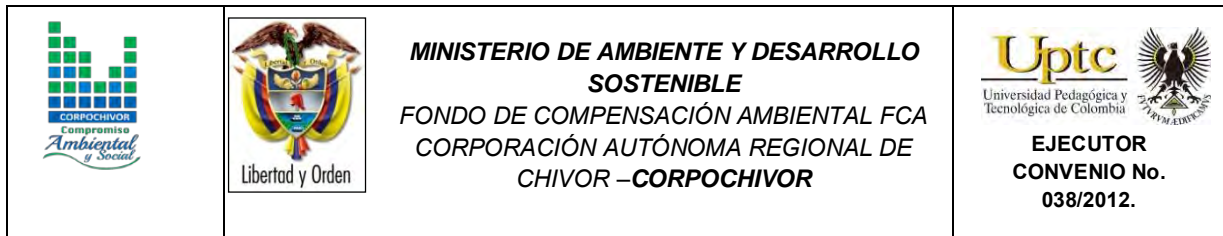
Figura 9. Isoyetas mes de marzo y abril



Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Marzo (Figura 9 izquierda), hacia el noroeste se presentan valores que van desde los 8 - 11 mm. Hacia la parte central e inferior se presentan valores inferiores a 5 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Abril (Figura 9 derecha), hacia el noroeste se encuentran valores que varían entre los 23 – 26 mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que van desde los 24-29 mm.



2.5 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)

2.5.1 Formula de J. B. García y J.D. López.

Esta fórmula, de acuerdo a los resultados obtenidos en campo es aconsejable tenerla en cuenta para este tipo de estudios. Además ha sido evaluada, junto con la de L. Turc, como de las mejores para el cálculo de ETP en esta zona, según estudio comparativo de fórmulas de ETP potencial realizado por la CAR, en el que se evaluó el índice estacional, el coeficiente de correlación y su relación porcentual.

$$ETP = 1,21 * 10^n * (1 - 0,01 * HR) + 0,21 * T - 2,30 \text{ (mm)}$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración

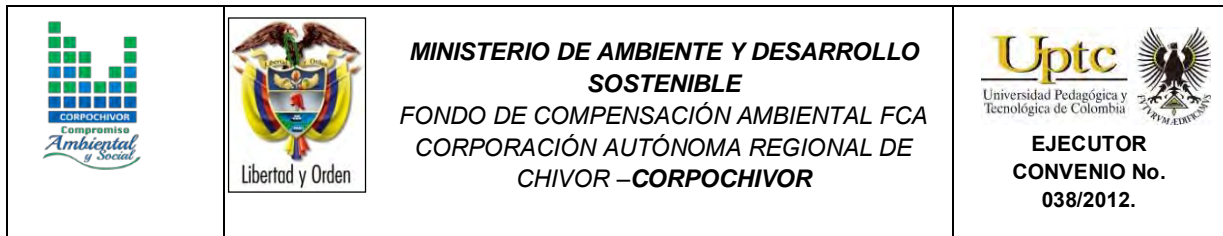
T: Temperatura media del aire en grados Celsius

HR: Humedad relativa media (%)

$$n = \frac{7,45 * T}{234,7 + T}$$

$$HR = \frac{HR : 8 \text{ Horas} + HR : 14 \text{ Horas}}{2}$$

Esta fórmula fue diseñada para las regiones situadas en un régimen tropical, dentro del rango latitudinal: 15°N -15°S. Con grado de exactitud del 88 %. Los cálculos efectuados en la aplicación de la formula se hicieron en un rango mensual con el objeto de observar su variación y evaluar la ETP promedio.



Se tomaron cuatro rangos de temperatura que varían de acuerdo a los periodos de precipitaciones, durante cada año.

Tabla 6. Rangos de temperatura Jenesano

Periodo	Temperatura (°C)
Periodo 1	19.1
Periodo 2	16.7
Periodo 3	14.6

Fuente: EOT Municipio de Jenesano.

El valor de la humedad relativa (HR) se toma del EOT del municipio de Jenesano, que corresponde al valor del 86%. De donde obtenemos:

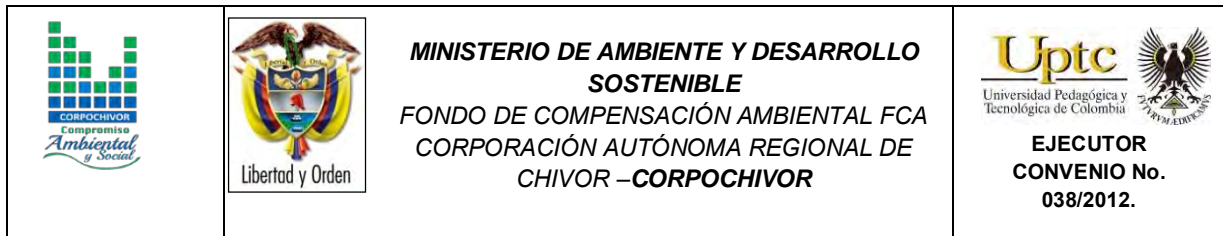
Tabla 7. Valores de Evapotranspiración

ETP1	ETP2	ETP3
6.07306651	4.95606447	4.04193993

Fuente: Resultado del estudio.

2.6 ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO

La estimación del balance hídrico para la zona de estudio se realizó partiendo de los resultados del cálculo de precipitación, escorrentía y evapotranspiración media mensual multianual. Para poder calcular los valores de recarga potencial para la cuenca del río Jenesano, esta recarga se estimó por medio del balance hídrico con base en los valores promedios mensuales de precipitación, evapotranspiración potencial y escorrentía calculada por el método de numero de curva de escorrentía, el cual utiliza



los parámetros de cobertura vegetal, Índice de infiltración del suelo, condición hidrogeológica.

Herramientas y métodos:

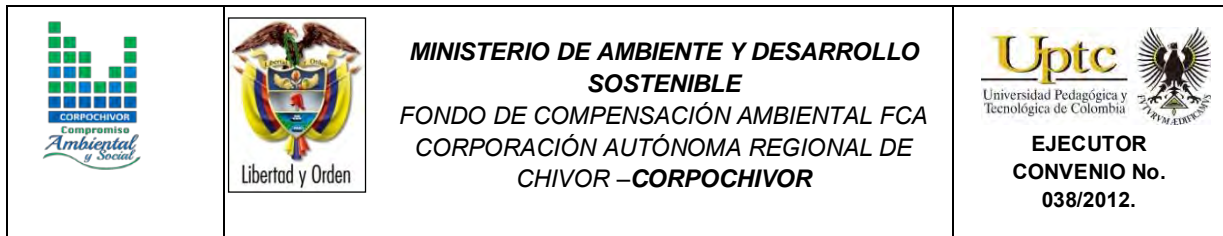
Los datos de infiltración obtenidos mediante la ponderación de los datos proporcionados por el IDEAM.

Datos de precipitación obtenidos de las estaciones pluviométricas y de evaporación del IDEAM.

2.6.1 Metodología

La metodología utilizada para el cálculo de la recarga fue la siguiente:

- Se realiza un procesamiento de los datos de las estaciones pluviométricas del IDEAM, generando tablas de precipitación media y mensual con el comportamiento multitemporal de las precipitaciones.
- Generación de tablas de evapotranspiración media con el comportamiento multitemporal de la evapotranspiración, a partir de los datos de temperatura del IDEAM, aplicando la **Formula de J. B. García y J.D. López**. Para el cálculo de la evapotranspiración.
- Se calcula el número de curva para cada categoría con características iguales de cobertura, velocidad de infiltración, condición hidrológica y uso del suelo.



- Con la ecuación propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica se calcula la escorrentía para cada categoría y microcuenca, que utiliza el número de curva de escorrentía y la precipitación media mensual como variables.
- Se realiza un balance hídrico, con los datos de precipitación, escorrentía, evapotranspiración para encontrar la cantidad de recarga, siguiendo las normas del IDEAM.

Cálculo del balance hídrico.

El método consiste en hacer un balance para un periodo de tiempo determinado. El balance se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = ESC + ETR +/- \Delta S + REC$$

P= precipitación

ESC = escorrentía

ETR= evapotranspiración

ΔS= cambios en el contenido de humedad del suelo

REC= recarga o infiltración potencial.

Calculo de la infiltración, consiste en calcular la infiltración a partir de la diferencia de los factores hidrológicos del balance: precipitación, evapotranspiración y escorrentía, aplicando la siguiente fórmula:

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	<p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
--	--	---	---

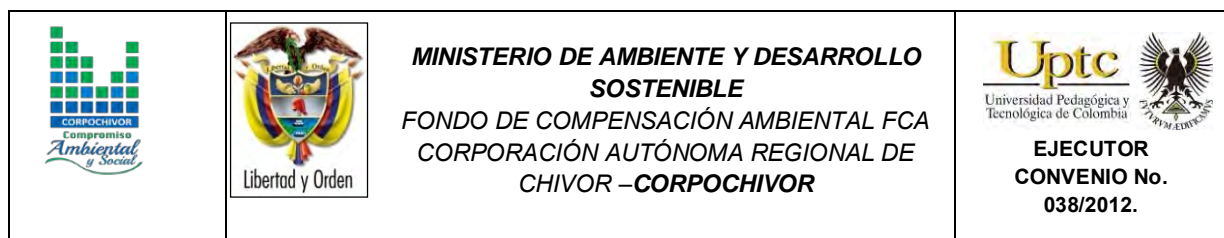
$$I = P - ETR - R$$

Dónde:

P = precipitación media por el método de las isoyetas.

ETR = evapotranspiración real.

R = escorrentía calculada por el método de numero de curva.

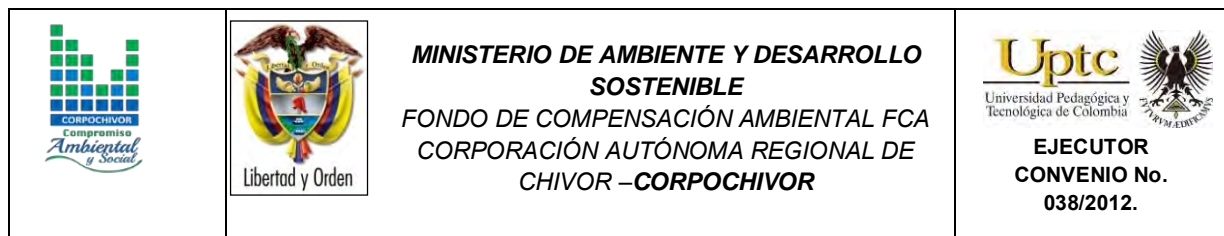


2.7 RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores obtenidos dentro del balance hídrico se encuentran resumidos en la Figura 10 y expresados esquemáticamente en la Tabla 8.

Tabla 8. Estimación del Balance Hídrico

AÑO	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
PRECIPITACION PROMEDIO	31.92667	25.58917	28.50417	11.04667	19.33167	37.32608	25.32835	30.47	23.44528
ESCORRENTIA	3.24587	4.863133	4.074025	10.04351	6.829538	2.146433	4.937584	3.58559	5.494203
EVAPOTRANSPIRACION	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067
DELTA	22.60773	14.65297	18.35707	-5.06991	6.429062	29.10658	14.3177	20.81134	11.87801
ALMACENAMIENTO	22.60773	14.65297	18.35707	-5.06991	6.429062	29.10658	14.3177	20.81134	11.87801
DEFICIT									
RECARGA	22.60773	14.65297	18.35707	-5.06991	6.429062	29.10658	14.3177	20.81134	11.87801

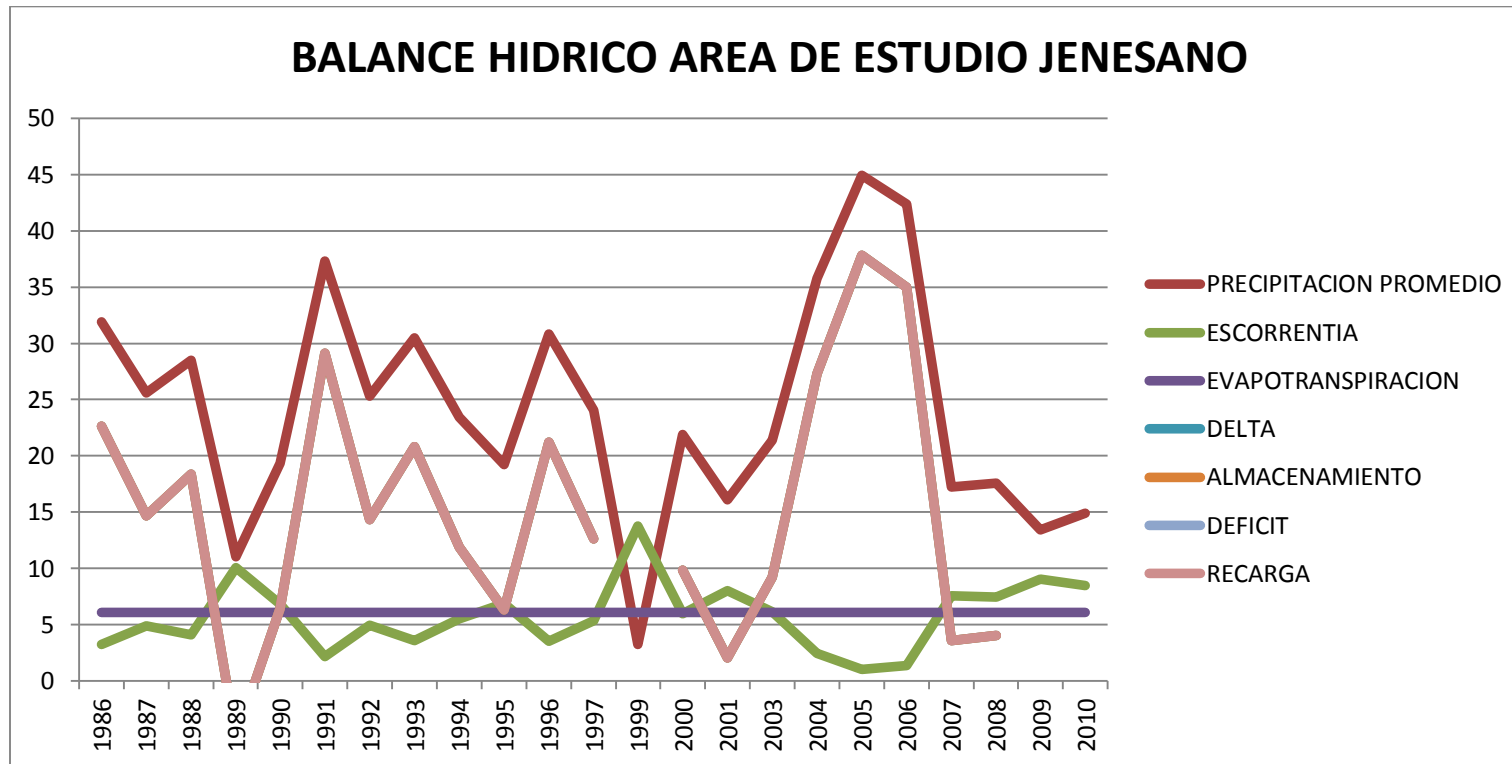


AÑO	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2003	2004	2005
PRECIPITACION PROMEDIO	19.23717	30.81467	24.033	3.207767	21.87013	16.10797	21.3989	35.80523	44.922
ESCORRENTIA	6.862183	3.503515	5.316856	13.78176	5.985916	7.994468	6.137712	2.431126	1.004857
EVAPOTRANSPIRACION	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067
DELTA	6.301918	21.23809	12.64308		9.811151	2.040432	9.188121	27.30104	37.84408
ALMACENAMIENTO	6.301918	21.23809	12.64308		9.811151	2.040432	9.188121	27.30104	37.84408
DEFICIT				-16.6471					
RECARGA	6.301918	21.23809	12.64308		9.811151	2.040432	9.188121	27.30104	37.84408

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010
PRECIPITACION PROMEDIO	42.4	17.239	17.562	13.39275	14.92275
ESCORRENTIA	1.333259	7.573621	7.455859	9.05952	8.449783
EVAPOTRANSPIRACION	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067	6.073067
DELTA	34.99367	3.592312	4.033074		0.3999
ALMACENAMIENTO	34.99367	3.592312	4.033074		0.3999
DEFICIT				-1.73984	
RECARGA	34.99367	3.592312	4.033074		0.3999

Fuente: Resultado del estudio.

Figura 10. Comportamiento de las Curvas del Balance Hídrico



Fuente: Resultado del estudio.

2.8 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO A PARTIR DE LAS CURVAS (IDF)

Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución normal

Serie de datos X:

N°	X
1	53,0
2	0,0
3	47,0
4	125,0
5	71,0
6	85,0
7	49,0
8	30,0
9	31,0
10	0,0
11	125,0

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	0,0	0,0833	0,0953	0,1033	0,0119
2	0,0	0,1667	0,0953	0,1033	0,0714
3	30,0	0,2500	0,2717	0,2788	0,0217
4	31,0	0,3333	0,2795	0,2865	0,0539
5	47,0	0,4167	0,4167	0,4196	0,0000
6	49,0	0,5000	0,4350	0,4373	0,0650
7	53,0	0,5833	0,4720	0,4730	0,1113
8	71,0	0,6667	0,6371	0,6324	0,0296
9	85,0	0,7500	0,7511	0,7434	0,0011
10	125,0	0,8333	0,9466	0,9401	0,1133
11	125,0	0,9167	0,9466	0,9401	0,0300

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0,1133, es menor que el delta tabular 0,4101. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución normal:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_m)= 56,0

Parámetro de escala (S)= 42,7785

Con momentos lineales:

Media lineal (X_l)= 56,0

Desviación estándar lineal (S_l)= 44,3436

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 2 años, es 56,00

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 92,00

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 110,83

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 130,91

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 143,88

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 75 años, es 150,83

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 155,54

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 179,14



2.9 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA

Los parámetros morfométricos de una cuenca permiten establecer las características geométricas de la misma, la cual determina en alto grado la susceptibilidad que ésta tiene para presentar, en sucesos eventuales o con el transcurso del tiempo, inundaciones y Avenidas Torrenciales; por ejemplo: una microcuenca alargada muestra una amenaza baja por avenidas torrenciales, porque permite disipar con facilidad una precipitación abundante de corta duración, lo inverso sucede con una microcuenca redonda. Para objeto de este estudio, se analizarán únicamente las Avenidas Torrenciales, ya que por las características topográficas de la región, es poco posible que se presentes inundaciones propiamente dichas. Los parámetros morfométricos determinados para todas las cuencas de la jurisdicción se enuncian a continuación:

Área de la Cuenca (A)

Perímetro de la cuenca (P)

Coeficiente de compacidad (C).

Coeficiente de redondez (K).

Densidad de drenaje (Dd)

Pendiente media de la corriente (IC)

Área de la Cuenca (A)

2.10 Área de la cuenca.

El área de la cuenca se obtiene de acuerdo al promedio de las mediciones realizadas con el Planímetro, AutoCAD, o cualquier otro método para su medición, está limitada



por divisorias de aguas, hasta la desembocadura del río o quebrada y está dada en Km².

Perímetro de la cuenca (P)

Longitud medida del contorno de la cuenca, es decir por las divisorias de aguas que la limitan, y está dada en Km.

Coefficiente de compacidad (C). Esta variable compara el perímetro de la cuenca con la longitud o perímetro asociado.

$$C = \frac{P}{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}$$

C= 1: Cuenca de forma compacta redonda.

C= 1.20: Cuenca semicompacta semiojal redonda

C= 1.50: Cuenca semicompacta oblonga

C >1: Cuenca semicompacta rectángulo – oblonga

Coefficiente de redondez (K). Relaciona la longitud de la cuenca, con el área de la misma.

$$K = \frac{Lb^2}{4A}$$

K = 1: Redonda

K > 1: Semiredonda

K < 1: Irregular

2.10.1 DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)

Es la medición de la longitud acumulada de todas las corrientes (Ld) y el área (A)

$$Dd = \frac{Ld}{A}$$

Dd < 0.5	:	Baja
Dd = 0.5	:	Media
Dd > 1	:	Alta

2.10.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)

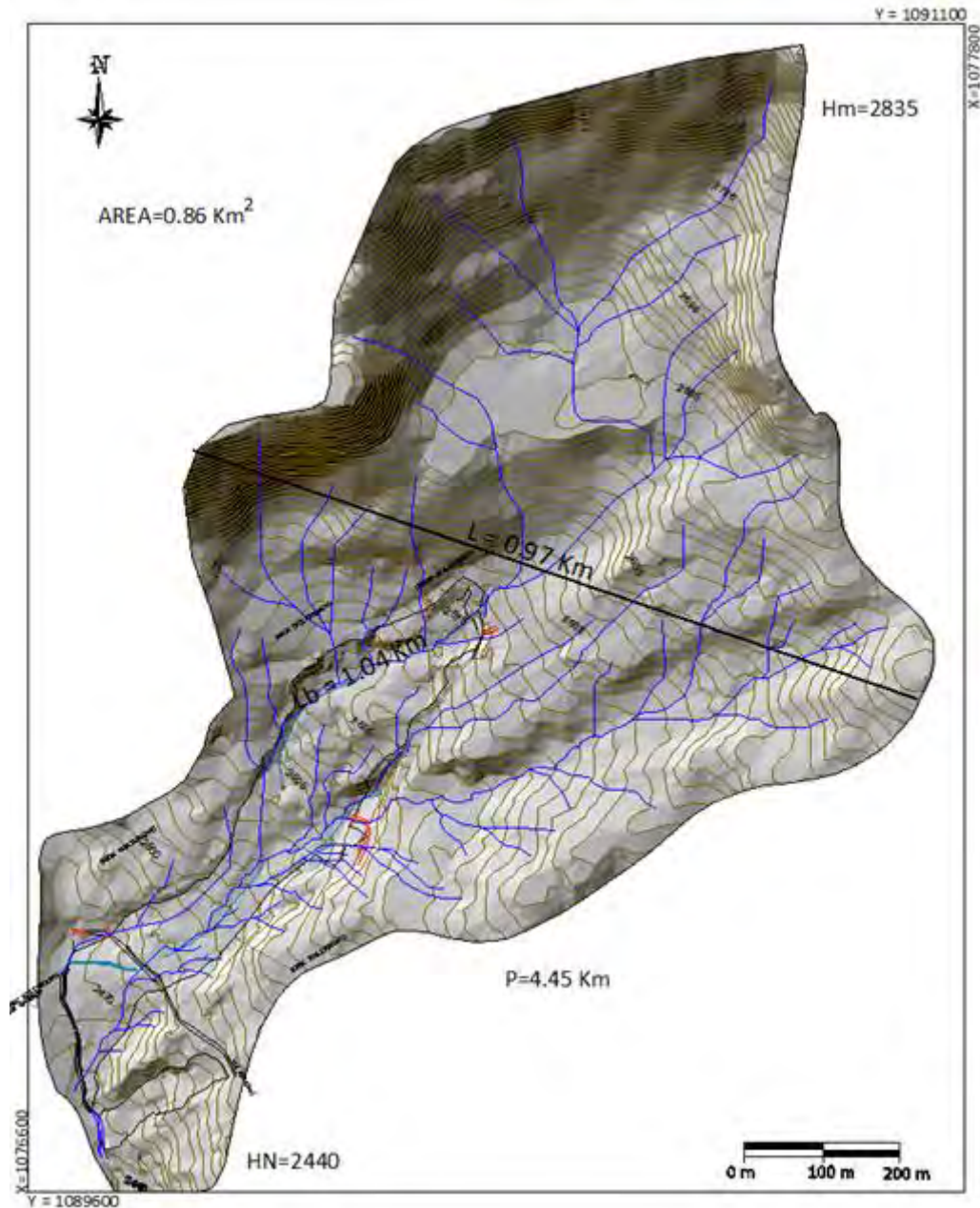
Es el tiempo que gasta una gota de agua en recorrer el sitio más lejano de la cuenca a la desembocadura del cauce principal.

$$Tc = 0.0663 \left(\frac{Lb}{\sqrt{A}} \right)^{0.07}$$

Con base al análisis anterior sus parámetros morfométricos indican las microcuencas analizadas presentan de media a alta susceptibilidad a la torrencialidad, ver tabla de resultados N°9.

A continuación resumimos en una tabla resumen el resultado de los cálculos morfométricos a la microcuenca de Jenesano analizadas para el presente estudio.

Figura 11. Figura ilustrativa de la microcuenca Jenesano.



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 9. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca. Fuente resultado del estudio

NOMBRE MICROCUENCA	Área de la Cuenca en Km (A)	Perímetro de la cuenca Km (P)	longitud de la cuenca Km (Lb)	el ancho mayor Km (I)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)
Jenesano	0,86	4,45	1,04	0,97	11,79	2835
Cota Mínima de la Cuenca(Hn)	Diferencia de Altura Km (Hc)	Razón de Relieve (Rr)	Número de Corrientes(Nc)	Frecuencia de Corrientes (Cauces/Km2)	Pendiente media de Corriente Ic % (Ic)	Índice de Alargamiento (Ia)
2440	0,4	0,38	4	4,63	38,14	1,06
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
0,31	SEMI REDONDA	0,31	Irregular	13,64	Densidad Muy Alta	0,07
AMPLITUD DE LA CUENCA (W). TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE ESCORRENTÍA		ELONGACIÓN DE LA CUENCA (RE). FORMA		ÍNDICE DE HOMOGENEIDAD (IH). FORMA		SUSCEPTIBILIDAD
0,83	crítico	1,01	Redonda	0,86	CUADRADA	4

Fuente: Resultado del estudio.

De la anterior tabla se concluye que por su morfometría la microcuenca presenta susceptibilidad alta a la torrencialidad.



3. GEOLOGIA

En el área de estudio afloran rocas del Terciario y Cretáceo, estas rocas poseen diferentes grados de meteorización, el área también presenta depósitos de tipo tanto aluvial (cerca de las márgenes de los ríos) como coluvial.

Las formaciones de la región han sido sometidas a repetidos movimientos tectónicos que originaron fallas y plegamientos haciendo que en la región 43 se presente un lineamiento de las estructuras en dirección NE.

3.1 ESTRATIGRAFÍA

Las rocas que afloran en la zona de estudio pertenecen a las formaciones Conejo, Plaeners y guaduas; también se encuentran depósitos cuaternarios tanto aluviales como coluviales. A continuación se da la descripción detallada de cada una de las formaciones enunciadas, de más antigua a más joven:

3.1.1 Formación conejo (Kscn).

Se propone este nombre para la sucesión bien expuesta en el camino que se desprende de Oicata y conduce a Chivata en la localidad de Pontezuela en el denominado Alto Conejo, ubicado en el municipio de Chivata.

La Formación Conejo está constituida por una sucesión de areniscas cuarzosas de grano fino a medio en paquetes que alcanzan los 20 m de espesor y shales de color

gris oscuro a negro de considerable espesor y esporádicos estratos de calizas en la parte superior.

En el municipio de Jenesano esta formación aflora en las Veredas de Rodríguez y Volador ubicadas al noreste del municipio. La posición estratigráfica de la formación corresponde al Cretáceo superior (Coniaciano–Santoniano de 88 ma), según Renzoni G. (1981) y su ambiente de sedimentación es de tipo marino.

Fotografía 2. **Afloramiento Formación Conejo (Kscn). Se observan arcillolitas, shales de color gris oscuro a negro de considerable espesor, limolitas silíceas y areniscas cuarzosas.**



Fuente: Registro Fotográfico.

3.1.2 Formación Plaeners (Kg2).

La formación Plaeners es uno de los miembros de el Grupo Guadalupe cuya sección tipo aflora en el Alto del Cable al Norte de

Usaquén (Santafé de Bogotá) entre las quebradas Rosales y La Vieja.

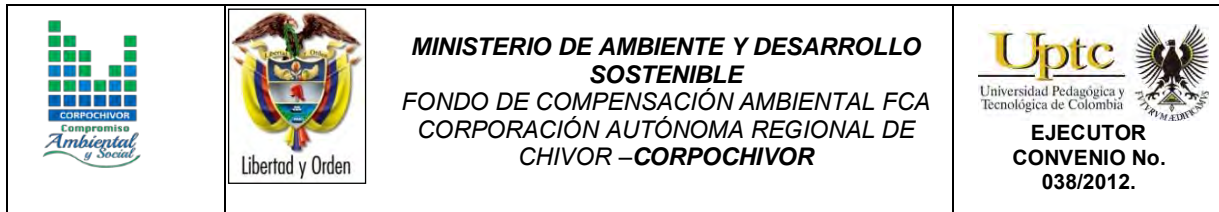
En el sector Sáchica - Tunja la formación fue descrita por Renzoni como una secuencia constituida principalmente por delgadas capas de porcelanitas, chert fracturados como panelitas, shales y arcillas. Localmente, a lo largo de la vía que de Jenesano conduce a puente Camacho, es posible observar bancos de areniscas amarillas de grano fino de hasta 50 cm de espesor.

Localmente la formación infrayace concordante a la formación Labor y Tierna y se encuentra truncada al este por la falla Jenesano la cual pone en contacto esta formación con la Formación Conejo.

Fotografía 3. **Formacion Plaeners (Kg2). Se observa delgadas capas de chert fracturados, shales y arcilas, con bancos de areniscas amarillas de grano fino de hasta 50cm de espesor.**



Fuente: Registro Fotográfico.



3.1.3 Formación Guaduas (KTg).

Definida por Hettnes (1892) y estudiada por Reyes Italoquien definió dos miembros, el inferior compuesto de arcillolitas fósiles negruzcas con zonas arenosas y el superior constituido por una intercalación de areniscas delgadas, arcillolitas y bancos de carbón.

La edad de la formación data del Maestrichtiano Superior y su ambiente de formación supone unas condiciones litorales a continentales. En el municipio la formación suprayace concordantemente a las rocas de Formación Plaeners. Localmente la formación exhibe materiales de la parte superior de la formación los cuales están constituidos por delgados bancos de areniscas intercaladas con arcillolitas y algunos niveles muy delgados de carbón.

3.1.4 Depósitos Cuaternarios.

En el municipio se encuentran un tipo de depósito cuaternario: Coluviales.

Depósitos de coluvión (Qc). Los depósitos coluviales están constituidos por bloques angulares cuyos tamaños son variados pudiendo alcanzar hasta los 0.4m estos materiales localmente provienen de sectores escarpados constituidos por rocas de las formaciones conejo, plaeners y guaduas.

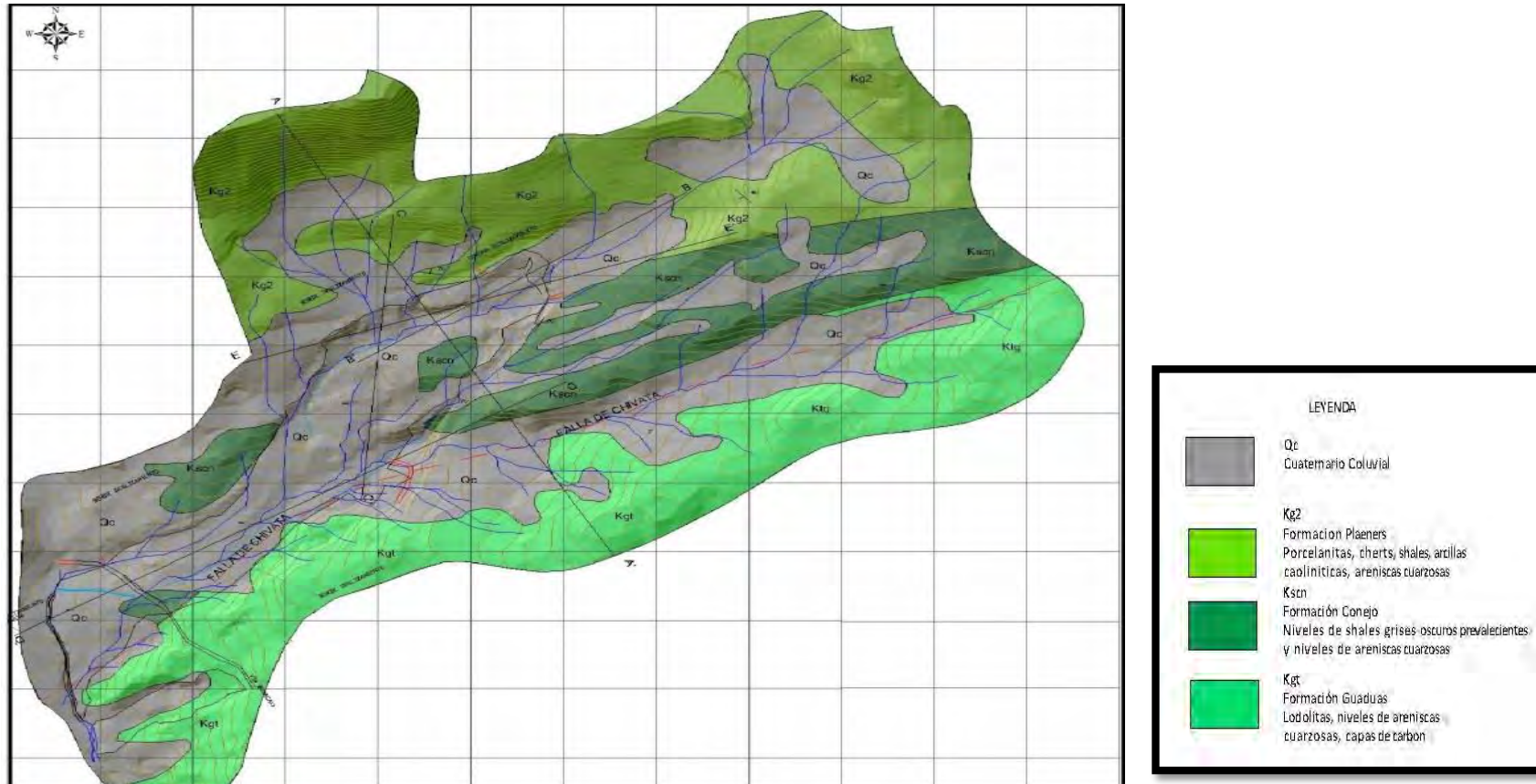


3.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Fallas. El área de estudio se caracteriza por tener extensas fallas compresionales y de tensión originadas por esfuerzos regionales. En general la dirección preferencial de estas fallas es SW-NE. Desde el punto de vista geotécnico estas fallas pueden originar inestabilidades en amplios sectores ya sea por pérdida de resistencia originada por infiltración de agua en las zonas fracturadas o por nuevos eventos sísmicos. En el área se observa solamente una falla:

Falla de Chivatá. Falla inversa que indica una tectónica compresiva. La dirección preferencial de esta falla es NE y atraviesa el municipio de Jenesano; en este atraviesa las vereda Paeces, afectando localmente a su paso rocas de las formaciones Conejo y Guaduas.

Figura 12. Imagen del mapa geológico



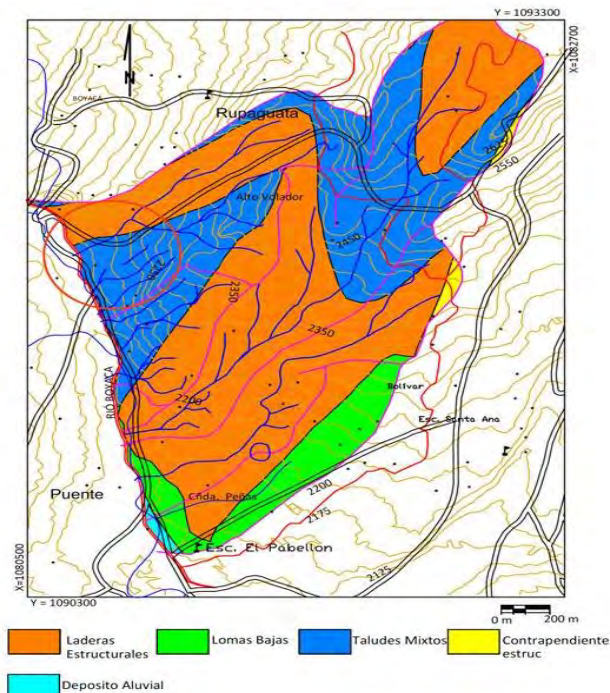
Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

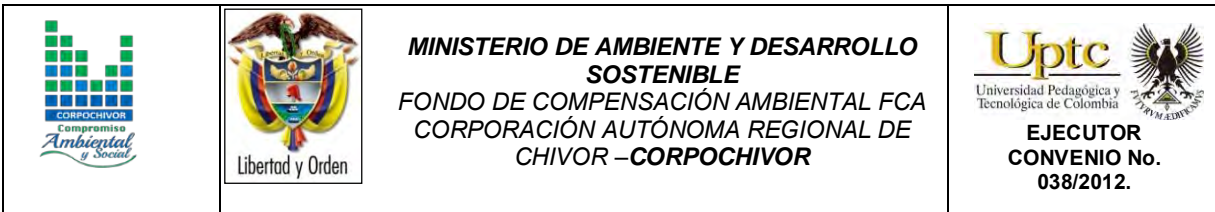
4. GEOMORFOLOGÍA

Se entiende como geomorfología el análisis o estudio de las formas del relieve, los procesos que condujeron a su formación y su interrelación con su entorno paisajístico. Las geoformas y procesos involucrados para el municipio de Jenesano, se pueden distinguir claramente 5 unidades geomorfológicas, diferenciadas por su relieve y procesos geodinámicas, las cuales son; lomas bajas, taludes mixtos, contrapendiente estructural y deposito; aluvial tal como se muestra en la figura13.

Figura 13. Ventana extraída del mapa regional de Geomorfología de CORPOCHIVOR.



Fuente: estudio de Consultoría para la Homologación y Estructuración de la Información Cartográfica Base y Temática existente en CORPOCHIVOR para ser integrada al SIAT.



Lomas bajas.

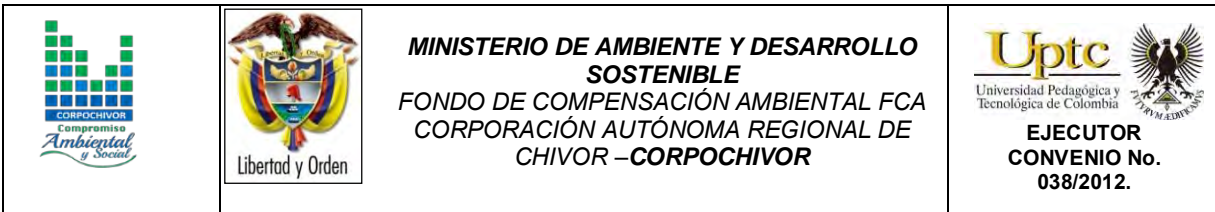
Lomas disectadas y erosionadas producto de la acción de agentes denudativos, se reconocen por ser geoformas que no superan los 300 m de diferencia de altura entre la parte más baja y su cima y que generalmente siempre tiene una forma redondeada.

Contrapendiente estructural.

Son geoformas empinadas localizadas en dirección opuesta al acimut del buzamiento de las capas, casi siempre están asociadas a las laderas estructurales, compuestas principalmente por materiales de las formaciones Conejo y Plaeners, constituidos por arcillolitas intercaladas con areniscas y Cherts con niveles arcillosos respectivamente.

Deposito aluvial.

Geoformas originadas por la depositación de sedimentos durante la migración fluvial. Incluye diferentes niveles de terrazas, en general son materiales no consolidados y poco cohesivos.



4.1 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

La geomorfología describe las formas del relieve, tanto estructural como superficial, y estudia su origen y evolución. En este numeral, se realiza un análisis de las fotografías aéreas y se describen los procesos morfodinámicos cartografiados en la zona de estudio y las unidades geomorfológicas establecidas de acuerdo a las necesidades de los análisis de estabilidad y amenaza por fenómenos de remoción en masa.

Igualmente, se aclaran los criterios utilizados para definir las unidades geomorfológicas. Como resultado final, se elaboró el Plano **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** geomorfológico del área de estudio y las fichas de los Inventarios de los procesos.

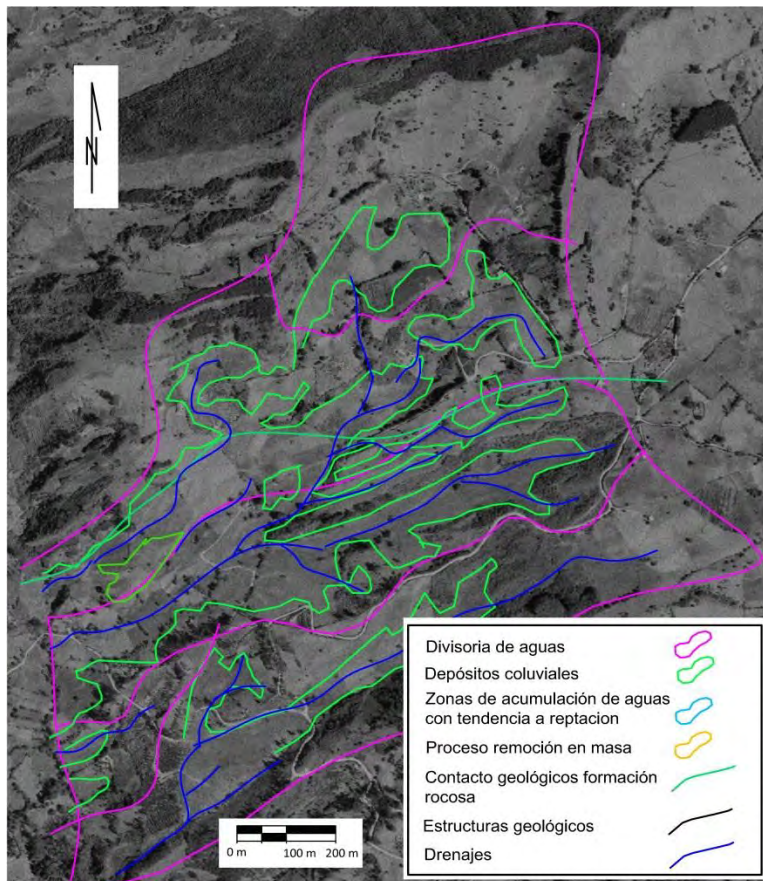
4.2 ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO

Revisión y fotointerpretación de fotografías aéreas del área de estudio, para determinar las Unidades Geológicas Superficiales (unidades de roca, suelos residuales y transportados) y geoformas asociadas a éstas, así como los procesos morfo dinámicos y rasgos estructurales, entre otros.

En el análisis se define el área de influencia del proceso dada por las divisorias de aguas, se identifica los materiales duros y blandos, las zonas de infiltración, acumulación de aguas.

Como conclusión, se puede afirmar que las condiciones naturales o iniciales del terreno muestran dinámicas de acumulación de material y estancamiento de aguas en dichas áreas. Los problemas de inestabilidad que se presentan con base en esta dinámica, disparada por lluvias intensas y la intervención antrópica en el área por cortes en la vía y desforestación.

Figura 14. Fotografías pertenecientes al vuelo **2803-252, 253** tomadas por el IGAC, durante los años 90.



Fuente: Resultado del estudio.

4.3 PROCESOS MORFODINÁMICOS

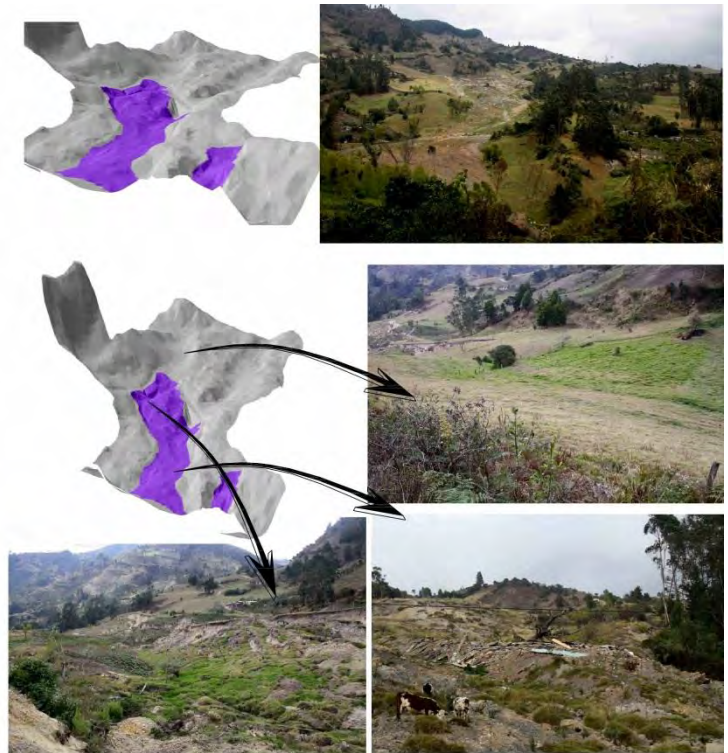
En el Plano de Geomorfología se localizaron los diferentes procesos morfodinámicos observados en la zona. A continuación, se describe en forma general las características de estos de acuerdo a la clasificación de Varnes. Las Fichas de Inventario de procesos se presentan en el anexo de geomorfología.

4.3.1 Los deslizamientos compuestos

4.3.1.1 Deslizamientos compuesto 1.

Se clasifica el proceso como deslizamiento compuesto ya que su control estructural resultando en superficies de ruptura irregulares incluye movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento a lo largo de una superficie de debilidad casi horizontal, paralela a la estratificación, el proceso es activo remontante, y su velocidad es lenta, presenta un área aproximada de 91528,6 m² con una profundidad promedio de 4 m, las causas posibles pueden ser, por material plástico débil detonado por lluvias, por el mal manejo del suelo relacionado con matorrales, cultivos, uso agrícola, ganadería; los daños presentes en el área de las viviendas, áreas agrícolas y para pastoreo, erosión y deforestación son producto del desarrollo del deslizamiento. Se presenta entre la Formación Conejo (Kscn), la Formación Labor y Tierna (Kg1) y el Deposito Coluvial (Qc) (Ver figura 15).

Figura 15. Esquema del movimiento compuesto.

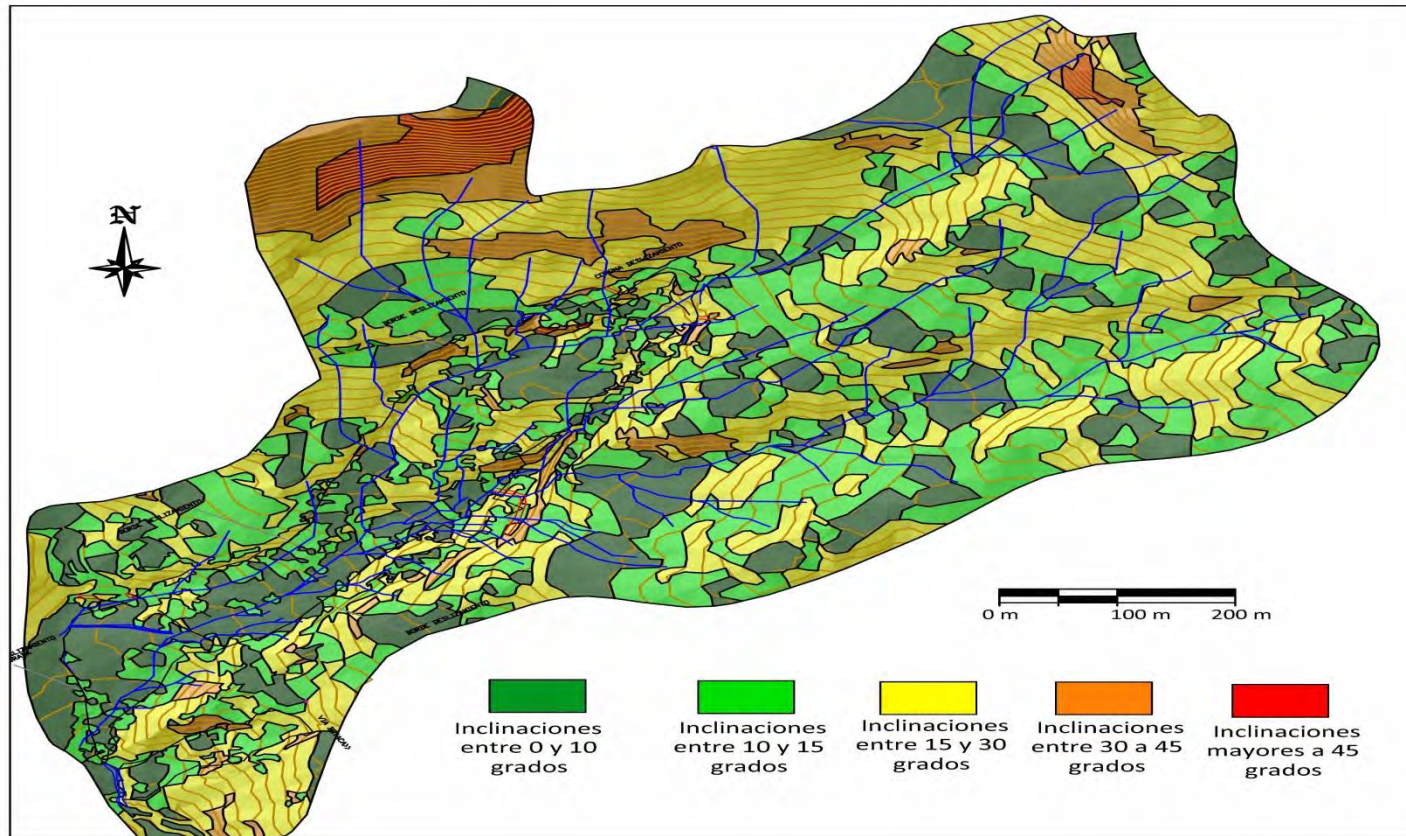


Fuente: Resultado del estudio.

4.4 INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES

A partir de un modelo digital de terreno generado tras la digitalización de curvas de nivel a una escala 1:25.000, se generó el mapa de pendientes con seis clases para el área de estudio. Los valores de susceptibilidad de este parámetro o variable son presentados en la figura 16.

Figura 16. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 10. Clasificación de las pendientes.

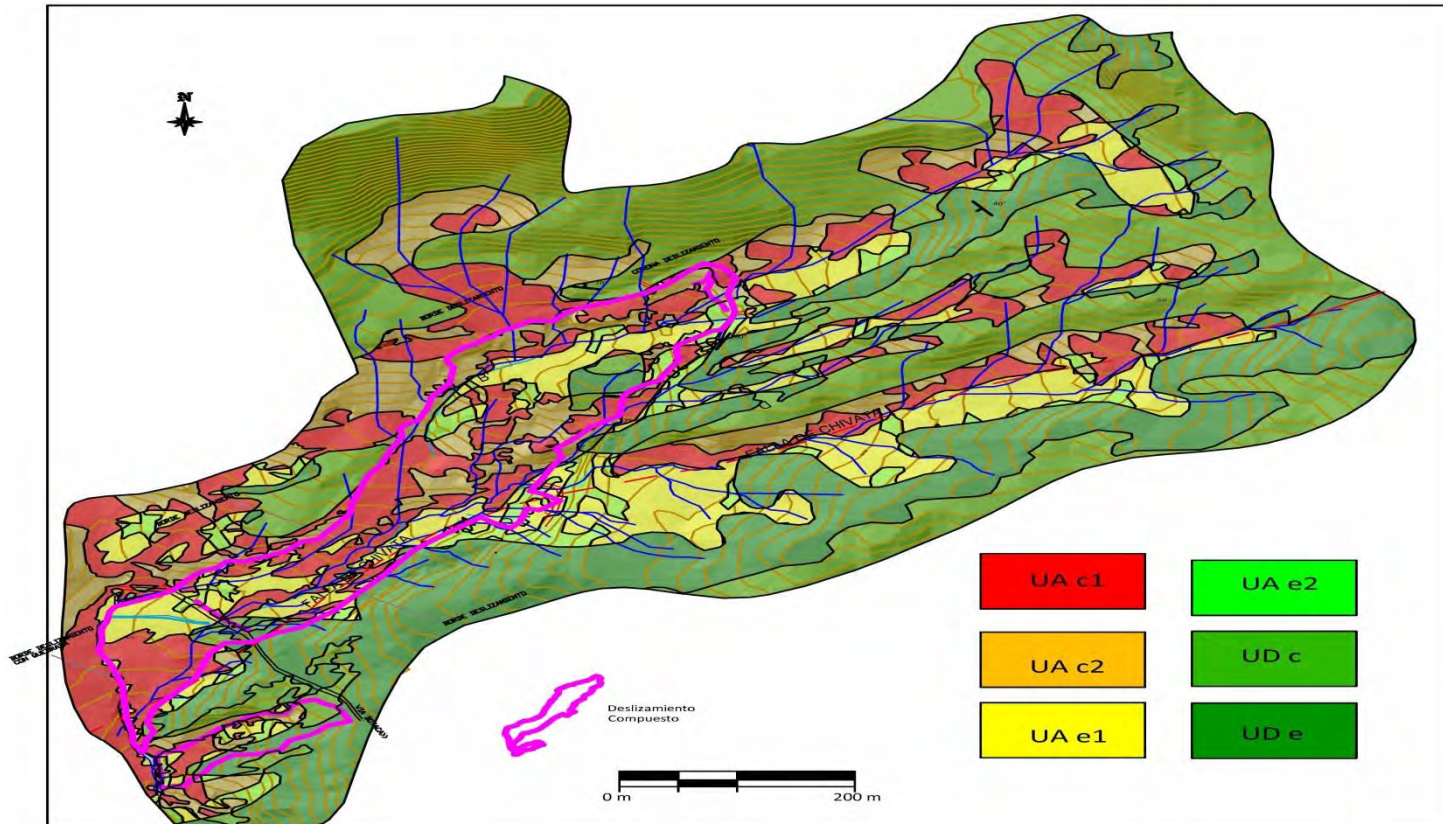
CLASIFICACIÓN DE LAS PENDIENTES	
UNIDAD CARTOGRÁFICA	GRADOS
Suavemente inclinada	0-10
Inclinada	10 15
Abrupta	15-30
Escarpada	30 - 45
Muy Escarpada	> 45

Fuente: Resultado del estudio.

4.5 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Teniendo en cuenta, las necesidades de los análisis de estabilidad y amenaza por fenómenos de remoción en masa y la relación de estas con los procesos de inestabilidad, se delimitaron seis (6) unidades geomorfológicas de carácter local denominadas como:

Figura 17. Imagen del Mapa geomorfológico.



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

4.5.1 Geoformas de Origen Denudacional.

Dentro de las unidades de origen Denudativo en la zona se evidenciaron las siguientes unidades



4.5.1.1 Unidad agradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera en contra pendiente (UA c)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 9.28 ha, de las cuales el 8.1 % presenta inestabilidad. Siendo su susceptibilidad a movimientos en masa alta.

4.5.1.2 Unidad agradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera estructural (UA e)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 10.24 ha, de las cuales el 22.6 % presenta inestabilidad. Siendo la más susceptible a movimientos en masa.

4.5.1.3 Unidad degradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera en contra pendiente (UD c1)

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	---

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 17.44 ha, de las cuales el 0.6 % presenta inestabilidad. Siendo de las más estables a movimientos en masa.

4.5.1.4 Unidad degradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera en contra pendiente (UD c2)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 9.21 ha, de las cuales el 1.0 % presenta inestabilidad. Presenta estabilidad a movimientos en masa.

4.5.1.5 Unidad degradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera estructural (UD e1)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, Formación Churubita, formación de rocas blandas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 10.38 ha, de las cuales el 7.5 % presenta inestabilidad. Presenta alta susceptible a movimientos en masa.

4.5.1.6 Unidad degradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera estructural (UD e2)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 3.75

ha, de las cuales el 2.3 % presenta inestabilidad. Presenta estabilidad a movimientos en masa. A continuación describimos en la tabla 11, la descripción y análisis de las unidades geomorfológicas

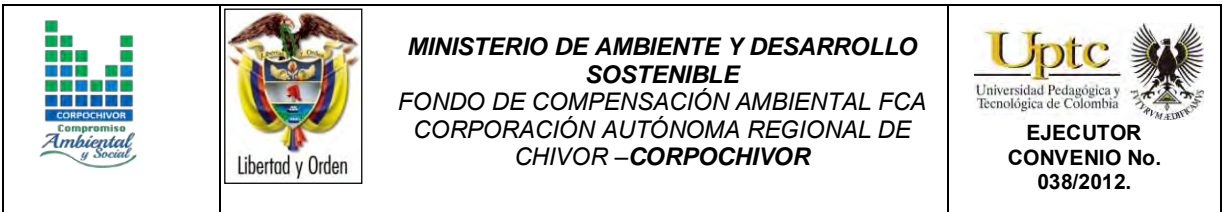
Tabla 11. **Descripción geomorfológica.**

ORIGEN	ESTRUCTURA	MORFOMETRIA	MORFODINAMICA	SÍMBOLO
Unidad agradacional	ladera en contra pendiente	con inclinaciones entre 0 y 30 grados	Presenta reptaciones y desprendimientos	UA c
	ladera estructural	con inclinaciones entre 0 y 30 grados	Es la unidad que presenta más afectación, presenta reptaciones y desprendimientos.	UA e
Unidad degradacional	ladera en contra pendiente	con inclinaciones entre 0 y 30 grados		UD c1
		con inclinaciones mayores a 30 grados		UD c2
	ladera estructural	con inclinaciones entre 0 y 30 grados		UD e1
		con inclinaciones mayores a 30 grados		UD e2

Fuente: Resultado del estudio.

4.6 EROSIÓN

La erosión se define como la remoción de partículas de suelo debido a la acción de fenómenos climatológicos, como son la lluvia, el viento y el oleaje. La magnitud

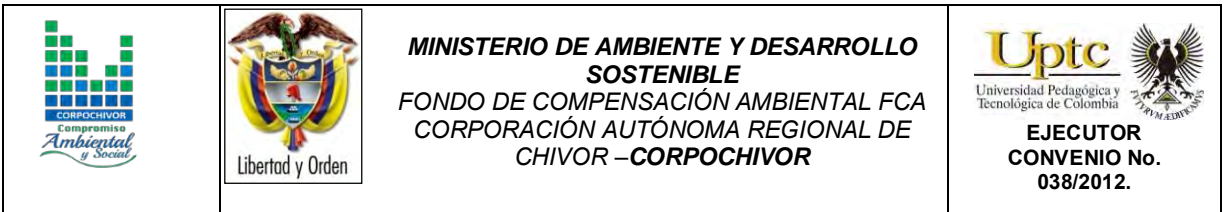


del material removido depende del grado de interperismo del suelo. El fenómeno de erosión se considera como un proceso lento, cuando es en forma natural, y sus manifestaciones no se identifican a corto plazo sino cuando se encuentra en una fase final, desgraciadamente cuando se ha perdido la mayor cantidad de suelo fértil. Al intervenir el hombre, para abrir caminos, desmontar áreas para campos de cultivo, explotar los bosques, ampliar las zonas urbanas, etc. entonces, se altera el equilibrio natural y se acelera el proceso. Este fenómeno implica dos problemas importantes: por un lado es la pérdida de suelo en la cuenca, sobre todo la pérdida de suelo fértil en los campos de cultivo con cierta inclinación y por otro lado el depósito del sedimento en embalses o en sitios donde esto es indeseable.

Existen dos clases de erosión, la geológica y la antrópica.

La erosión geológica, que ocurre en forma lenta, y es el desgaste natural de la tierra en busca de su propia estabilización, sus factores son el agua lluvia, las corrientes fluviales, el mar, el viento, la temperatura, la gravedad. La erosión geológica contribuye a la modelamiento de la superficie del terreno y a la formación de los suelos.

La erosión antrópica o acelerada, es propiciada por el hombre, y sucede al utilizar inadecuadamente el suelo; cultivos, tala de bosques, quemas, construcciones; entre otros. Estos procesos debilitan la capacidad del terreno, acelerando la erosividad y causando problemas de desestabilización.






La erosión antrópica o acelerada, favorece la aparición de surcos y cárcavas que representan un grado superior del proceso de erosión que se manifiesta en los suelos. Su formación tiene origen en el drenaje superficial y es aumentada por el incremento del tiempo de concentración.

El viento y el agua son los principales agentes generadores de erosión y de acuerdo al agente erosivo se distinguen dos formas de erosión:

Erosión Eólica. Donde quiera que el suelo sea débilmente agregado, seco, la superficie lisa y desnuda y en donde los vientos sean fuertes, se podrá presentar erosión eólica, que de hecho es más fuerte en regiones de clima árido y semiárido. No obstante puede presentarse erosión eólica severa en algunas regiones húmedas, donde los vientos fuertes pueden desarrollarse moviendo dunas en zonas costeras.

Erosión Hídrica. Es un proceso continuo que consiste en la separación de las partículas y agregados de la masa del suelo, su transporte y sedimentación, siendo el agente activo, el agua.

La erosión hídrica se inicia cuando las gotas de lluvia golpean en la superficie de un suelo desnudo, causando el movimiento de las partículas más finas como sedimentos en suspensión en el flujo del agua, el cual en su movimiento cuesta abajo, va abriendo surcos. Cada lluvia subsecuente, erosiona cantidades adicionales de suelo; con la degradación del suelo, se manifiesta la degradación de la tierra.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

Este tipo de erosión, se ve propiciada cuando se remueve la cobertura vegetal por el laboreo para los cultivos, la quema de residuos de cosecha, el sobrepastoreo, deforestación y por la perturbación del suelo al paso de maquinaria pesada en la construcción de vías, obras de infraestructura y minería.

4.6.1 Algunas Formas de Erosión

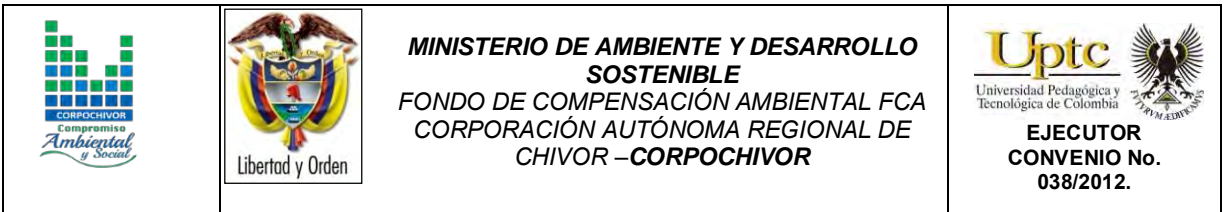
El proceso de erosión tiene diferentes formas de expresión dependiendo de la concentración del agua. Comenzando con la erosión laminar, erosión en surcos, y en la medida que el agua forma pequeños cauces, erosión en cárcavas.

La erosión laminar es el arrastre casi uniforme de delgadas capas de suelo. Por su parte, la erosión en surcos comienza con transporte de material desprendido por salpicadura de gotas de lluvia (Hudson, 1981). Esta erosión es producida por la escorrentía concentrada y forma pequeños canales.

La erosión en canales es el proceso de desprendimientos y transporte de suelo. Las cárcavas ocurren cuando hay mayor concentración del escurrimiento y la topografía permite la unión de los surcos. El ancho de las cárcavas crece por socavación.

4.6.2 Factores externos

Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña, puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, esos factores pueden ser:



Naturales: Las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, sismos.

Antrópicos: Tales como; deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, etc.

4.6.3 Factores internos

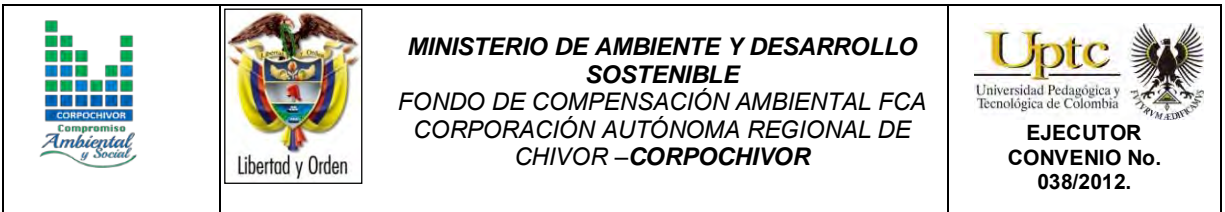
Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas y son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:

Geológicos: Representan un factor de inestabilidad permanente; la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y la alteración de las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización).

Hidrológicos e hidrogeológicos: Cambio en las presiones de poros o Hidrostáticas y el comportamiento geomecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad, cohesión, etc.).

4.7 MORFODINÁMICA - INTENSIDAD DE EROSIÓN

El enfoque de este estudio se orienta hacia la caracterización y cartografía de las unidades de cobertura de los suelos como factor de resistencia o favorecimiento de los procesos erosivos y de remoción en masa.



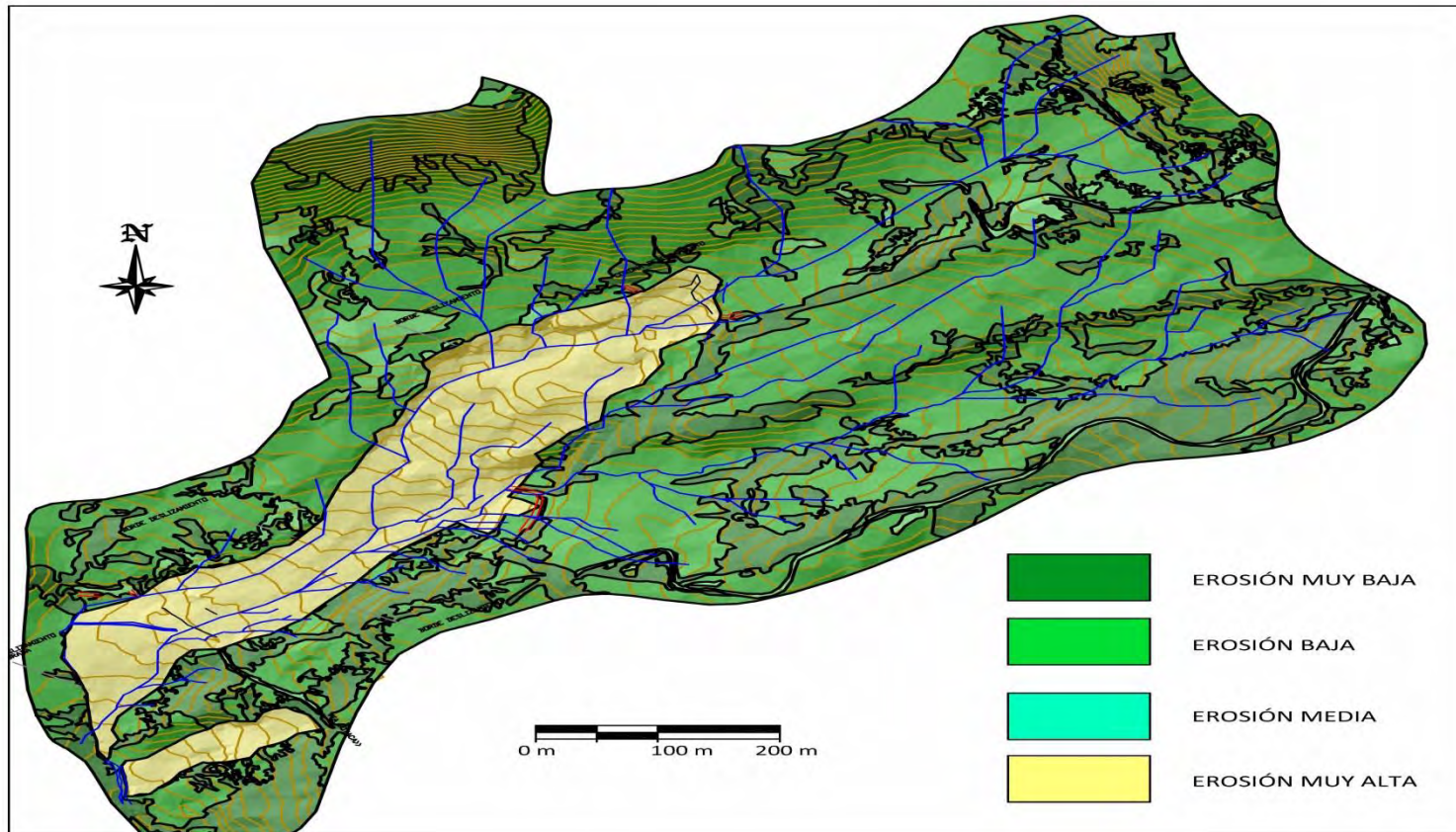
El mapa de erosión fue realizado con el procesamiento digital de imágenes mediante una clasificación supervisada, resultado de un agrupamiento en la distribución de los píxeles hechos en una clasificación resultado de la mayor o menor cobertura vegetal presente en el área.

Posteriormente para cumplir con los objetivos del estudio y conocer la dinámica del área, realizamos la suma en un SIG (utilizando los mapas densidad de drenaje, geomorfológico y de cobertura) junto con los levantamientos en campo y la ubicación de procesos morfodinámicos obteniendo un mapa final de erosión.

La morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata el estudio de los procesos morfodinámicos presentes y pasados.

El mapa de intensidad de erosión describe unidades de intensidad de erosión así: erosión muy baja, erosión baja, erosión media, erosión alta y erosión muy alta. (Ver Figura 18).

Figura 18. Imagen del Mapa erosión.



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

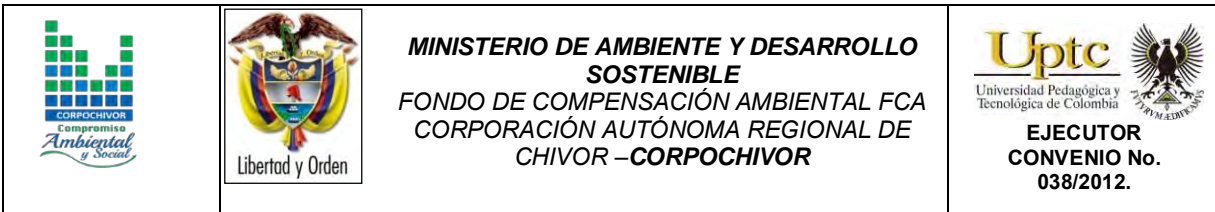
4.8 USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO

Ecosistemas terrestres son aquellos que se dan sobre la capa de tierra superficial de la Biosfera. Los ecosistemas terrestres ocupan, proporcionalmente, menos superficie que los ecosistemas acuáticos. Mientras que a estos últimos les corresponde aproximadamente un 75 %, los ecosistemas terrestres dominan el 25 % restante.

El grupo más numeroso de individuos de los ecosistemas terrestres son los insectos representado por unas 900.000 especies. Dentro de los animales el segundo grupo más significativo serían las aves, con aproximadamente 8500 especies y en tercer lugar los mamíferos con unas 4100 especies. Dentro del mundo de las plantas, existen numerosos tipos, las angiospermas son las más abundantes, con unas 224000 especies frente a las 24000 especies de briofitos.

Los ecosistemas terrestres presentan una variedad mayor que el resto de ecosistemas dado que son muchos los factores que limitan las especies que en ellos habitan. Todos estos factores han producido una gran variedad de ecozonas o regiones biogeográficas en donde los elementos animados e inanimados presentan sus características peculiares.

El uso del suelo y el cambio en la cobertura vegetal asociados al fraccionamiento de la biósfera es uno de los más severos efectos de las acciones directas e indirectas del hombre sobre la tierra, lo cual ha generado un incremento de las tasas de extinción de especies en las décadas recientes.



Todas las estimaciones de la superficie afectada por estos fenómenos, son indicadores de un severo problema que se está marcando y que tiene que ver directamente con el cambio en la cobertura vegetal hacia otro uso del suelo y el deterioro ambiental.

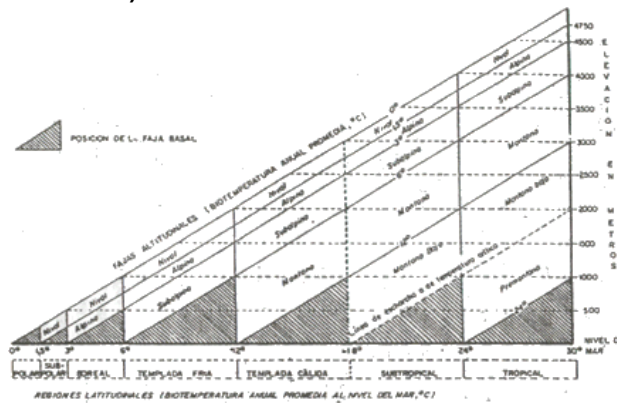
Investigaciones aplicadas a los cambios en la cobertura vegetal están teniendo un mayor grado atención debido esencialmente a las implicaciones de la deforestación. A nivel regional, dicho mecanismo ocasiona la disminución e incluso la pérdida de la cobertura vegetal, el detrimento de los recursos forestales, el deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y la desestabilización de cuencas.

4.8.1 Vegetación.

Se presenta una descripción del sistema basado en las zonas de vida desarrollado desde 1947 por L.R. Holdridge. La descripción tiene un carácter anatómico; es decir, se describe la estructura, las partes del sistema y sus conexiones, sin detenerse en aspectos fisiológicos ni las bases filosóficas que se describen en el final de este capítulo en un una caracterización vegetal general. Se describe la estructura de las zonas de vida (primer nivel del sistema), refiriéndose para ello a los elementos del diagrama respectivo. Se describen también asociaciones, que constituyen asociaciones del segundo nivel del sistema, y se mencionan el uso de la tierra, trabajado con la nomenclatura Corine Land Cover.

Para la descripción regional el sistema de clasificación basado en zonas de vida contempla regiones latitudinales y, dentro de cada región, se contemplan fajas o pisos altitudinales como se observan a continuación:

Figura 19. Posiciones aproximadas de las Líneas guía de las regiones latitudinales y las fajas altitudinales del sistema mundial de zonas de vida de Holdridge, (basado en una tasa de cambio de .6°C por, cada 1000m).



Fuente: Clasificación de L.R. Holdridge.

La vegetación es de clima frío muy húmedo, es de porte muy bajo y se encuentra intervenida en gran medida. En algunas zonas se conservan, especialmente los frailejones y pajonales que son especies dominantes. Según la clasificación de L.R. Holdridge en el municipio existen las siguientes unidades bioclimáticas:

BOSQUE SECO MONTANO BAJO (bs-MB)

Las zonas del bs-MB están ocupadas en su mayor parte por concentración rural urbana donde se desarrolla agricultura y actividades económicas y el equilibrio entre evapotranspiración y el agua de lluvia favorece la conservación de la

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
--	--	--	--

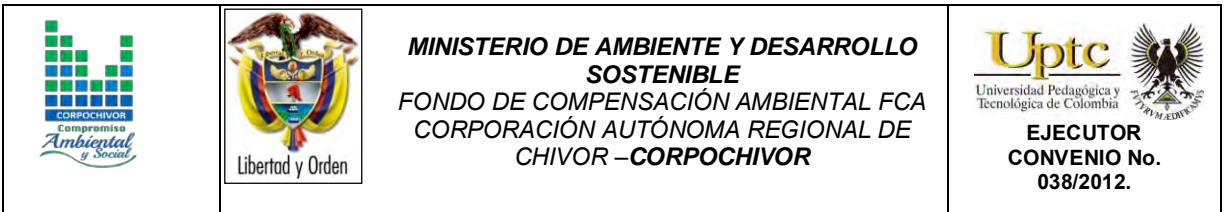
fertilidad de los terrenos al no permitir el fuerte lavado de ellos. El clima es suave y agradable, donde aún se mantiene suelo y agua se puede desarrollar agricultura intensiva en zonas planas y onduladas como los frutales que hoy se desarrollan y la ganadería artesanal con potreros de pasto kikuyo y raigrás donde las condiciones de riego o disponibilidad del agua lo permite.

BOSQUE HÚMEDO MONTANO BAJO (bh - MB)

Se encuentra rodeando el bs-MB de los piedemontes de las cordilleras a nivel local, colinas y laderas de Jenesano, parte alta Vereda de Paeces y recibe la influencia de las montañas por el aumento de la lluvia, igual en partes altas de cañones que muestran sequedad ambiental en las partes bajas como el Río Jenesano.

BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO (bmh - M)

Se encuentra rodeando el bp-MB los piedemontes de la cordillera oriental a nivel local corresponde a las laderas muy pendientes de Jenesano, parte alta de la Vereda Baganique Alto y recibe la influencia de las montañas por el aumento de la lluvia la cuenca hacia el Río Jenesano. Se le llama comúnmente “ piso térmico frío” y “selva andina” (Cuatrecasas). Son tierras superhúmedas influenciadas por las corrientes de las altas montañas de Lengupá.

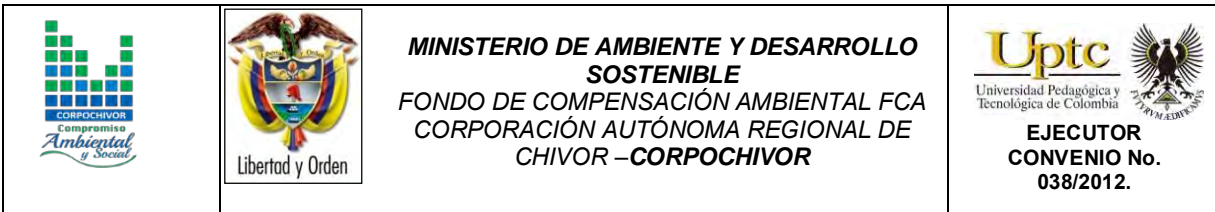


4.8.2 Cobertura y uso de suelo para el área de influencia del estudio

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC90), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. Actualmente, su base de datos constituye un soporte para la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial, aceptada por la Unión Europea. Hoy en día se aplica sobre la totalidad del territorio europeo a través del proyecto CLC2000.

La base de datos de CORINE Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000. En Colombia existen actualmente múltiples metodologías y sistemas de clasificación para levantar información de las coberturas de la tierra.

El proyecto “CORINE Land Cover Colombia” se propuso estandarizar un sistema de clasificación, con categorías jerárquicas definidas de acuerdo con la información que pueden proporcionar las imágenes de satélite Landsat TM, conforme con las condiciones locales del territorio nacional. La adaptación y validación de la metodología CLC permitirá comparar estadísticas de ocupación de la tierra, crear líneas de comunicación entre las diferentes instituciones que adopten el sistema, y, además, facilitar la homologación de información.

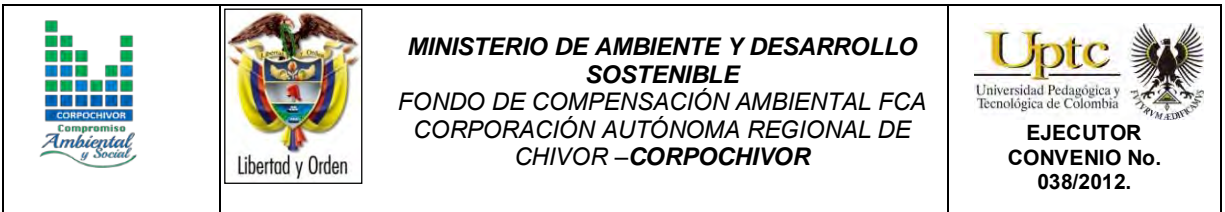


La metodología empleada para el levantamiento de las coberturas de vegetales dentro de la zona fue la Corine Land Cover adaptada, desarrollada y abalada para Colombia por instituciones del orden nacional y regional como IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA, SINCHI y UAESPNN, Esta metodología tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica, junto con los siguientes procedimientos generales,

- Procesamiento digital de imágenes satelitales.
- Definición de la leyenda.
- Distribución de la zona de estudio a los intérpretes.
- Interpretación visual sobre pantalla.
- Controles de calidad: temática y topológica.
- Trabajo de campo: caracterización vegetal y verificación de coberturas.
- Ajustes a la cobertura digital definitiva.
- Estructuración de la información.

Los productos del proyecto, representados en el mapa de las coberturas vegetales y usos de suelos de la zona de estudio, en la metodología y en leyenda adaptadas al territorio colombiano y en este caso para la jurisdicción de Corpochivor, proveerán las características temáticas y cartográficas que la región requiere para el conocimiento, la evaluación de las formas de uso, ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para satisfacer las necesidades de información de sectores científicos, económicos, académicos y ambientales, entre otros,

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



esperando que se conviertan en insumos básicos para los tomadores de decisiones en el país.

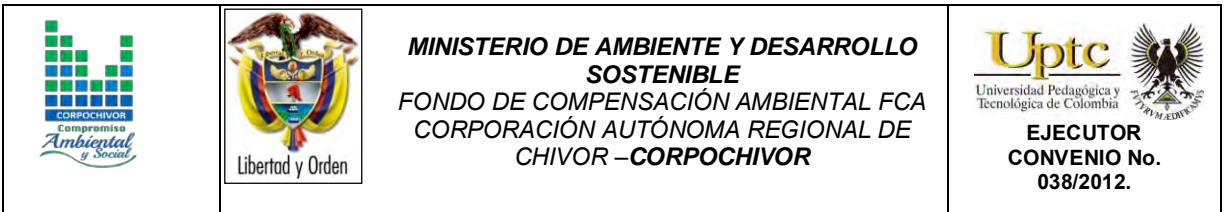
La metodología CORINE Land Cover, adaptada a las condiciones del territorio colombiano, se convierte en una herramienta para avanzar en el conocimiento de las coberturas de la tierra en otras cuencas y para la actualización permanente de la información, con lo cual se espera que se faciliten los procesos de seguimiento y evaluación de la dinámica de los cambios de las coberturas terrestres.

Finalmente, se espera que este producto, sea usado como una herramienta de apoyo para la gestión sostenible de los recursos naturales y para construir las bases para el ordenamiento ambiental y territorial del país, y unificación de las metodologías de coberturas de la tierra que se aplican actualmente en Colombia.

ESTUDIO DE LA FLORA

La flora es el conjunto de especies vegetales que pueblan un territorio o una región geográfica, consideradas desde el punto de vista sistemático. La flora será rica o pobre según que la región geográfica considerada posea muchas especies vegetales o escaso número de ellas. El conjunto de flora es de muy variable amplitud, según el punto de vista desde el que se considere. Para las áreas de estudio indirecto (AEI) se analizarán los siguientes aspectos:

Identificar, sectorizar y describir las zonas de vida o formaciones vegetales.



Identificación, sectorización y descripción de los diferentes tipos de cobertura vegetal existente.

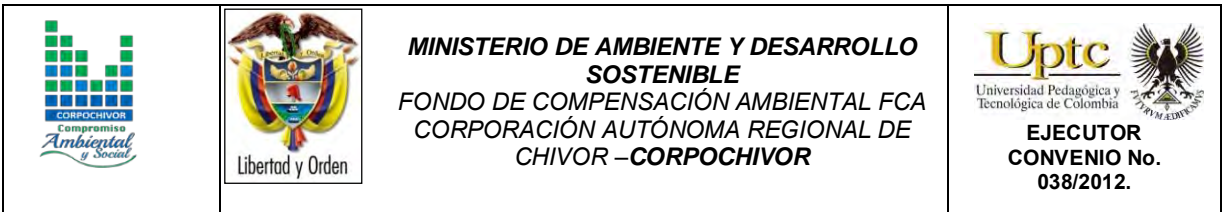
Identificación de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

Presentar un plano de cobertura vegetal y uso del suelo a partir de sensores remotos y control de campo, en caso de requerirse. Las unidades cartografiadas se deben describir, teniendo en cuenta su localización, distribución e importancia ecológica y social. El análisis para el área de estudio directo (AED) se estudiara entre otras las siguientes variables:

- Descripción florística: Con identificación de endemismos, importancia económica y cultural.
- Diversidad florística
- Índices de calificación e importancia ecológica.
- Importancia económica y cultural de algunas especies.
- Identificación de áreas que por sus características ecológicas deben conservarse en su estado actual, determinando espacialmente las áreas de restricción y conservación.

Para el proyecto se deberá realizar un muestreo detallado de la vegetación en cada una de las formaciones vegetales identificadas, con el objetivo de determinar biodiversidad, cobertura y abundancia. Se indicarán las especies con valor ecológico, cultural y comercial. Aplica para áreas de influencia directa. Se realizó un análisis de:

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



Localización de las diferentes unidades de cobertura vegetal y uso actual del suelo, que incluya su identificación respecto a actividades pecuarias, agrícolas, agropecuarias, forestales, agrosistemas, eriales, zonas protectoras, etc.

Descripción fisionómica de las diferentes coberturas vegetales, perfil y estructura de estratos (arbóreo; arbustivo: herbáceo; epígeo; entre otros).

Identificación de los usos y/o destinos específicos dados por las comunidades, incluyendo los usos culturales.

4.8.3 Identificación y descripción de coberturas.

Mediante el sistema de clasificación de coberturas de tierra metodología Corin Land Cover adaptada para Colombia que establece una leyenda nacional de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisionómicos de altura y densidad, claramente definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo.

De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición rápidamente. Se establecieron las siguientes zonas en el área de estudio:

TEJIDOS ARTIFICIALES

Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativas del área rural de Jenesano.

ZONAS URBANIZADAS

Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano. La zona de estudio en Jenesano presenta las siguientes unidades:

TEJIDO URBANO DISCONTINUO

En la zona de estudio de Jenesano se observan espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.

Fotografía 4. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio.



Fuente: Registro Fotográfico.

ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES Y REDES DE COMUNICACIÓN

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.

RED VIAL, FERROVIARIA Y TERRENOS ASOCIADOS

Es un espacio artificializado con infraestructuras de comunicaciones como carreteras; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes.

Fotografía 5. Tejido artificializado de nivel 4 red vial.



Fuente: Registro Fotográfico.

TERRITORIOS AGRÍCOLAS

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastas, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a

cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.

Fotografía 6. Territorio agrícola presente en la zona de estudio.



Fuente: Registro Fotográfico.

CULTIVOS TRANSITORIOS

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, Llegando incluso a ser de solo unos pocos meses, como por ejemplo algunas *solanaceaes*, *cucurbitaceaes*, *rosáceas*, la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo.

CEREALES

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de gramíneas (las gramíneas son plantas herbáceas que presentan una gran amplitud ecológica, por lo que se suelen encontrar formando parte de la vegetación natural y ornamental o agronómica de las poblaciones humanas. A esta familia botánica pertenecen especies que son fuentes importantes de alimento para el hombre y para el ganado).

MAÍZ

Tierras que presentan una cobertura vegetal compuesta por plantas herbáceas de la familia de las gramíneas, de altura muy variable (entre 60 cm y 3 m), hojas grandes, alternas y lineares, tallos rectos y flores agrupadas en panículas las masculinas y en espigas las femeninas.

Fotografía 7. Cultivo De *Zea Mays*



Fuente: Registro Fotográfico.

CULTIVOS PERMANENTES




Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos de herbáceas y los cultivos arbóreos como árboles frutales.

CULTIVOS PERMANENTES ARBÓREOS

Cobertura principalmente ocupada por cultivos de hábito arbóreo, diferentes de plantaciones forestales maderables o de recuperación, como ciruela, durazno, etc.

DURAZNO

Prunus persica de la Familia de las Rosáceas (*Rosaceae*) es un pequeño árbol caducifolio que puede alcanzar 6 m de altura, aunque a veces no pasa de talla arbustiva, con la corteza lisa, cenicienta, que se desprende en láminas. Ramas lisas, de color verde en el lado expuesto al sol, hojas simples, lanceoladas, de 7.5-15 cm de longitud y 2-3.5 cm de anchura, largamente acuminadas, con el margen finamente aserrado. Haz verde brillante, lampiñas por ambas caras. Pecíolo de 1-1.5 cm de longitud, con 2-4 glándulas cerca del limbo, flores por lo general solitarias, a veces en parejas, casi sentadas, de color rosa a rojo y 2-3.5 cm de diámetro.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

PERA

Pyrus communis de la familia *Rosaceae* es un Árbol frondoso, de tamaño medio, pero que aislado puede llegar a los 20m, con ramas erectas, voluminosas, sus hojas son alternas, aovadas o redondeadas, con un largo pedúnculo, con los bordes finamente aserrados. Al principio son pilosas, calveando rápidamente, cogiendo un color verde oscuro, con el envés más claro. Las flores aparecen al mismo tiempo que las hojas, en racimos de 3 a 9 flores, umbeliformes, con pétalos blancos.

TOMATE DE ÁRBOL

cyphomandra betacea Nombre común o vulgar: Árbol de los tomates, Árbol del tomate, Tomate arbóreo del Perú, Tamarillo, Tamarillos, Tomate de árbol, Tomates de árbol de la Familia de las Solanáceas (*Solanaceae*). Originaria de los Andes, ésta especie se encuentra en huertos familiares desde el norte de la Argentina hasta el sureste de México y en las Antillas. Son países productores Colombia, Brasil, Nueva Zelanda, Kenia, Sudáfrica, California (EE.UU.), India, Sri Lanka.

Hojas simples, aovadas o cordadas, por lo general íntegras, pubescentes, de hasta 30 cm de largo. Los frutos son comestibles, pudiendo comerse crudos o guisados. Tiene forma oviforme, su piel es lisa, turgente, brillante y de un cierto sabor amargo.

El color varía del rojo al carmín, aunque también hay variedades de tonos anaranjados a los que se les han alterado sus propiedades siendo más dulces y conteniendo unas semillas más pequeñas y tiernas.



Fotografía 8. **Cultivos arbóreos.**



Fuente: Registro Fotográfico.

CURUBA

La *Passiflora tarminiana*, *Passiflora tripartita* var. *Mollissima* de la Familia de las Pasifloráceas (*Passifloraceae*) es originaria de América y se encuentra distribuida en las zonas frías de los Andes suramericanos. La curuba se produce sobre todo en Colombia, Venezuela, Bolivia, Perú y Nueva Zelanda.

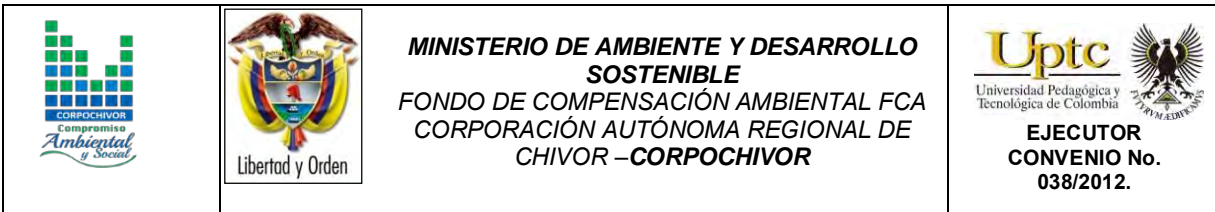
		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

Son enredaderas de tallo cilíndrico pubescente, de hojas obovadas, trilobuladas y aserradas en las márgenes. El fruto es una baya de forma elipsoidal de 7 a 10 cm de largo, de color verde claro cuando se está desarrollando y completamente amarillo al madurar, momento en el cual emite un agradable aroma. La pulpa es firme, carnosa y con pequeñas semillas de color negro. El color de la pulpa es amarillo o anaranjado.

La variabilidad genética en esta especie es muy alta, por lo que se encuentra una gran heterogeneidad de plantas y frutas que se diferencian en cuanto a tamaño, forma, color, resistencia sanitaria, rendimiento, etc.

CIRUELO

Cobertura compuesta por ciruela (*prunus domestica*) pequeño árbol caducifolio de hasta 2 m de talla de la familia de las Rosáceae, con la corteza pardo-azulada, brillante, lisa o agrietada longitudinalmente. Hojas simples, elípticas u obovadas, de 4-10 cm de longitud, con el margen crenado-serrado. Envés tomentoso, especialmente sobre el nervio central y las nerviaciones. Pecíolo tomentoso-glanduloso, de 1 cm de longitud. Flores blancas, aisladas o en parejas, de 2-2.5 cm de diámetro, sobre pedicelos de 6 mm de longitud, apareciendo en Abril antes que las hojas. Fruto azulado-negruzco, aunque puede variar de color y de tamaño, oscilando entre 3 y 5 cm de diámetro.



PASTOS

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un periodo de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace.

PASTOS LIMPIOS

Los pastos limpios los cuales comprenden un porcentaje de cubrimiento alto en la zona de falla; la realización de prácticas de manejo (Limpieza, fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

Fotografía 9. **Pastos limpios presentes en la zona de estudio.**



Fuente: Registro Fotográfico.

Los pastos limpios presentes en la zona de estudio en el municipio de nuevo colon, el deslizamiento está presente en esta cobertura, facilitándole su avance y velocidad debido a la ausencia de cobertura vegetal mayor. Esta exposición del suelo a los agentes erosivos es debido a la disminución de la cubierta vegetal por el pastoreo y a la remoción del suelo por el pisoteo.

Estos factores favorecen a la erosión hídrica y a la erosión eólica sumados a la inclinación facilitaron el deslizamiento. El sobrepastoreo facilita la desertificación de áreas semiáridas y la desprotección de las escorrentías. Esto último influye también en el balance de las aguas superficiales y subterráneas.

BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES

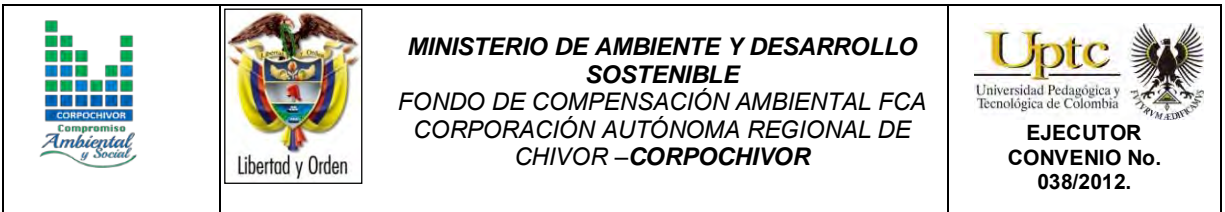
Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación.

BOSQUES

Comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida.

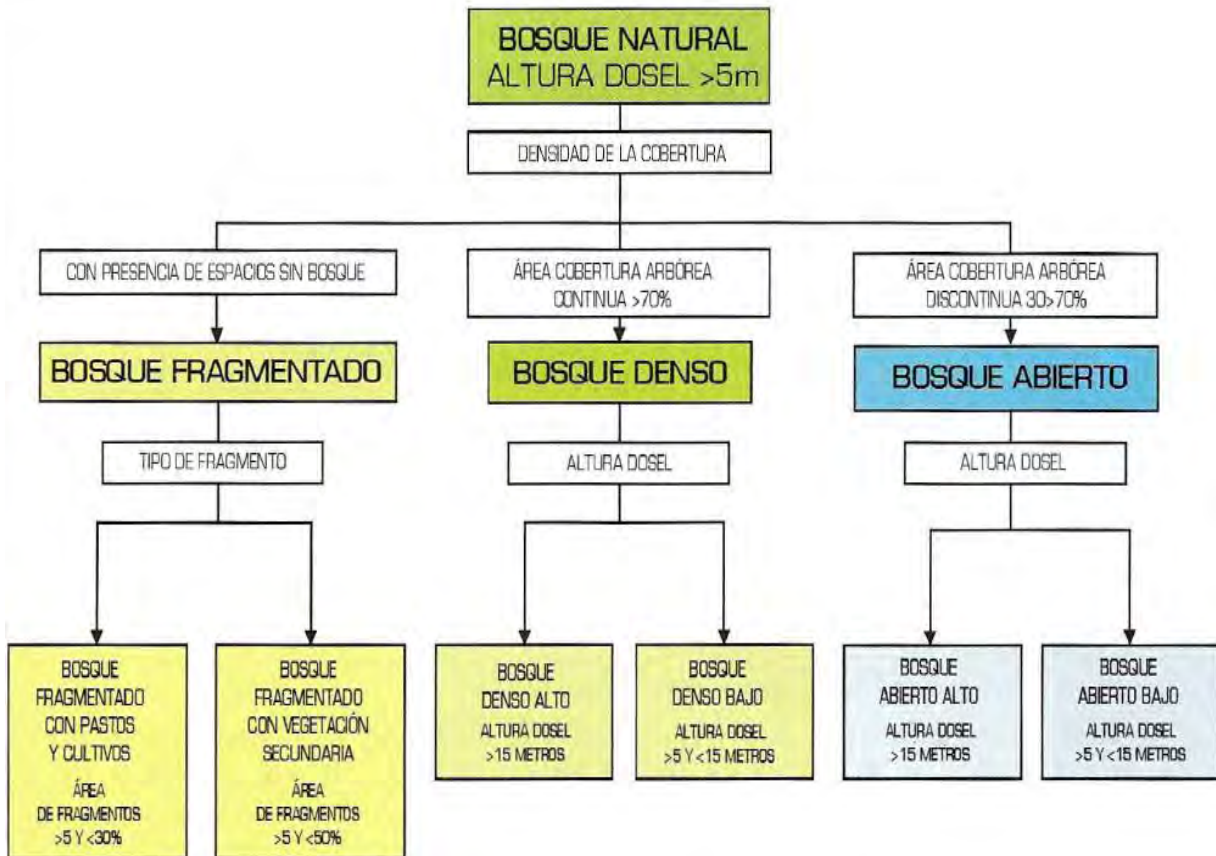
Para efectos de clasificación los bosques son determinados por la presencia de árboles que deben alcanzar una altura del dosel superior a los cinco metros.

Para efectos de la caracterización de la densidad se definió como el porcentaje de cobertura de la copa. Por su parte, la cobertura de la copa, en este documento, corresponde al porcentaje del suelo o del terreno ocupado por la proyección perpendicular de la vegetación en su conjunto, o por uno de sus estratos o especies. Una cobertura densa corresponde a una cobertura arbórea mayor a 70% de la unidad, en la cual las copas se tocan. Una cobertura se considera abierta cuando la cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad, en la cual la mayoría de las copas no se tocan entre ellas.



La altura es definida por la altura total del dosel, sin incluir emergentes. Para efectos de este estudio, se adaptó la clasificación propuesta por Caín y Castro (1959), quienes definen como bajos los estratos de árboles con altura menor a ocho metros; intermedios a los estratos de árboles con alturas comprendidas entre 8 y 15 metros; y como estratos de árboles altos los que tienen altura superior a 15 metros. De esta manera, para esta leyenda, se unieron los estratos bajo e intermedio en uno solo denominado como bajo. Para la interpretación de las coberturas de la tierra, los bosques se clasifican, entonces, a partir de la densidad de la cobertura arbórea, en densos y abiertos; de acuerdo con la altura del dosel, los bosques se clasifican en altos y bajos; y de acuerdo con la condición de inundabilidad del terreno donde se ubican los bosques, se clasifican en inundables y de tierra firme. De esta manera, se obtiene la clasificación que se explica a continuación:

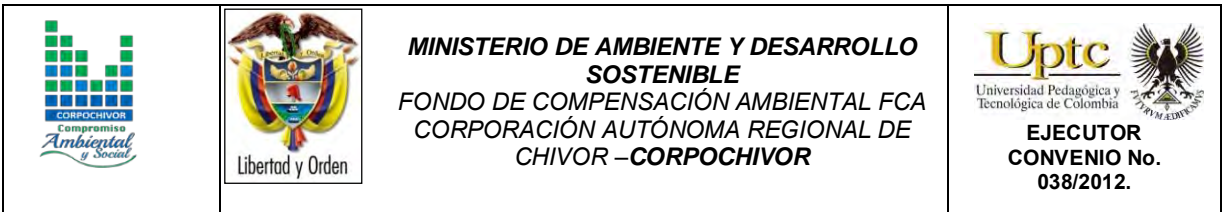
Figura 20. **CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES**



Fuente: Corine Land Cover 2010

PLANTACIÓN FORESTAL

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de



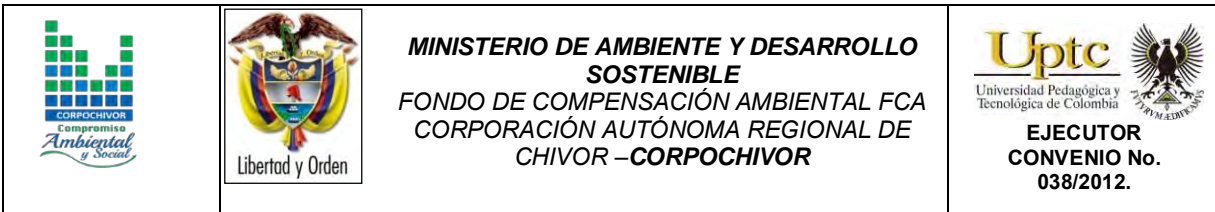
madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras).

Esta cobertura presenta en la imagen de satélite un patrón geométrico regular, constituido por las hileras de árboles generalmente de la misma edad. Para su identificación se requiere del apoyo de información secundaria como fotografías aéreas, mapas temáticos y control de campo.

CUPRESSACEAE

Son árboles o arbustos resinosos, con hojas simples, aciculares o en forma de escama, enteras, que se sitúan en disposición opuesta o en verticilios, por 3 ó 4 y habitualmente perennes. Las cupresáceas no tienen verdaderas flores y sus órganos reproductores pueden ser monoicos (en la misma planta los dos sexos) o dioicos (en distinta planta).

La polinización es anemófila. Producen conos masculinos y femeninos, con escamas enfrentadas o en verticilios, que pueden ir en la misma planta o en plantas de distinto sexo. Los conos masculinos están constituidos por diversos verticilios de estambres, cada uno de éstos tiene forma de escama y lleva en el envés de 3 a 7 sacos polínicos; las escamas tienen, a veces, forma de parasol y otras veces son casi planas y más o menos triangulares. Los conos femeninos suelen ser globosos u ovoides y tienen, por lo general, las dos brácteas soldadas en una sola, indiferenciadas; hay generalmente de 2 a 15 rudimentos seminales por escama. La mayoría de los géneros producen fructificaciones leñosas a modo



de piñas esféricas (gábulos leñosos), las inflorescencias femeninas del género *Juniperus*, en cambio, dan lugar a una estructura carnosa denominada gábulos carnosos, originada por la concrecencia de las tres hojas escumiformes superiores.

Los géneros más importantes son *Cupressus* (cipreses), *Juniperus* (enebros y sabinas), *Chamaecyparis* (cedro blanco de Oregón), *Calocedrus* (cedro blanco de California) y *Thuja* (árbol de la vida)

MYRTACEAE

Esta es una familia en donde sus miembros son plantas dicotiledóneas. Entre sus características generales podemos decir que todas las especies son arboladas, presentan aceites esenciales, y la flor casi siempre presenta sus verticilos en múltiplos de cuatro o cinco. Una característica representativa de esta familia es que el liber está situado en ambos lados del xilema exterior, difiriendo con el resto de las plantas.

Estos árboles presentan hojas perennes, alternas y normalmente con el margen de sus hojas no dentado, estípulas efímeras o ausentes, con puntuaciones glandulares, aromáticas.

En muchas ocasiones podemos observar un tallo tipo exfoliativo o de textura áspera, aunque no siempre se cumple con esta característica. Poseen un fruto por lo general capsular como por ejemplo en los siguientes ejemplares: *Eucalipto*,

Corymbia, Angophora, Leptospermum, Melaleuca, Metrosideros. Aunque también se pueden presentar en forma de baya, capsula o drupa.

Fotografía 10. Cobertura de Myrtaceae y cupressáceae



Fuente: Registro Fotográfico.

ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.

ARBUSTAL

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAD, 2001).

ARBUSTAL ABIERTO MESOFILO

Este tipo de arbustal abierto está caracterizado por presentar una vegetación mesofila compuesta por una comunidad vegetal donde predominan los arbustos achaparrados y arboles pequeños, que se localizan en zonas húmedas, caracterizadas por su considerable precipitación y humedad atmosférica durante casi todo el año. Esta cobertura hace referencia principalmente a las formaciones arbustivas andinas y alto andinas, aledañas a las paramos y bosques de niebla.

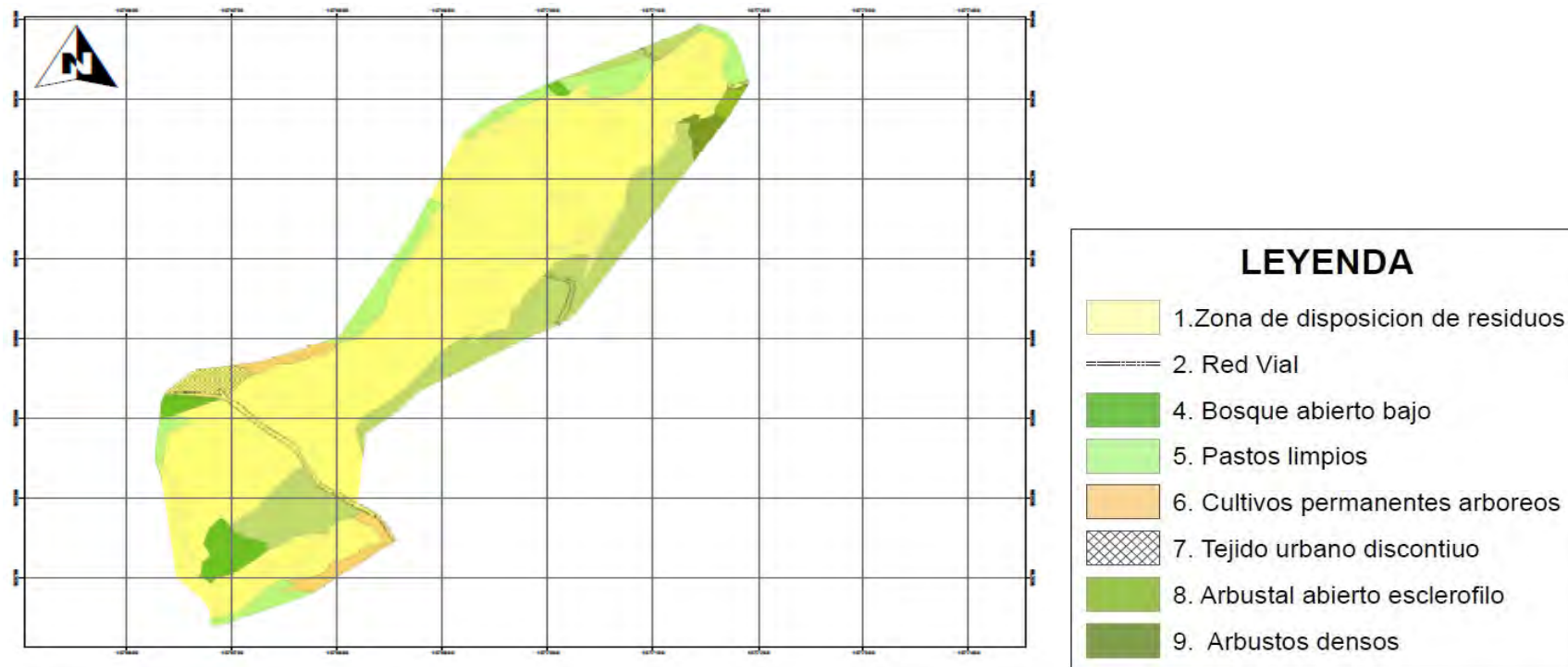
Fotografía 11. **Vegetación mesofilo.**



Fuente: Registro Fotográfico.

4.8.4 Áreas y porcentajes de las coberturas en el área de estudio.

Figura 21. Mapa cobertura vegetal y uso de suelo.



Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 12. Porcentaje de coberturas sector Paeces-Quebrada la Rosa

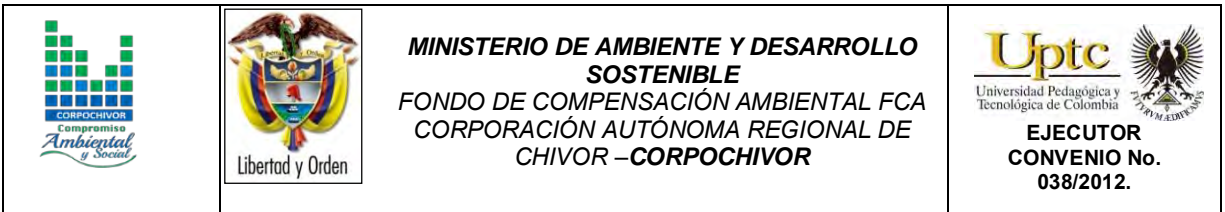
TIPO DE COBERTURA	AREA m ²	% COBERTURA
DESLIZAMIENTO	10069	25,25
PLANTACION FORESTAL	8880	22,27
BOSQUE ABIERTO BAJO	4014	10,07
PASTOS LIMPIOS	10097	25,32
CULTIVOS PERMANENTES ARBOREOS	3143	7,88
TEJIDO URBANO DISCONTINUO	1908	4,78
ARBUSTAL ABIERTO ESCLEROFILO	611	1,53
ARBUSTAL DENSO MESOFILO	1154	2,89

Fuente: Resultado del estudio.

4.8.5 UNIDADES DE COBERTURA VEGETAL

Para la individualización, caracterización y observación de las diferentes unidades de cobertura vegetal se realizaron estudios de campo, en el cual se evaluaron la estructura y la composición florística de las diferentes unidades de cobertura vegetal, mediante la observación directa en campo y la recolección de material botánico, así como también se realizaron observaciones de topografía, drenaje y suelos.

En ecología se pueden hacer estudios de fauna de diferentes formas. Los estudios pueden ser de tipo descriptivo, comparativo, observacional y experimental. Los estudios descriptivos son generalmente exploratorios y no tienen una hipótesis *a priori*. El objetivo de estos estudios es obtener información acerca de un fenómeno o sistema del cual previamente se tenía ninguna o muy poca información. Los



estudios comparativos se deben realizar en sistemas de los que se tiene cierta información y cuando se tiene una o varias hipótesis de antemano.

El objetivo de este tipo de estudio es obtener la información necesaria para someter a prueba las hipótesis. Los estudios observacionales se basan en información obtenida del sistema en su estado original; generalmente no se hace ninguna manipulación del sistema. Los estudios experimentales consisten en manipular o modificar, de manera particular, un determinado sistema o ambiente. La información que interesa es, precisamente, la respuesta del sistema al tratamiento.

Se presenta el componente vegetal de la zona de estudio y el siguiente inventario, teniendo en cuenta que muchas de las especies referenciadas, su frecuencia de aparición es muy baja y dispersa. Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal se generalizaron las especies para facilitar su manejo, No se cuenta con un detallado inventario de la biomasa.

Tabla 13. **Unidades de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio.**

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Rosáceae	<i>Pyrus communis</i>	Pera
Rosáceae	<i>Prunus domestica</i>	Cereza
Myrtaceae	<i>Eucalyptus pellita</i>	Eucalipto
Cupresáceas	<i>Pinus halepensis</i>	Pino de piña
Asteráceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
Poaceae	<i>Zea mays</i>	Maíz
Poaceae	<i>Pennisetum setaceum</i>	Catalán




ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

Poaceae	Bromus unioides	Cebadilla criolla
Poaceae	Pennisetum clandestinum	Pasto
Papilionáceae	Vinga trilobata	Vinga
Pteridaceae	Pteridium esculetum	Helecho
Salicaceae	Salix humboldtiana Willd.	Sauce
Asteraceae	Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca
Solanáceae	Cyphomandra betacea	Tomate de árbol
Rosáceae	prunus domestica	Ciruela
Asteraceae	Baccharis floribundum Kunth	Chilca
Asteraceae	Ageratina boyacensis R.M. King & H. Rob.	
Melastomataceae	Miconia squamulosa Triana	Tuno
Fabaceae	Trifolium pratense L.	Trébol
Poaceae	Holcus lanatus L.	Pasto
Polygonaceae	Polygonum sp.	
Rubiaceae	Borreria capitata (Ruiz & Pav.) DC.	Boton blanco
Poaceae	Anthoxanthum odoratum	Pasto de olor
Asteraceae	Coniza bonariensis (L.) Cronquist	Velon
Dennstaedtiaceae	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn	helecho marranero
Polygalaceae	Monnina salicifolia Ruiz & Pav.	Tulipan
Poaceae	Andropogon rufus (Nees) Kunth	
Fabaceae	Acacia melanoxilon R. Br.	Acacia
Asteraceae	Bidens sp.	Berbena
Asteraceae	Baccharis bogotensis	Chilca
Passifloraceae	Passiflora tarminiana	Curuba

Fuente: Investigación y trabajo en campo.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

 <p>CORPOCHIVOR Compromiso Ambiental y Social</p>	 <p>Libertad y Orden</p>	<p>MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p>Uptc Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</p> <p>EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

5. HIDROGEOLOGÍA

Basados en el análisis de la información hidrológica y climatológica disponible, se estudió la dinámica de la escorrentía superficial y su relación con la geología del subsuelo, para describir las principales características hidrogeológicas del municipio de Jenesano, analizar la presencia de posibles acuíferos, con el fin de conocer las condiciones que influyen en el deslizamiento.

5.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

Basado en el levantamiento geológico del área en escala 1:2.000 y la información tomada en campo, se agruparon en unidades litoestratigráficas de acuerdo con sus características hidráulicas, definiéndose tres unidades hidrogeológicas; cada una de las unidades se clasifica como: Acuífero, Acuitardo y/o Acuicierre, dependiendo de sus características de porosidad y permeabilidad, así:

5.1.1 Acuífero.

Unidad geológica que almacena y transmite agua con mucha facilidad, por tanto presenta una porosidad y permeabilidad muy alta.

5.1.2 Acuitardo.

Son aquellas rocas que almacenan una gran cantidad de agua pero la transmiten muy lentamente, siendo aptas solo para bajas captaciones, entre ellas están los materiales arcillo-arenosos. Se consideran como sinónimos de Acuicierre, ya que con el tiempo los espacios intergranulares tienden a sellarse formando estratos



permeables que aunque pueden contener grandes cantidades de agua no permiten su flujo a través de sus poros.

5.1.3 Acuicierres

Son formaciones capaces de contener agua, pero incapaces de transmitirla en cantidades suficientes como para su captación o formación de manantiales importantes.

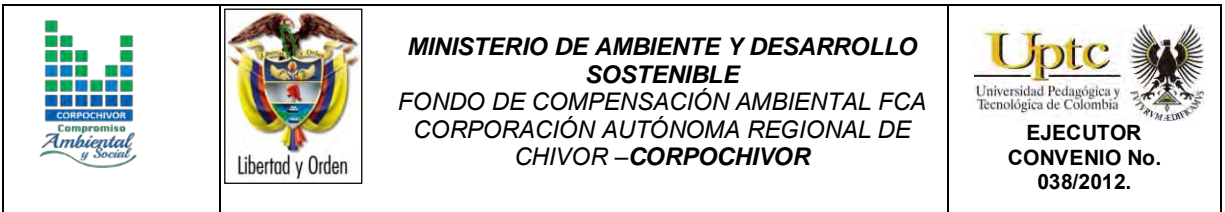
5.2 MARCO HIDROLÓGICO GENERAL

5.2.1 UNIDAD I (Permeabilidad Alta)

Se encuentran areniscas de la formación conejo (Kscn), con alta porosidad y permeabilidad primaria, debido a la distribución de los poros que se encuentran conectados entre sí, lo que genera que los fluidos se transmitan más rápidamente.



5.2.2 UNIDAD II (Permeabilidad Media)

Se asocia a rocas, que permiten almacenar cierta cantidad de agua, pero que la transmiten muy lentamente, como es el caso de los cuaternarios, estos poseen poros, pero no están conectados entre sí, por lo tanto no se transmite el agua y se va reteniendo en la matriz lodosa que la contiene, por otra parte la formación Plaeners (kg2) en el sector de estudio presenta niveles predominantes de lodolitas, se caracteriza por presentar fracturas es decir una porosidad secundaria, permitiendo el flujo de agua, pero de manera muy lenta.



5.2.3 UNIDAD III (Permeabilidad Baja)

Rocas con porosidad pero que no permiten el tránsito a través de ellas porque su permeabilidad es muy baja; constituidas por capas de arcillas, presentes en la Formación conejo (Kscn), las cuales se clasifican como acuícierres.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	---	---

6. GEOELECTRICA

6.1 TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA (EXPLORACION INDIRECTA)

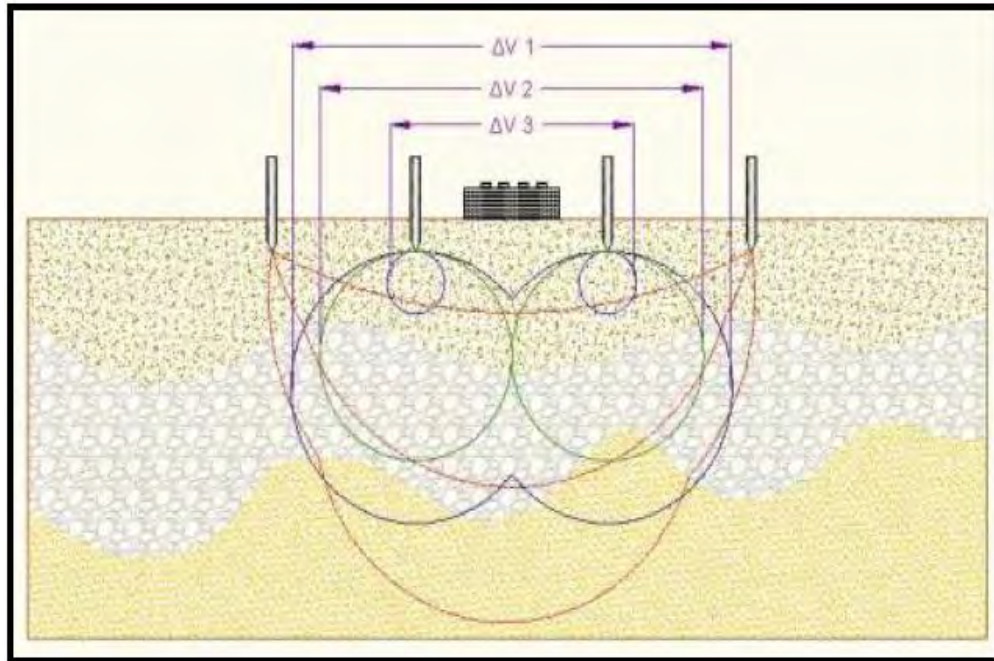
6.2 INTRODUCCION

Las Tomografías Eléctricas Resistivas (TER) son métodos geofísicos de exploración o Ingeniería Geofísica, los cuales están constituidos por una serie de técnicas que permiten medir las variaciones de diversas propiedades físicas en los materiales que forman la corteza terrestre tales como: densidad, susceptibilidad magnética, velocidad de propagación de las ondas elásticas, resistividad eléctrica o la radioactividad natural de las rocas, entre otras. La medición y distribución de estas variaciones, permite inferir algunas condiciones litológicas y estructurales del subsuelo, correlacionando los valores medidos o zonas anómalas, con los efectos calculados de los modelos de laboratorio, en los que se conocen las relaciones causa-efecto en términos de una función matemática.

La Tomografía Eléctrica Resistiva es una técnica geofísica para generar secciones o perfiles del subsuelo en base a mediciones de caída de potencial eléctrico. Éste método consiste en inyectar una corriente al interior del suelo, la cual, regresa al voltímetro en forma de una diferencia de potencial (ΔV) producto de las variaciones en resistencia que resultan de cada tipo de material o estrato de suelo (Figura 22); sabiendo de antemano que 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 23). Lo

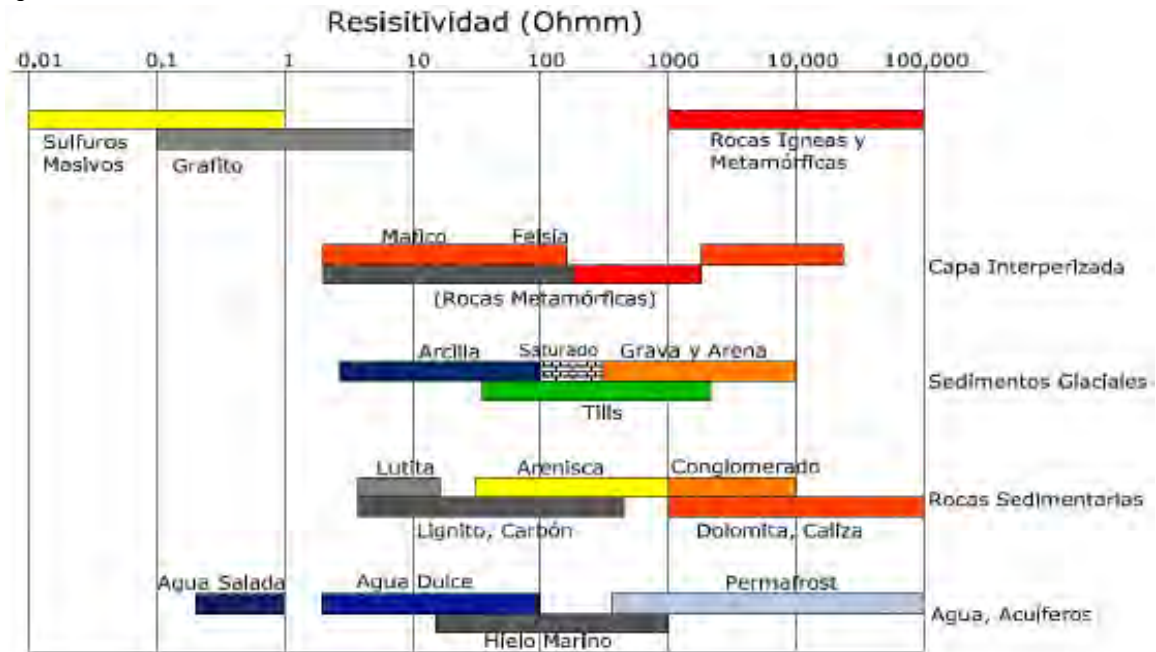
anterior, es relativo a diversos parámetros geológicos como el contenido mineralógico y de humedad, así como la porosidad y grado de saturación de agua dentro del material de estudio. Durante décadas, los Estudios de Resistividad Eléctrica han sido utilizados en investigaciones sobre hidrogeología, geotecnia y también actualmente en estudios ambientales (Loke 2004).

Figura 22. Principio teórico de operación de las TER's.



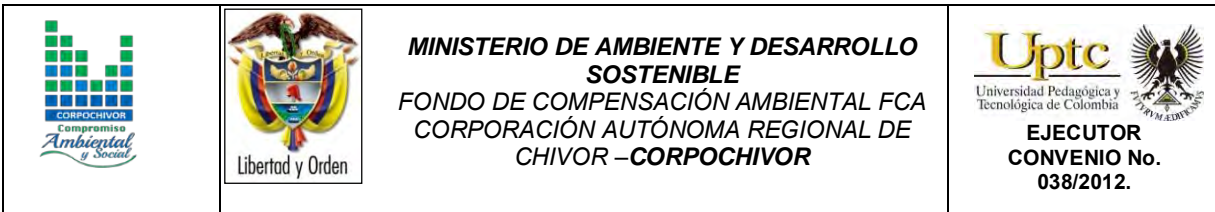
Fuente: aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero, Aracil Avila, Jose Angel.

Figura 23. Rangos de resistividad para diferentes materiales.



Fuente: aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero, Aracil Avila, Jose Angel.

Se describe en este trabajo la metodología empleada para realizar levantamientos geofísicos de resistividad, aplicados a estudios del subsuelo enfatizando el hecho de que son métodos totalmente indirectos. El objetivo fundamental de tales estudios es el de medir contrastes de resistividad entre estructuras u objetos de interés con las rocas circundantes. Se analiza la importancia del estudio de la resistividad eléctrica de los suelos y se enumeran los factores más importantes que determinan sus valores para diversos materiales geológicos. En lo referente al método de resistividad, se describe a detalle el principio fundamental que gobierna su empleo en la práctica para estudios del subsuelo.



La adquisición de datos de campo puede llevarse a cabo con configuraciones de electrodos que pueden variar su arreglo y que dependen estrictamente del objeto para el cual se realiza la exploración. De introducción reciente es la tomografía eléctrica, técnica multielectródica en la que todo el proceso de adquisición de datos está totalmente automatizado. Esto nos permite poder realizar un gran número de medidas, tanto en profundidad como lateralmente, en un breve espacio de tiempo (del orden de 500 medidas en una hora y media), obteniendo por tanto modelos 2-D de gran resolución.

6.3 OBJETIVO

Como apoyo al estudio geotécnico y de estabilidad que se está realizando para el convenio interadministrativo UPTC-CORPOCHIVOR, en el sector vereda Paeces-Quebrada la rosa, del municipio de Jenesano, se realiza un estudio geofísico con la finalidad de determinar el comportamiento del material y continuidad del mismo en profundidad.

6.4 PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.

6.4.1 Resistividad Aparente:

Está regida por la **ley de Ohm** dice que la intensidad de la corriente que circula entre dos puntos de un circuito eléctrico es proporcional a la tensión eléctrica entre dichos puntos. Esta constante es la conductancia eléctrica, que es la inversa de la resistencia eléctrica.

La intensidad de corriente que circula por un circuito dado es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo. La ecuación matemática que describe esta relación es:

$$I = GV = \frac{V}{R}$$

Donde, I es la corriente que pasa a través del objeto en amperios, V es la diferencia de potencial de las terminales del objeto en voltios, G es la conductancia en siemens y R es la resistencia en ohmios (Ω). Específicamente, la ley de Ohm dice que R en esta relación es constante, independientemente de la corriente.

6.4.1.1 Definición.

Es la variable experimental que expresa los resultados de las mediciones en TGe y la que se toma como base para la inversión y posterior interpretación. Esta está definida por la ecuación:

$$\rho a = K = \frac{\Delta V}{I}$$

Donde K es la constante de normalización de cada dispositivo o factor geométrico, ΔV es la diferencia de potencial medido sobre el terreno, e I la corriente inyectada.



6.4.1.2 Su relación con los elementos del Subsuelo.

En la tabla 14, se observan los valores de resistividad de las rocas más comunes, materiales de suelo y algunas sustancias químicas (Keller y Frischknecht 1966, Daniels y Alberty 1966, Orellana 1982).

El suelo es una mezcla de partículas sólidas, gases, agua y otros materiales orgánicos e inorgánicos. Esta mezcla hace que la resistividad del suelo aparte de depender de su composición intrínseca, dependa de otros factores externos como la temperatura, la humedad, presión, etc. que pueden provocar que un mismo suelo presente resistividades diferentes con el tiempo. De entre todos los factores, la humedad es el más importante; además, es el que se puede alterar más fácilmente mediante la lluvia o el riego del suelo.

Diferentes contenidos de humedad en un mismo terreno darían lugar a resistividades diferentes que podrían llevarnos a interpretaciones erróneas de los materiales constituyentes del suelo. En la Tabla 14 se encuentra un conjunto de valores típicos de resistividad de geomateriales.

Tabla 14. Resistividades de algunos suelos y rocas.

Material	Resistividad (Ω m)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Fuente: Exploracion Geotecnica-Relaciones Geoelectricas- DANIEL EDUARDO ARIAS.

6.4.2 Dispositivos:

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 Milivoltímetro. 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

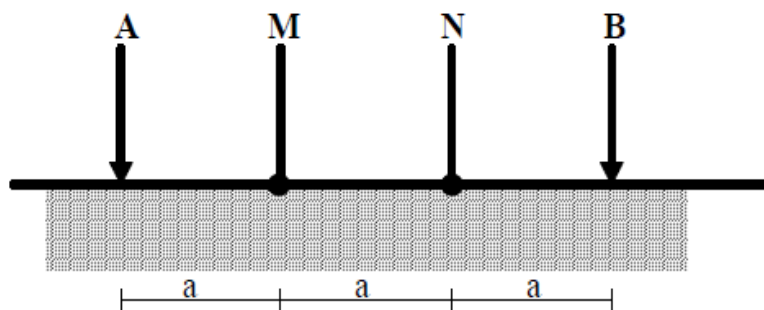
la zona de estudio.

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 $\rho = k \Delta V / I$. El dispositivo utilizado en en la tomografía realizada fue el siguiente:

6.4.1.3 Dispositivo Wenner.

Los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB (Figura 24).

Figura 24. 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 $K = 2\pi(1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN) \cdot (-1)$, donde $K = 2\pi a$

6.5 METODOLOGIA

En su sentido más amplio la Tomografía es una técnica geofísica para el estudio del subsuelo que consiste en determinar la distribución de un parámetro físico



característico del mismo dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno o desde sondeos.

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 fórmula:

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

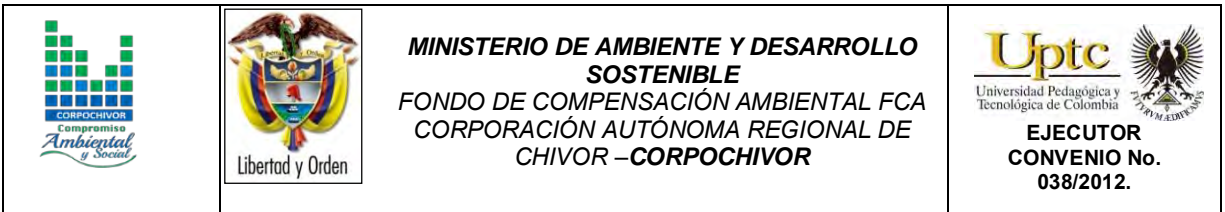
Donde:

d= Distancia entre elctrodos

Xtotal= Distancia de la línea extendida

N°electrodos= electrodos a utilizar

También que las medidas se realicen involucrando de forma progresiva varios rangos de profundidad.



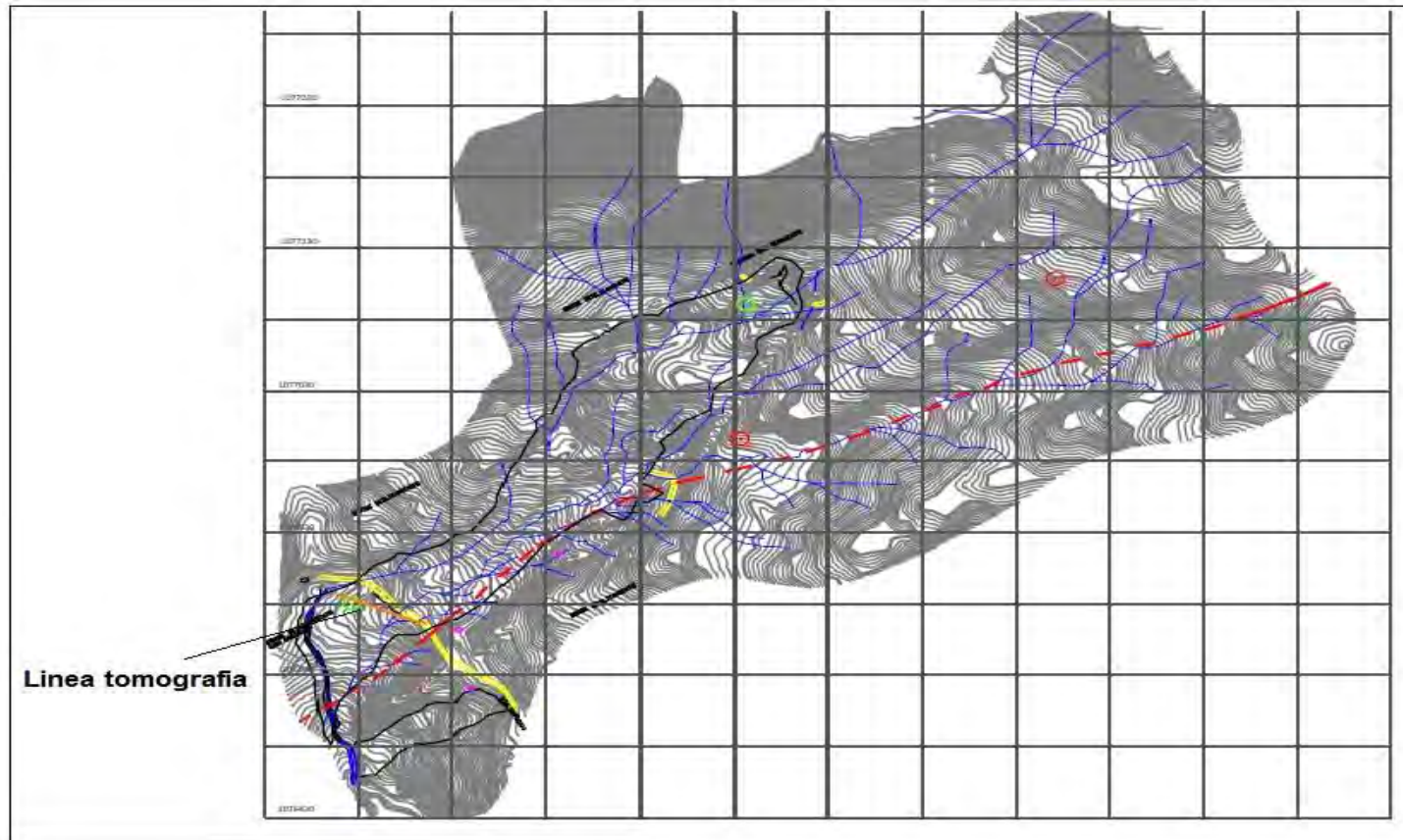
El resultado final de este tipo de estudio es una sección distancia-profundidad con la distribución de la resistividad real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos o geotécnicos. Para obtener estos resultados se procede a insertar los parámetros para el cálculo y la medición de las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

Para la realización de las tomografías en el sector vereda Paeces-Quebrada la rosa, del municipio de Jenesano, se utilizó el equipo TERRAMETER LS 04-064-250 propiedad de la U.P.T.C., con 3 carretes de 210 mts cada uno, 60 electrodos conectados cada uno respectivamente al equipo, para obtener así la siguiente línea con su respectivo análisis.

6.4.3 TOMOGRAFIA N°1

Localizada en la parte baja del deslizamiento, coordenadas parte inicial $X=1'089,910$, $Y=1'076,680$, parte final $X=1'089,872$, $Y=1'076,762$ y una dirección $N50^{\circ}W$, con una longitud de 180 mts., profundidad obtenida de 29.9 mts., y los electrodos conectados a una distancia de 3 mts cada uno.

Figura 25. Localización línea de tomografía Municipio de Jenesano.



Fuente: Resultado del estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Fotografía 12. Equipo y parte baja del deslizamiento.



Fuente: Registro fotográfico.

Fotografía 13. Parte baja del deslizamiento.



Fuente: Registro fotográfico.

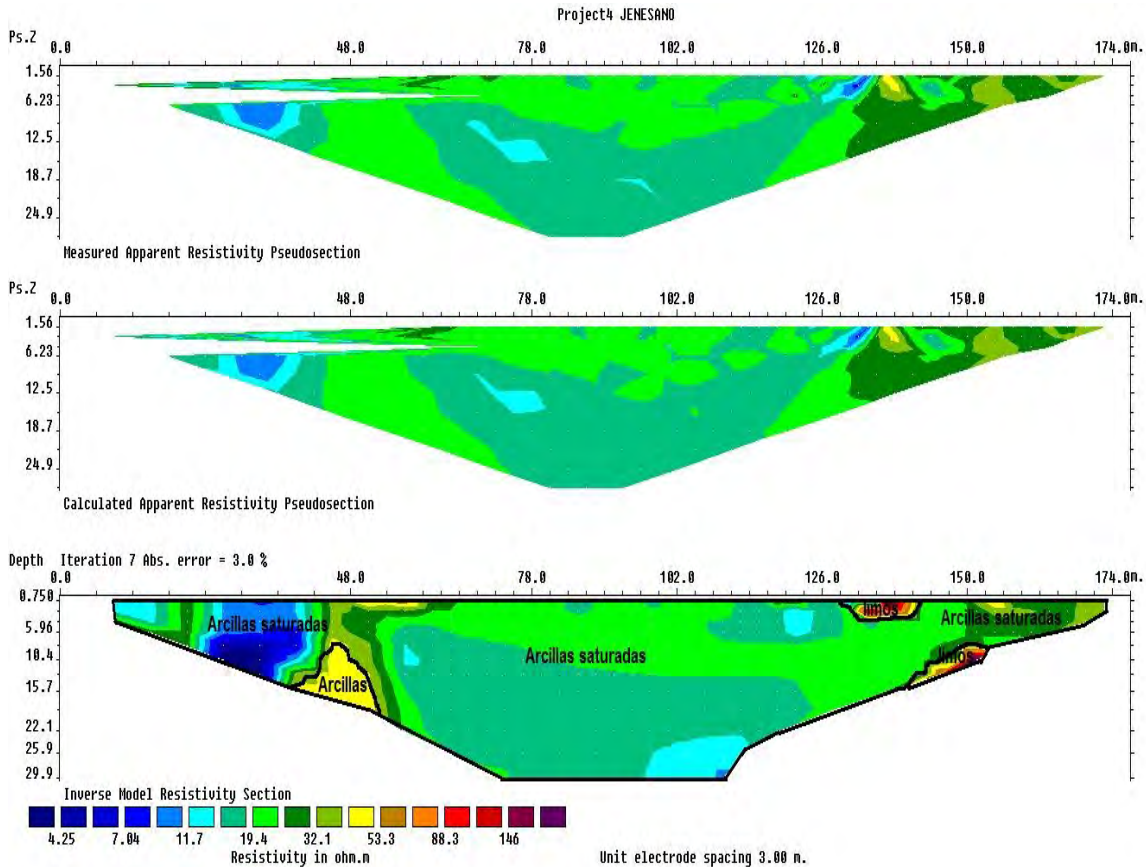
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 15. Tipo de material de acuerdo a las resistividades encontradas en campo.

MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	0 – 10	4.25 – 19.4	<i>Arcillas saturadas</i>
2	4 – 22	20 – 53.3	<i>Arcillas semisaturadas o no saturadas</i>
3	0 – 10.	53.3 - 146	<i>Limos</i>

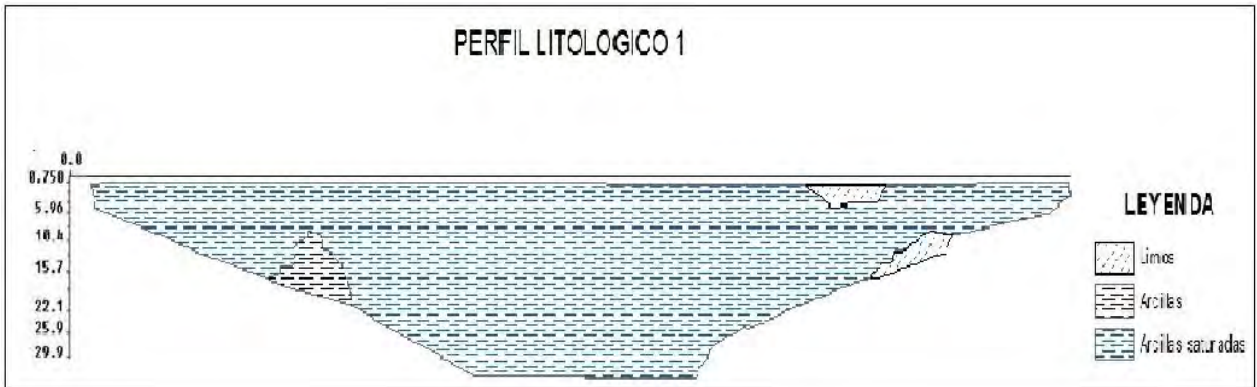
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 26. Perfil 1 tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

Figura 27. Perfil litológico 1



Fuente: Resultado del estudio.

6.4.4 RESULTADOS

Con ayuda del software Res2DINX64, se relacionaron datos de las respectivas resistividades de los materiales del área obtenidas por el equipo, resultando así el modelamiento del talud, donde se observan que el área está conformada por tres unidades Geoelectricas bien definidas, donde encontramos niveles de arcillas saturadas con rangos de resistividades que oscilan entre 4.25 – 19.4 Ω *m, arcillas en estado normal con resistividades que van desde 20 – 53.3 Ω *m, y finalmente limos que poseen resistividades que oscilan entre 53.3 - 146 Ω *m, ver figuras 26 y 27.

7. GEOTECNIA

En este capítulo se consignan los aspectos relacionados con la evaluación geotécnica de los fenómenos de remoción en masa (FRM) presentes en la vereda Paeces, municipio de Jenesano, sucedidos desde hace unos años, y que han evolucionado hasta afectar considerablemente viviendas presentes en la zona.

Las principales fuentes de información para el estudio geotécnico fueron la observación de campo, los datos obtenidos de la exploración geofísica y geológica, la exploración directa y las pruebas de laboratorio.

A partir de la información obtenida, se realizó el diagnóstico de los distintos fenómenos de remoción en masa, estableciendo hipotéticamente los mecanismos de falla y planteando las medidas aplicables para el tratamiento de las zonas inestables.

7.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

7.1.1 Exploración indirecta del sub suelo

La exploración indirecta del sub suelo se realizó por medio de tomografías geoelectricas como se observa en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.**, el cual se llevó a cabo después de determinar que el método geoelectrico convencional SEV, no aporta ningún tipo de información importante cuando se aplica al estudio de deslizamientos por tratarse de un medio muy fracturado con altas pendientes además de ser un material removido y saturado.

7.1.2 Sondeos geotécnicos

7.1.1.1 Exploración directa del sub suelo.

La exploración directa del sub suelo consiste en la realización una apique y una trinchera, De estos se tomaron muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos pertinentes para caracterizar los materiales presentes en esta zona. Además se realizaron sondeos a profundidades de que van de 6,4 hasta los 10 metros de y sus ubicaciones se relacionan en la siguiente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**; de estos se realizaron los también ensayos de propiedades índices y propiedades mecánicas.

Tabla 16. Coordenadas de los sondeos realizados.

Jenesano			
Sondeo	Coordenadas		Profundidad (metros)
	Este	Norte	
Apique 1	1,077,118	1,090,323	3.70
Apique 2	1,076,909	1,090,135	3.20
sondeo 1	1,077,111	1,090,320	9.40
sondeo 2	1,076,692	1,089,898	9.60

Fuente: Resultados del Proyecto.

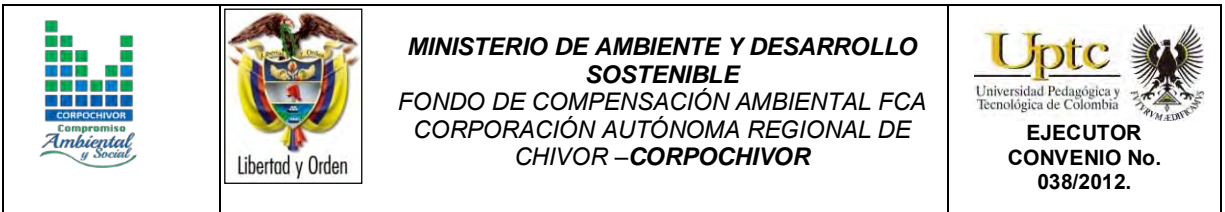
De estos se obtuvieron perfiles geotécnicos del sitio como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Como también para los apiques **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Fotografía 14. Perforación realizada en la zona de estudio.



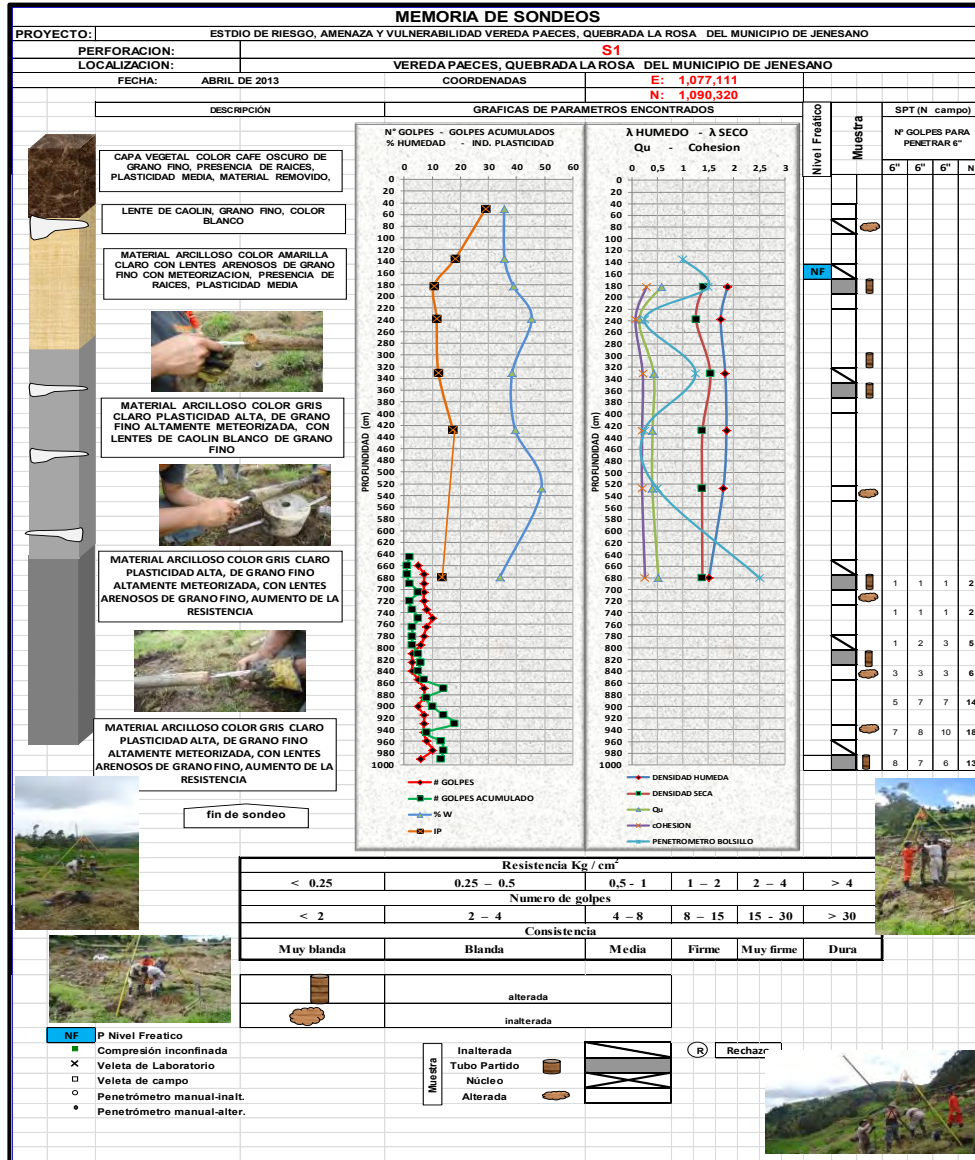
Fuente: Registro Fotográfico del Proyecto.

También se caracterizó las rocas aledañas al deslizamiento y se realizó la toma de muestras tamaño puño para realizar la caracterización de sus propiedades físicas y algunos pequeños bloques para realizar ensayos en laboratorio como til test y cargas por punta con el fin de conocer su resistencia, a la vez se realizó el mapeo



en estos puntos donde se hizo el levantamiento de discontinuidades en los puntos donde se pudo observar la roca aflorante. Los puntos de toma de muestras se relacionan en la siguiente tabla.

Figura 28. **Perfil Geotécnico S2**



Fuente: Resultado del estudio

Tabla 17. Puntos de tomas de muestras de rocas alforantes.

Formación	E	N	Z
Kg2	1060949	1086396	2911

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Kg1	1084542	1090036	2961
Kscn	1060987	1086396	2899

Fuente: Resultados del estudio.

Fotografía 15. Punto de rocas aflorantes en la cercanía del deslizamiento y zona de mapeo geológico.






Fuente: Registro fotográfico.

7.2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO

7.2.1 Trabajos de Laboratorio

De acuerdo con el muestro anterior y con las muestras recolectadas tanto en los sondeos (Suelos) y en los afloramientos (Rocas), en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron pruebas índice (Límites de Atterberg, Granulometría, humedad natural, peso unitario), compresión confinada y corte directo. A demás de propiedades físicas y mecánicas de las

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

rocas presentes en la zona de estudio, a continuación se realiza una descripción de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas concluyendo con un numeral con los resúmenes de los resultados de estas pruebas.

7.2.2 Trabajos de Laboratorio

De acuerdo con el muestro anterior y con las muestras recolectadas tanto en los sondeos (Suelos) y en los afloramientos (Rocas), en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron pruebas índice (Límites de Atterberg, Granulometría, humedad natural, peso unitario), compresión inconfiada y corte directo. A demás de propiedades físicas y mecánicas de las rocas presentes en la zona de estudio, a continuación se realiza una descripción de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas concluyendo con un numeral con los resúmenes de los resultados de estas pruebas.

7.2.1.1 Propiedades índices de los suelos

Límites de Atterberg: El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

Atterberg definió tres límites para la clasificación del suelo; el de retracción o consistencia que separa el estado de sólido seco y el semisólido, el límite plástico, que separa el estado semisólido del plástico y el límite líquido, WL, que separa el

estado plástico del semilíquido; estos dos últimos límites (los más usados en la práctica) se determinan con la fracción de suelo que pasa por el tamiz n.º 40 A.S.T.M (0,1 mm).

Figura 29. Límites de Atterbeg




Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez.

Humedad natural: Se denomina humedad natural o contenido de agua de un suelo, a la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida, este se expresa como porcentaje.

Peso unitario: El peso unitario es definido como la masa de una masa por unidad de volumen. El peso unitario del suelo varía de acuerdo al contenido de agua que tenga el suelo, que son: húmedo (no saturado), saturado y seco.

Granulometría: Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

7.2.1.2 Propiedades índices de las rocas

La roca como agregado de mineral presenta características físicas que influyen en su respuesta mecánica, además algunos de estos parámetros son importantes en el diseño y construcción de obras ingenieriles.

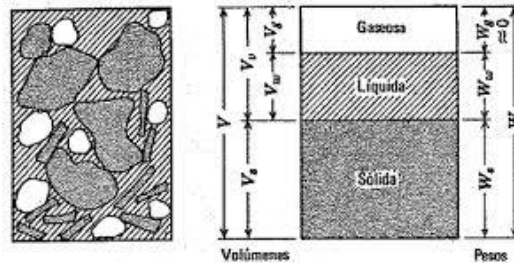
Se establecieron propiedades físicas tales como:

- Densidad total de la muestra (ρ)
- Densidad seca de la muestra (ρ_d)
- Densidad saturada de la muestra (ρ_{sat})
- Porcentaje de humedad (ω %)
- Porcentaje de saturación (S%)
- Porosidad (n%)
- Relación de vacíos (e)
- Peso específico (γ (KN/m³))
- Peso específico seco (γ_d (KN/m³))
- Peso específico saturada (γ_{sat} (KN/m³))

La determinación de las propiedades físicas se basa en el establecimiento de los pesos y volumen de la probeta o muestra de la roca de roca y/o mineral, siendo los equipos y accesorios en la mayoría de los casos los de un laboratorio químico y/o metalúrgico. Y están constituidas por:

- Una balanza de precisión en grs.
- Un horno ventilado.
- Vasos de precipitación.
- Agua destilada.

Figura 30. Manera de establecer las fases de la roca



Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez.

Fotografía 16. Medición de volumen de la muestra para establecer propiedades físicas de la roca.



Fuente: Registro Fotográfico.

7.2.1.3 Propiedades mecánicas de los suelos

Compresión no confinada: El objetivo primario del ensayo de compresión no confinada es obtener rápidamente un valor aproximado de la resistencia a la compresión de los suelos que tienen suficiente cohesión para ser sometidos a dicho ensayo.

Fotografía 17. Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada.



Fuente: Registro fotografico.

Corte directo: Con el ánimo de establecer la resistencia al corte de algunos de los materiales más débiles dentro del área de estudio, se llevaron a cabo pruebas de corte directo en los suelos presentes para establecer las condiciones de resistencia disponible en la zona y llegar a realizar el análisis con respecto a las fuerzas actuantes.

Nota (*): Debido al grado de alteración se optó por realizar las pruebas de corte directo con muestras remoldeadas, esto tanto como para las pruebas de corte directo como para compresión no confinada.

Fotografía 18. Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo.



Fuente: Registro fotografico.

7.2.3 Propiedades mecánicas de las rocas

Ensayo de Tilt Test: Este ensayo permite estimar el ángulo de rozamiento de una discontinuidad o ángulo de fricción básico de la matriz rocosa para condiciones de bajos niveles de esfuerzo normal.

Fotografía 19. Ensayo de Tilt Test



Fuente: Registro Fotográfico del estudio.

Carga puntual: También denominado PLT (point load test) o ensayo Franklin. Se utiliza para determinar la resistencia a compresión simple de especímenes de

roca, a partir de una correlación con el índice de carga puntual corregido (Is50), obtenido de este ensayo.

Fotografía 20. Ensayo de carga por punta o ensayo Franklin.

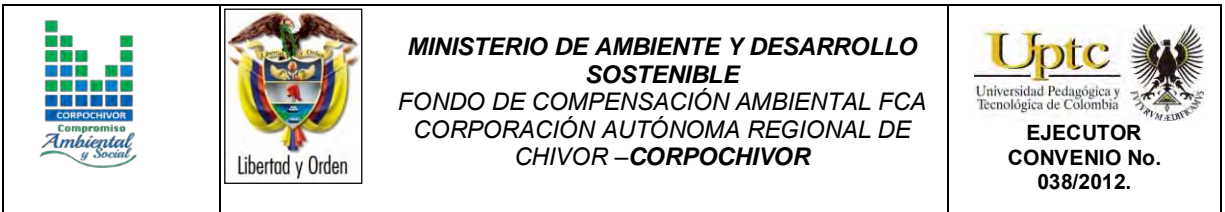


Fuente: Registro Fotográfico del Proyecto.

7.2.4 Resumen de resultados

En general los ensayos realizados reflejan la particularidad de materiales finos en el subsuelo según la Carta de Clasificación de Casagrande, los suelos fueron clasificados dentro del grupo CL (material limoso de baja plasticidad) correspondientes al material de relleno, arcillas limosas, con peso unitario de 1.2 – 2.0 gr/cm³, con limite líquido < 50% e IP entre 29% y 3%.
































Los resultados de las propiedades mecánicas reflejan una resistencia a la compresión simple de 0.1 – 5.71 kg/cm², cohesión de 0.7 – 2.8 Kgf/cm², ángulos de fricción entre 6° y 31°. Estos resultados de las propiedades físicas y mecánicas se utilizaron para el análisis de estabilidad. En el anexo 4, se presentan los



formatos correspondientes a los ensayos de laboratorio, de los cuales se presenta una tabla resumen (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Y perfil eotécnico.

En cuanto a las rocas presentes se obtuvieron pesos específicos de entre los valores de 11.2 kN/m³ en las diferentes rocas, con ángulos de rozamiento residual de que varían entre 53° y resistencias obtenidas por el ensayo de carga puntual de 14 – 42 MPa.

Tabla 18. Resumen de resultados ensayos de laboratorio

 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS SECCIONAL SOGAMOSO																		
MEMORIA DE SONDEOS																		
PROYECTO:		PROYECTO : ESTUDIO DE RIESGO, AMENAZA Y VULNERABILIDAD VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA DEL MUNICIPIO DE JENESANO																
MUESTRAS:		APIQUE - SONDEOS																
LOCALIZACION:		QUEBRADA LA ROSA DEL MUNICIPIO DE JENESANO																
FECHA:		MAYO DE 2013																
 inalterada  alterada																		
SONDEO / APIQUE N°	MUESTRA N°	TIPO DE MUESTRA	PROF. (m)	COORDENADAS		PROPIEDADES FISICAS SUELOS							CORTE DIRECTO		RESISTENCIA AL CORTE SUELOS		PENETROMETRO BOLSILLO Kg/cm ²	
				E	N	Wn (%)	LL	LP	IP	CLASIF (U.S.C.)	P. T. N° 200 %	φ	C	λ HUMEDO Unitario	λ SECO Unitario	COMPRESION INCONFINADA qu		C
1	1		0,80	1,077,118	1,090,323	4,00	30,1	19,30	10,80	CL	2,885	12,407	1,828	2,2762	2,005	1,2287	0,61435	> 4,0
	2		1,10	1,077,118	1,090,323	6,91	28,02	18,18	9,84	CL	1,522			2,172	1,943			3,5
	3		1,60	1,077,118	1,090,323	10,79	31,95	20,69	11,26	CL	2,038	22,784	0,670	2,0555	1,7713	0,622	0,311	> 4,0
	4		2,10	1,077,118	1,090,323	13,79	27,41	24,39	3,02	ML	1,199	15,002	0,941	1,9753	1,6889	1,5571	0,77855	> 4,0
	5		2,25	1,077,118	1,090,323	12,17	28,22	16,22	12,00	CL	1,097	31,467	0,705	1,961	1,6518	0,7822	0,3911	3,5
	6		2,50	1,077,118	1,090,323	17,90	45,27	29,41	15,86	OL	0,708	22,195	1,755	2,0584	1,7637	3,6672	1,8336	> 4,0
	7		2,75	1,077,118	1,090,323	19,83	28,83	19,23	9,60	CL	2,109	21,801	1,272	2,0842	1,8379	5,6929	2,84645	3,5
	8		2,95	1,077,118	1,090,323	12,23								1,9765	1,6747	0,4963	0,24815	> 4,0
	9		3,75	1,077,119	1,090,324	9,93					4,564			1,9856	1,846			> 4,0
2	3		0,50	1,076,909	1,090,135	10,06							1,97705	1,6272	5,8355	2,91775	> 4,0	
	4		0,95	1,076,909	1,090,135	5,48							2,0235	1,6562	5,7342	2,8671	> 4,0	
	5		1,15	1,076,909	1,090,135	2,79												3,5
	7		2,15	1,076,909	1,090,135	7,60						19,799	2,871	2,1838	1,932	5,5316	2,7658	3,5
	8		3,65	1,076,909	1,090,135	3,94								2,1742	1,9583	5,3166	2,6583	3,5
S 1	1		1,00	1,077,111	1,090,320	35,56	40,9	11,86	29,04	CL	3,066							
	2		1,70	1,077,111	1,090,320	35,75	45,95	27,78	18,17	ML-OL	6,177	9,090	0,425					1
	3		1,95	1,077,111	1,090,320	38,90	40,99	30,43	10,56	ML-OL	5,716			1,8741	1,4051	0,582	0,291	1,5
	4		2,80	1,077,111	1,090,320	45,47	35,52	24,00	11,52	CL	3,734			1,7438	1,2591	0,148	0,074	0,25
	5		3,80	1,077,111	1,090,320	38,51	37,19	25,00	12,19	CL	4,034			1,8315	1,5399	0,4289	0,21445	1,25
	6		4,75	1,077,111	1,090,320	39,50	40,9	23,53	17,37	CL	6,94			1,8543	1,3879	0,4093	0,20465	0,25
	7		5,80	1,077,111	1,090,320	48,92					6,583			1,7942	1,3778	0,4042	0,2021	0,5
	8		7,80	1,077,111	1,090,320	34,07	32,65	19,30	13,35	CL	6,678			1,5135	1,3842	0,5246	0,2623	2,5
S2	1		1,70	1,076,692	1,089,898	30,74	34,78	19,61	15,17	CL	9,07	6,843	0,321	1,9015	1,5231	0,6896	0,3448	
	2		2,20	1,076,692	1,089,898	26,63	46,72	23,33	23,39	CL	5,532			1,9313	1,5007	0,4127	0,20635	2
	3		3,05	1,076,692	1,089,898	18,38	37,34	20,41	16,93	CL	5,562			1,9461	1,5426	0,5079	0,25395	2,25
	4		4,00	1,076,692	1,089,898	29,43	41,89	20,00	21,89	CL	11,488			1,9225	1,4904	0,325	0,1625	0,25
	5		5,20	1,076,692	1,089,898	21,02	32,33	15,63	16,70	CL	6,953			2,2358	1,9368	1,4884	0,7442	1
	6		7,00	1,076,692	1,089,898	24,19	29,58	19,51	10,07	CL	7,919			2,2074	1,8039	0,3347	0,16735	1

Fuente: Resultados del proyecto.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCION DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

7.3 Clasificación del Macizo Rocoso.

“Las clasificaciones de macizos rocosos fueron diseñadas u organizadas con la finalidad de obtener los parámetros geomecánicos que permitan un fácil manejo en el diseño de las obras de ingeniería. Los macizos rocosos, como medios discontinuos, presentan un comportamiento geomecánico complejo que, de una forma simplificada, puede ser estudiado y categorizado en función de su aptitud para distintas aplicaciones.” (González de Vallejo, 2002). Para el estudio fueron utilizadas las clasificaciones en función del R.Q.D., la clasificación geomecánica de Bienawski (R.M.R.), y la clasificación del índice geológico de resistencia (GSI) propuesto por Hoek y Brown.

7.3.1 Índice de Calidad de la Roca (RQD):

EL RQD determina el grado de fracturación del macizo rocoso. Este parámetro se puede determinar a partir de núcleos de roca recuperados en sondeos con longitud mayor de 10cm; a partir del número volumétrico de juntas (Jv), como el número de discontinuidades por metro cúbico de macizo; ó, en función de la frecuencia de discontinuidades (λ), que indica el número de juntas por metro lineal en el macizo. Para el proyecto se determinó por medio de la frecuencia de discontinuidades obtenida del mapeo geológico y de la descripción de las perforaciones de exploración. La determinación del RQD a partir de la frecuencia de discontinuidades se puede realizar por medio de la siguiente expresión que proporciona el valor teórico mínimo del RQD:

$$RQD = 100exp^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

Donde,

λ : Número de discontinuidades por distancia medida.

En profundidad se obtuvo el R.Q.D. por zona, a partir del registro detallado de las perforaciones. Los valores del parámetro RQD se representan en los siguientes rangos:

1. <25% : Muy Mala (MM)
2. 25-50: Mala (M)
3. 50-75: Regular(R)
- 4: 75-90: Buena (B)
- 5: 90-100: Muy Buena (MB)

Para las medidas superficiales tomadas en el mapeo geológico, se obtuvo un resultado de RQD dentro del rango **75-90%** para las rocas del Kscn, lo cual indica una buena calidad del macizo según los rangos establecidos para esta caracterización.

7.3.2 Clasificación Según el RMR:

Desarrollado por Bieniawski en 1973, con actualizaciones en 1979 y 1989, constituye un sistema de clasificaciones de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo. Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geotécnicos:

Resistencia a la compresión uniaxial de la matriz rocosa.

Grado de fracturación en términos del RQD.

Espaciado de las discontinuidades.

Condiciones de las discontinuidades.

Condiciones de agua subterránea.



Corrección por la orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

La incidencia de estos parámetros en el comportamiento geomecánico de un macizo rocoso se expresa por medio del **índice de calidad RMR, rock mass rating**, que varía de 0 a 100. (Gonzales de Vallejo, 2002).

Los rangos para la clasificación del **índice de la calidad RMR** son de acuerdo a las siguientes clases:

- I Muy Buena 100-81
- II Buena 80-61
- III Media 60-41
- IV Mala 40-21
- V Muy Mala menos a 20

Procesando los resultados para cada banco e intercalación de la prueba de resistencia a compresión simple, de R.Q.D., de las condiciones de discontinuidades, de las condiciones de agua subterránea de acuerdo a lo observado en campo y, realizando la corrección correspondiente, fue posible realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso. En el 0 se muestra el resultado de la clasificación por el método RMR para los afloramientos presentes.

Tabla 19. Resumen de Resultados de la Clasificación RMR

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Parámetro de clasificación		Areniscas (Kscn)	
		Parámetro	Valuación
Resistencia Compresión simple (MPa)		0,78	2
R.Q.D (%)		B	10
Separación de las discontinuidades		Mj	10
Estado de las discontinuidades	Rugosidad - JRC	Rugosa	5
	Abertura	0,1-1mm	4
	Relleno	Suelos Resi.	3
	Alteración	Lige. Alt.	5
	Continuidad	3-10 m	3
Agua subterránea		LIG. HÚMEDO	12
VALORACIÓN RMR		54	
VALORACIÓN GSI		49	
VALORACION DE Q´		3,0	
Ajuste	Favorables/Medias	-5	-25
VALOR RMR		49	29
Clase		III Media	IV Mala

Fuente: Resultados de la Investigación.

Estos valores fueron establecidos para los puntos relacionados en la siguiente Tabla:

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 20. Puntos de Control para realizar la clasificación geomecánica.


Formación	E	N	Z
Kscn	1078742	1090275	2577

Fuente: Resultados de la Investigación.


7.3.3 Clasificación Según el Índice Geológico de Resistencia (GSI):

Clasificación de macizos propuesta por Hoek y Brown, como un parámetro de condición del macizo rocoso en función de la condición estructural y del estado de las discontinuidades, para la aplicación del criterio generalizado de Hoek y Brown (2002), con el fin de establecer la envolvente de resistencia del macizo rocoso. Para su determinación se propone la utilización de la Figura 31.

Figura 31. Guía para la definición del Índice geológico de resistencia (GSI).

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)	Condición de la superficie				
	Disminución en calidad de superficie				
	Muy buena	Buena	Moderalis	Escasa	Muy escasa
 INTACTA O MASIVA - macizo rocoso con pocas discontinuidades, carente de planos de deformación.	80	70			
 POCO FOLIADA - macizo rocoso parcialmente fracturado con hasta tres sistemas de discontinuidades. Puede contener intercalaciones de rocas foliadas.		60	50		
 MODERADAMENTE FOLIADA - macizo rocoso fracturado constituido por intercalaciones de rocas foliadas y no foliadas en proporciones semejantes.			40	30	
 BRECHADA - macizo rocoso muy alterado tectónicamente con aspecto brechoide.				20	10
 MUY FOLIADA - macizo rocoso plegado, altamente fracturado, constituido únicamente por rocas muy foliadas.	N/A	N/A			5

Fuente: Hoek, 2002

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

Dada la sencillez de la guía para la determinación del GSI, y en cierta medida su subjetividad se propone para valores de GSI mayores que 25 que este pueda ser establecido a partir del valor de clasificación RMR89, teniendo en cuenta que se debe tomar el valor RMR sin corrección por orientación de discontinuidades y una valuación de condiciones de agua subterránea igual a 15. De acuerdo a lo anterior el valor de GSI 49 respectivamente como se observa en la figura 31.

7.4 CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS

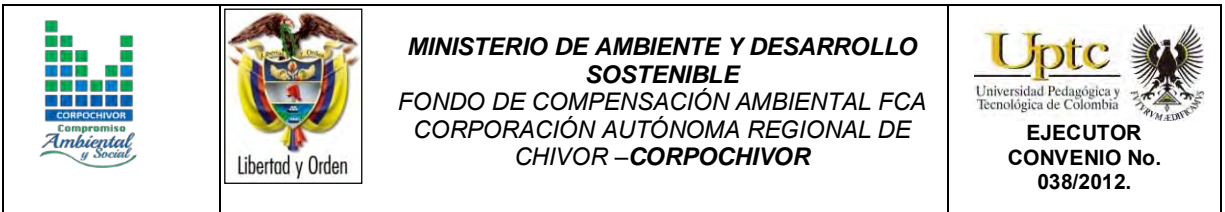
El comportamiento cinemático de los movimientos complejo y depende de varios factores (Pellegrino y otros, 2000):

- El volumen o caudal de suelo en movimiento. Este volumen puede ser suministrado por un deslizamiento o por varios deslizamientos.
- Las propiedades mecánicas de los materiales constitutivos del flujo, especialmente la resistencia y compresibilidad.
- La pendiente o canal sobre el cual fluye el suelo.
- El contenido de agua.

7.5 CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

7.5.1 Causas Reales

Las causas directas de los fenómenos de remoción en masa corresponden a aquellos factores inherentes a la naturaleza del terreno, que lo hace potencialmente inestable. La ocurrencia generalmente está relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente y la saturación conduce a la formación del movimiento, también la



susceptibilidad geomorfológica dadas las altas pendientes de algunos sectores, el tipo de material por tratarse de material coluvial, la condición de los materiales rocosos subyacentes al suelo, que se encuentra muy fracturado como producto del intenso fallamiento presente.

7.5.2 Causas Inmediatas

Las causas inmediatas son también conocidas como detonantes de la inestabilidad, y corresponden a aquellos factores exógenos que producen en ultimas los movimientos del terreno.

Como detonantes de los eventos se han establecido los siguientes:

- La baja capacidad de capturar agua del material pero no de trasmitirla lo cual hacer que se generen grandes presiones las cuales generan la fuerza indicada para el desplazamiento del movimiento.
- El agua proveniente de las precipitaciones, que aunque no son frecuentes, han ocurrido en épocas que están asociadas a los mayores movimientos ocurridos.
- La baja resistencia al corte o de fricción del material en el cual se produce la superficie de falla.
- El mal uso de suelo, la ocupación de drenajes naturales para regadío de cultivos, tala y pastoreo.
- Los eventos sísmicos con alguna influencia en la zona se constituyen también en factores detonantes.





Existen otros factores detonantes de menor importancia que pueden mencionarse, como las vibraciones y sobrecargas provenientes del tránsito vehicular, las sobrecargas asociadas a los botaderos y el mal uso del suelo.

7.6 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA

La modelación geotécnica tiene como objetivo verificar las condiciones actuales de estabilidad de la vereda piedra larga, el cual afecta las viviendas presentes en la zona.

Los modelos constituyen simplificaciones de problemas complejos acorde con la realidad, que permiten comprender mejor el funcionamiento de un sistema, son muy utilizados en todas las ciencias, aunque adquieren una gran relevancia en la Ingeniería Geológica, para este modelamiento se deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales, Modelo Geológico, Modelo Geomecánico, para así poder llegar al Modelos Geotécnico del comportamiento del terreno (Modelo Numérico). El modelamiento geotécnico se establece con estos criterios, La exploración del subsuelo y las condiciones geológicas encontradas vistas en los numerales anteriores. Debido a la complejidad del fenómeno de remoción en masa se sectorizo en tres partes a las cuales se le realizo su respectivo análisis mostrado en los perfiles de plano de exploración geotécnica.

La modelación se realizó con el programa de estabilidad de taludes Slide V.6, desarrollado por la firma Rocscience de Canadá, el cual trabaja con el método de equilibrio límite y dovelas. Dentro de los métodos de análisis se consideraron el

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

método de fellenius, el método de Bishop simplificado, y el método de Janbu Simplificado y Corregido.

Modelamiento del comportamiento hidráulico.

Respecto al agua subterránea, a pesar que en las exploraciones no se encontró un nivel freático, se consideró su efecto con el coeficiente Ru , coeficiente que se define como:

$$Ru = \frac{u}{\sigma_v}$$

u : Presión de poros en la base de la dovela.

σ_v : Esfuerzo vertical total en la base de la dovela.

El coeficiente Ru tiene un rango de variación de 0 (terreno seco) hasta 0,5 (terreno saturado).

Efecto de la Aceleración Sísmica en el Modelo.

El Municipio de Jenesano se encuentra en una zona de Amenaza Sísmica Alta, de acuerdo a la Norma Colombiana Sismorresistente, por tanto el efecto sísmico es un aspecto relevante en la estabilidad de taludes. El efecto sísmico fue considerado con la aplicación de un análisis Pseudoestático a partir de la siguiente expresión:

$$\sum F = m * a$$

Donde,

F: Fuerzas.

m: Masa de la dovela.

a: aceleración.

La aceleración aplicada a cada masa, corresponde a un porcentaje de la aceleración de la gravedad, el cual se define de acuerdo a los coeficientes de aceleración horizontal y vertical propuestos en la norma sismorresistente y a un coeficiente de reducción del coeficiente de aceleración, de acuerdo a las características del terreno. Para el Municipio de Jenesano los coeficientes de aceleración horizontal (Aa) y vertical (Av) son iguales a 0.15 y 0.07 respectivamente, de acuerdo a la NSR-10, sin embargo la versión vigente del código colombiano sismorresistente, indica que los coeficientes se tomen igual al valor mayor, en este caso 0.20 y 0.25. El coeficiente de reducción de los coeficientes de aceleración para suelos y macizos rocosos con R.Q.D menores a 50%, es igual a 0.8

Tabla 21. **Coefficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá**

N°	Municipio	Código	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica	Ae	Ad
1	Tunja	15001	0.20	0.20	Intermedia	0.15	0.07
45	Jenesano	15367	0.20	0.25	Alta	0.15	0.07
46	Jericó	15368	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08
122	Viracachá	15879	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08
123	Zetaquirá	15897	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08

Fuente: Título A NSR – 10

Tabla 22. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica

Material	$K_{ST} / a_{m\acute{a}x}$ Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%)	0.80	Ninguno
Macizos rocosos (RQD > 50%)	1.00	Ninguno
Todos los materiales térreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas
Todos los materiales térreos	0.50	Amplificación de onda bidimensional

Fuente: Tabla H.5.2-1 Título H NSR – 2010.

Por tanto el coeficiente de aceleración para análisis pseudoestático resulta:

$$k = k_{ST} * A_a = 0.8 \times 0.25 = 0.2$$

El método de cálculo utilizado para el caso fue el de equilibrio límite que define el factor de seguridad (F.S.) como:

$$F.S. = \frac{\text{Fuerzas resistentes}}{\text{Fuerzas actuantes}}$$

Con estos elementos se procedió a evaluar las condiciones de estabilidad de la zona.

7.6.1 Análisis estructuralmente controlado

Se realizó un análisis estructuralmente controlado para determinar esas zonas donde es probable posibles mecanismos de falla por consecuencia de las estructuras geológicas, este se realizó respecto a las diferentes direcciones de las laderas presentes en la zona y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 23. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla planar.

ANÁLISIS CINEMÁTICO						
PLANAR						
Ladera	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO LADERA			RANGO BUZAMIENTO		
1	306	A	346	20	A	89
2	122	A	162	20	A	30
3	229	A	269	20	A	73

Fuente: Resultados del estudio.

Tabla 24. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla cuña.

ANÁLISIS CINEMÁTICO						
CUÑA						
Rango	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO LADERA			RANGO BUZAMIENTO		
1 Y 3	230	A	270	20	A	90
2 Y 3	195	A	235	72	A	90

Fuente: Resultados del estudio.

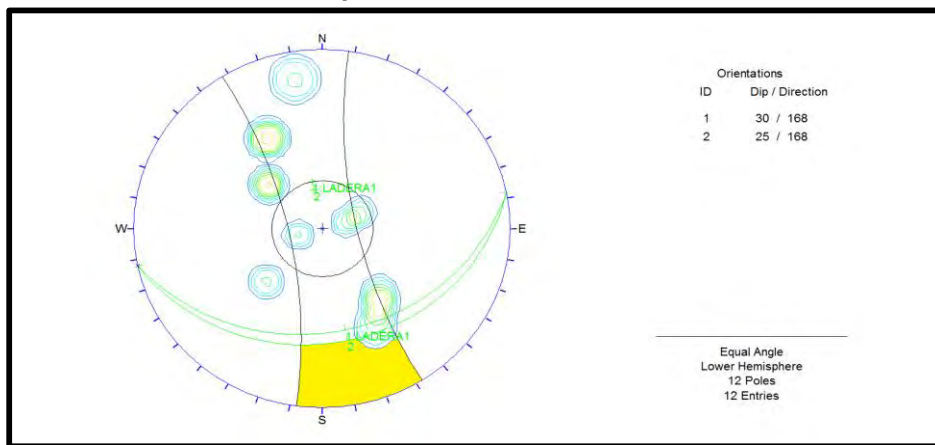
Tabla 25. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla cuña.

ANÁLISIS CINEMÁTICO						
VOLTEO						
Ladera	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO LADERA			RANGO BUZAMIENTO		
1	116	A	166	0	A	65
2	39	A	89	0	A	65
3	150	A	200	0	A	65

Fuente: Resultados del estudio.

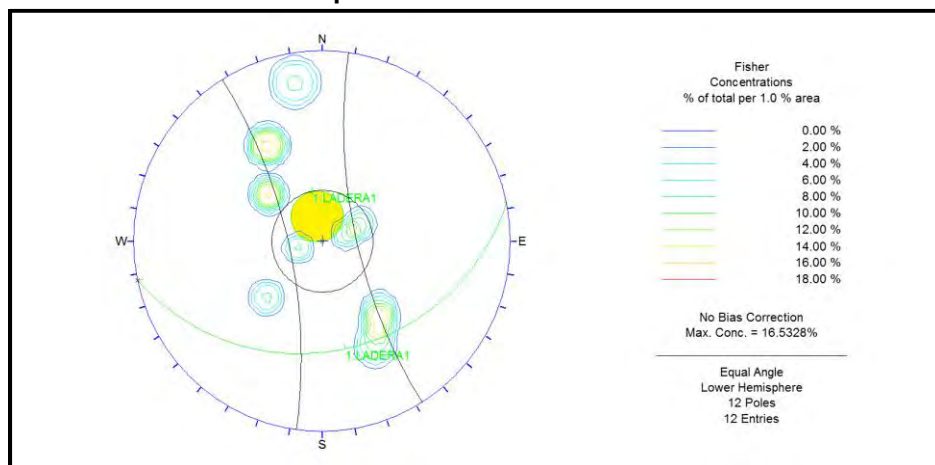
Las anteriores tablas reflejan los posibles rangos de dirección de buzamiento de las laderas y la inclinación que deben cumplir para que cada una de las fallas ocurra; estas se obtienen tras analizar cada una de las estructuras presentes en esta zona como se observa de manera esquemática en las siguientes figuras.

Figura 32. **Análisis cinemático, falla por volcamiento**



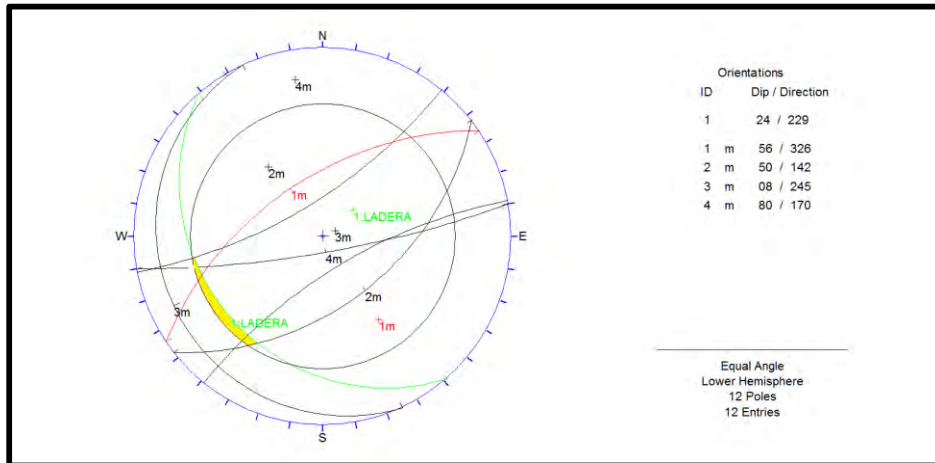
Fuente: Resultados del estudio.

Figura 33. **Análisis cinemático falla planar**



Fuente: Resultados del estudio.

Figura 34. Análisis cinemático falla por cuña



Fuente: Resultados del estudio.

7.7 Análisis estructuralmente no controlado



Este análisis se consideró para el sitio donde ya se evidencio el movimiento en la parte de los depósitos, aunque no obstante también se consideran las rocas que intervienen. En la fotografía se observa una panorámica del movimiento que se analiza en este capítulo.

El modelo analizado relaciona los datos obtenidos de la campaña de exploración geológica y geotécnica. La parte de geología aporta el perfil geológico y los parámetros mecánicos se obtienen en de los resultados de los diferentes ensayos anteriormente relacionados en el trabajo de laboratorio.

Las propiedades Físico-mecánicas utilizadas son resultado de los diferentes ensayos realizados donde se utilizaron los datos más bajos obtenidos ya que

estos reflejan las condiciones críticas del movimiento y en algunos casos se aplicó factores de reducción a los resultados ya algunas pruebas de resistencia se realizaron sobre muestras re moldeadas, esto con el fin de poder llegar a contempla un modelo que se acerque a la verdad y no diciendo que este sea igual.

Tabla 26. **Valores de Propiedades Físicas y Mecánicas Utilizadas en los Modelos de estabilidad.**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	a	Water Surface	Ru
Qc		25	Mohr-Coulomb	30	17					None	0.5
Ksgp P		23	Generalised Hoek-Brown			40000	1.5089	0.000686468	0.510622	None	0.3

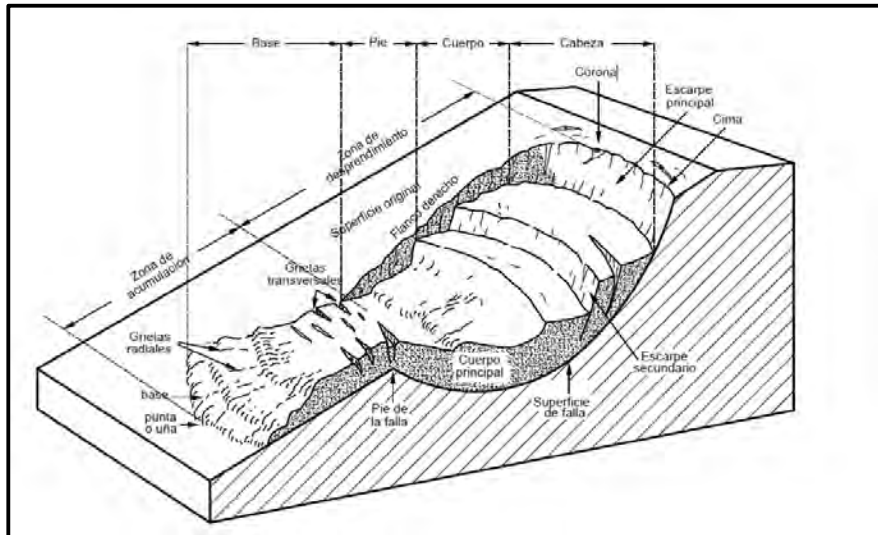
Fuente: Resultados del Proyecto.

Fotografía 21. Parte superior del movimiento



Fuente: Resultados del estudio.

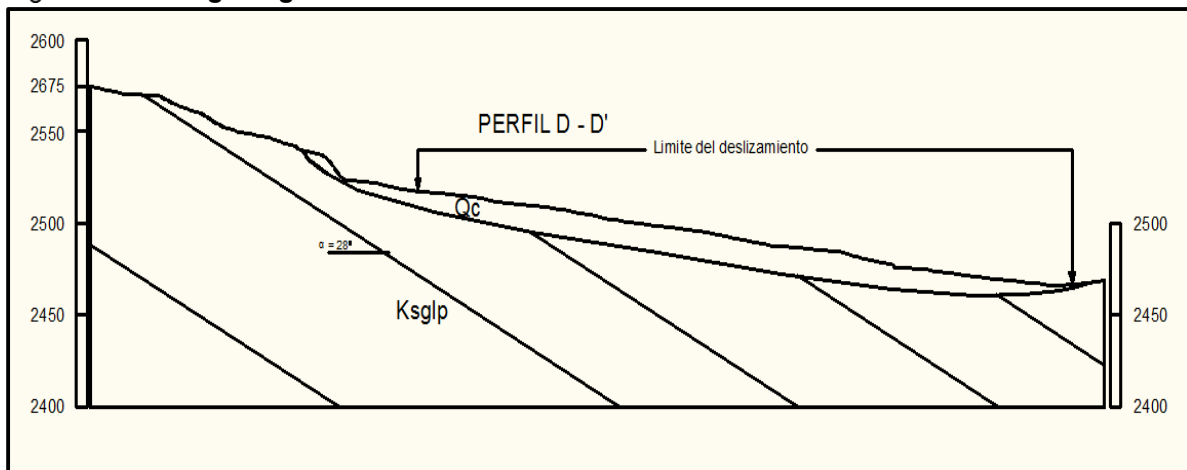
Figura 35. Modelo esquemático del deslizamiento (Jaime Suarez)



Fuente: Deslizamientos - análisis Geotécnico [Jaime Suarez].

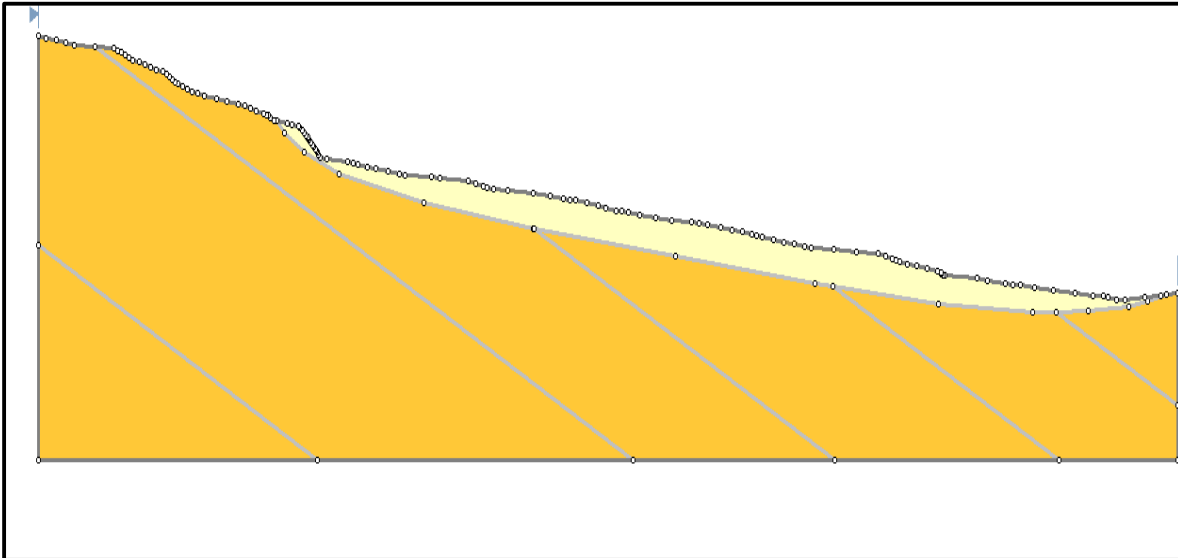
Para este caso se analizaron el perfil D-D' y el Perfil B-B, ya que estos son los que comprenden realmente el deslizamiento como tal.

Figura 36. Perfil geológico D-D'



Fuente: Resultados del estudio.

Figura 37. Modelo de análisis perfil D-D'



Fuente: Resultados de la Investigación.

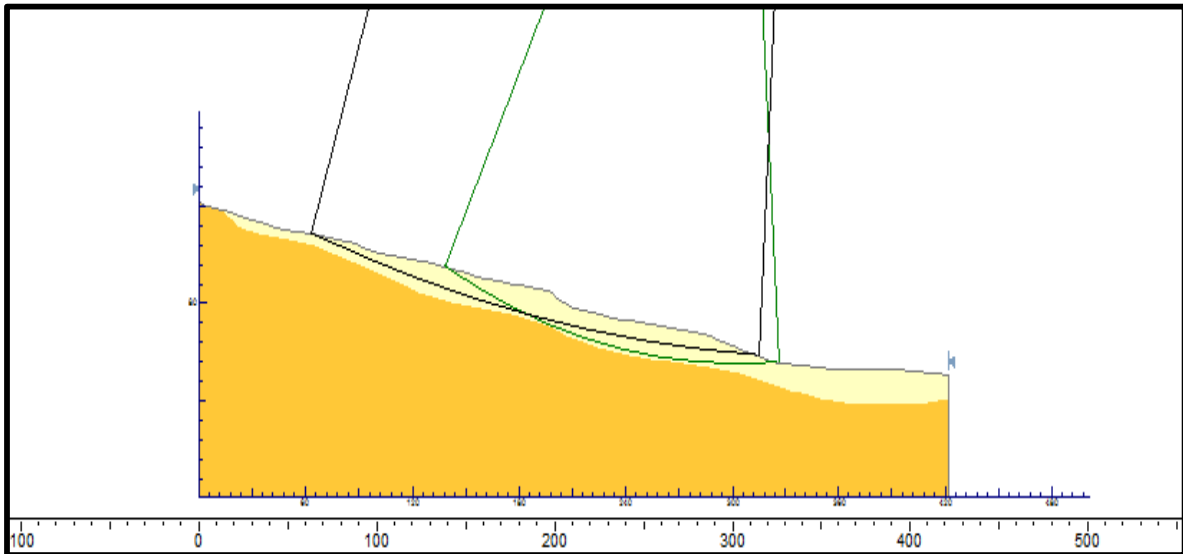
Los resultados de este análisis se relacionan en las siguientes tablas.

Tabla 27. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'

Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenious	Met. Bishop Simplificado	Metodo de Janbu Simple	Metodo de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal (Ru = 0.1)	1.35	1.35	1.348	1.371
Condición de agua subterránea crítica (Ru = 0.3)	1.175	1.171	1.166	1.186
Condición de agua subterránea media (Ru = 0.5) y sismo (análisis pseudoestático)	0.993	0.988	0.984	1.001

Fuente: Resultados de la Investigación.

Figura 38. Modelo de análisis perfil B-B'



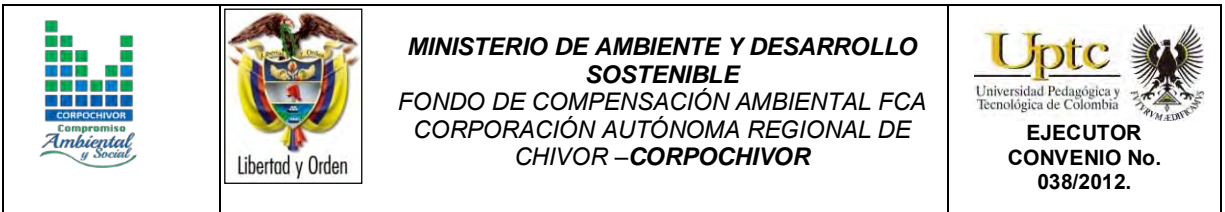
Fuente: Resultados de la Investigación.

Tabla 28. Factores de seguridad para el modelo perfil B-B'




Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenious	Met. Bishop Simplificado	Metodo de Janbu Simple	Metodo de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal (Ru = 0.1)	1.113	1.123	1.106	1.140
Condición de agua subterránea crítica (Ru = 0.3)	0.961	0.963	0.948	0.977
Condición de agua subterránea media (Ru = 0.5) y sismo (análisis pseudoestático)	0.809	0.802	0.790	0.814

Fuente: Resultados de la Investigación.

Como resultado de este capítulo se realiza el mapa Geomecánico que representa las zonas con condiciones homogéneas de resistencia de suelos, clasificación de



las rocas, además de involucrar los factores de seguridad de los perfiles analizados y las zonas donde se observa los potenciales mecanismos de falla. Debido a la complejidad del movimiento es complicado establecer un modelo en dos dimensiones que refleje la realidad del mismo por tal motivo los modelos geotécnicos aquí presentados no representan la realidad del movimiento.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	---	---

8. ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

8.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS

Se entiende como amenaza por fenómenos de remoción en masa, la probabilidad de ocurrencia de movimientos del terreno potencialmente perjudiciales en un área dada en un periodo específico. Usualmente una zonificación de amenazas es el resultado de la evaluación de parámetros topográficos, geológicos, geomorfológicos, climáticos, hídricos, agrologicos y geotécnicos, de donde se obtiene la susceptibilidad; luego, si a ello se agrega el potencial efecto de factores detonantes tales como el agua en sus diversas formas (precipitaciones, infiltraciones, fugas, escorrentía), las sobrecargas de origen antrópico o natural y los sismos, entonces se llega a establecer la amenaza.

Amenaza; es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente dañino, caracterizado por una cierta intensidad, dentro de un periodo dado y en un área determinada.

Vulnerabilidad; es el sistema de condiciones y procesos resultado de los factores físicos, sociales, económicos, culturales y ambientales, que aumentan o disminuyen la susceptibilidad de una comunidad o infraestructura al impacto de las amenazas.

Riesgo; es la probabilidad de que se produzcan pérdidas socio-económicas en un determinado momento y en un área del territorio determinada, a causa de una amenaza.

Existen amenazas por inundación, erosión hídrica y fenómenos de remoción en masa, las cuales es importante identificar y caracterizar, para tomar medidas de mitigación que permitan la disminución de la vulnerabilidad y la complementación de los planes de emergencia para cada sector. 0

Tabla 29. **Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas Inestables (Deslizamientos).**

TIPOLOGÍA DE INDICADORES POR SU NATURALEZA	INDICADORES (ANTECEDENTES)	INDICADORES POTENCIALES
Geológicos	Afloramiento de rocas alteradas (diaclasadas), estructuras de formas irregulares.	Planos de fracturamiento a favor de la pendiente, estructuras rocosas de formas irregulares, material poco consolidado o deleznable.
Geomorfológicos	Terreno con pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de escarpes y/o contrapendientes.	Pequeñas depresiones, relieve ondulado, apertura de grietas en el terreno
Hidrogeológicos	Abundancia relativa de agua (zonas de mayor vertimiento hídrico), suelos saturados, régimen cambiante de corrientes hídricas, acumulación o estancamiento de agua en	Abundancia relativa de agua y zonas de surgencia hídrica. Suelos con alto porcentaje de humedad o mojados en tiempo continuo.

	proximidades a zonas inestables, desviación de ríos.	
Vegetales	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, troncos torcidos y/o inclinados, rotura de raíces y raíces tensas, discontinuidades repentinas en la cobertura vegetal.	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, raíces tensas. Árboles tumbados en la parte baja del tronco.
Estructurales	Postes inclinados, cables tensos o flojos, casas o construcciones agrietadas o inclinadas, grietas u ondulaciones en los pavimentos o capas de rodadura, cercos desplazados.	
Toponimia	Nombres de lugares que pueden sugerir inestabilidad del terreno como Cerro Agua Blanca, Vereda Volcaneras.	
Históricos	Testimonios o documentos de eventos pasados.	

Fuente: (Adaptación Grupo de investigaciones UPTC, Metodología para el análisis de los riesgos naturales, (MET-ALARN) Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación).

8.2 RESULTADO DE ANALISIS

Para la clasificación de la amenaza de la zona se utilizaron como criterios de categorización los presentados en la TABLA 29, teniendo en cuenta los parámetros de la Metodología de Leone.

Tabla 30. Categorización de amenazas por FRM.

CATEGORÍA DE AMENAZA	F.S. CONDICIONES NORMALES	F.S. CONDICIONES EXTREMAS
BAJA	> 1.9	> 1.3
MEDIA	1.2 – 1.9	1.0 – 1.3
ALTA	< 1.2	< 1.0

Fuente: Resultado del estudio.

Se realiza una evaluación de la amenaza a partir de la norma NSR-10, donde se establecen los factores de seguridad para taludes los cuales se presentan en la TABLA 30.

Tabla 31. **Categorización de amenaza por (FRM) según nsr-10**

CONDICION	F.S. BASICOS MINIMOS DIRECTOS
TALUDES - CONDICION ESTATICA Y AGUA SUBTERRANEA NORMAL	1.5
TALUDES – CONDICION SEUDO – ESTATICA CON AGUA SUBTERRANEA NORMAL Y COEFICIENTE SISMICO DE DISEÑO	1.02

Fuente: Resultado del estudio.

8.3 ANALISIS DE AMENAZA

Fotografía 22. **PANORAMICA DE LA ZONA DE DESLIZAMIENTO**



Fuente: Registro Fotográfico.

Fotografía 23. **PARTE ALTA DEL DESLIZAMIENTO.**



Fuente: Registro Fotográfico.

Se observa un proceso complejo, generando una serie de discontinuidades, que han constituido grandes desprendimientos y terracetas, acelerando el movimiento, los materiales fluyen fácilmente por la diferencia de pendiente, abarcando una gran extensión de terreno, ayudado por la naturaleza arcillosa de los materiales que constituyen el sector, con presencia de nacimientos de agua que unidos a las actividades antrópicas como pastoreo y mal uso de la tierra incrementan estos movimientos. Este movimiento presenta reactivaciones en época invernal como consecuencia de la saturación que se genera en el material inestable. Este movimiento, ya ha afectado algunas de las viviendas que se encuentran dentro de la zona del movimiento, e igualmente han modificado de manera considerable las condiciones morfológicas, afectando a los pobladores en el uso de los predios para actividades agrícolas y pecuarias.

En este estudio, ante la manifestación de inestabilidad del terreno, la amenaza se ha obtenido directamente de la valoración de los efectos notables en el sector, los cuales se evidencian en geoformas, movimientos del terreno, hundimientos, trazas de superficies de falla, presencia de grietas, presencia de escarpes, agrietamiento de las construcciones existentes dentro del cuerpo del deslizamiento y cinemática actual.

Como resultado de esta valoración se obtuvo la zonificación de amenazas (Ver Mapa). Se tienen 2 zonas de Amenaza: Alta y Media.

8.3.1 Amenaza Alta.

Corresponde a toda la zona delimitada topográficamente, en donde se encuentran ubicadas 3 viviendas dentro de la zona del deslizamiento, e igualmente la vía veredal que atraviesa la parte media del deslizamiento.

Fotografía 24. **Se observa vía veredal.**



Fuente: Registro Fotográfico.

8.3.2 Amenaza Media.




Está constituida por las zonas aledañas al deslizamiento, especialmente la parte baja en donde se encuentra la vía que conduce a Jenesano.

Fotografía 25. **Se observa acumulación de agua dentro del deslizamiento.**



Fuente: Registro Fotográfico.

Una vez definidas las características y el comportamiento de la zona, para el análisis de estabilidad se plantearon diferentes condiciones del terreno, presentando escenarios y comportamientos diferentes, basados en estos resultados se plantean las obras necesarias para el manejo de esta zona.

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

9. EVALUACIÓN Y ANALISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO

En el análisis de vulnerabilidad y riesgo se evalúa teniendo en cuenta los elementos expuestos predominantes en el área de estudio, como viviendas e infraestructura.

9.1 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad constituye un sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (externas e internas) que convergen en una comunidad o área particular. A esta interacción de factores se le conoce como vulnerabilidad global. Esta vulnerabilidad global puede dividirse en varias vulnerabilidades o factores de vulnerabilidad, todos ellos relacionados entre sí: vulnerabilidad física; factores de vulnerabilidad económicos, sociales y ambientales. (Wilches-Chaux, 1993).

El estudio de vulnerabilidad física de los elementos expuestos, en este caso las viviendas, se realizó teniendo como fuente de información básica el formulario de inventario de Viviendas, el cual se anexa; El formulario indaga sobre diferentes tópicos, tendientes a establecer parámetros útiles tanto de la vulnerabilidad física como de la social. Para la primera, el análisis se realizó de manera semicuantitativa con adopciones específicas para este proyecto (más extrapolables para otros ámbitos) a la metodología propuesta por Leone (1996). Las adopciones se refieren a la resistencia de los elementos (tipología de viviendas). A la asignación del grado de exposición (escenario de riesgo) y a la matriz de daño elaborada con base en las anteriores. Para la segunda, la

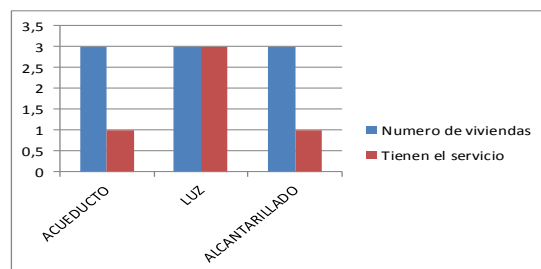
vulnerabilidad social, el análisis es apenas cualitativo y se basa en la información de los formularios como: el nivel de ingresos, la percepción del peligro, las recomendaciones para medidas urgentes, la cobertura de los servicios públicos y el índice de carencia de la vivienda.

9.1.1 INVENTARIO DE VIVIENDAS

Se realizó dentro del estudio, un inventario de viviendas para la evaluación de la vulnerabilidad que consistió en el diligenciamiento de un formato que contiene las principales características de cada vivienda. La información contemplada en el formato incluye entre otros, datos sobre: área construida, estado actual de la construcción, sistema estructural, uso de la edificación, ingresos familiares y cobertura de servicios (figura 38). Todos tendientes a establecer la exposición y la resistencia de las construcciones y la capacidad de reacción de los habitantes en caso de presentarse deslizamiento.

Figura 39. Indicadores de Índice de Vulnerabilidad social.

	ACUEDUCTO	LUZ	ALCANTARILLADO
Numero de viviendas	3	3	3
Tienen el servicio	1	3	1
No tienen el servicio	2	0	2
% carencia	0	0	66.66
Promedio	66.66		
Indice de servicios	0.666		



TIPO DE VIVIENDA	SISTEMA ESTRUCTURAL	No. DE VIVIENDAS	%
ADECUADO	MUROS PORTANTES	0	0
	PORTICO	0	0
	PORTICO CON TABIQUES	0	0
	ENTRAMADO TABIQUES	0	0
INADECUADO	SISTEMA MIXTO	3	100
	DE RECUPERACION	0	0
		3	100

Fuente: Resultado del estudio.



En el Anexo se presenta copia de los respectivos soportes del inventario.

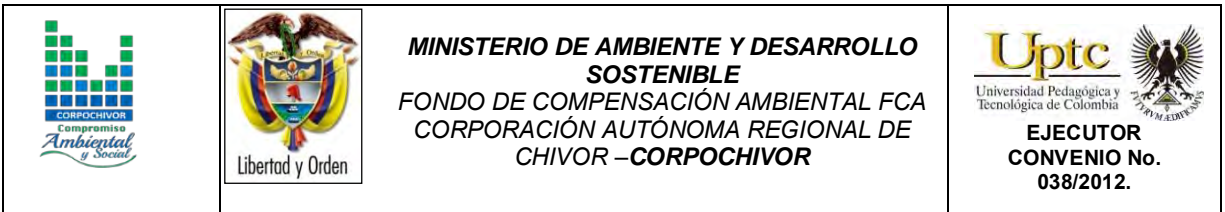
En el sector, se encuentran 3 viviendas en la zona afectada, las cuales presentan un grado de Vulnerabilidad alto, ya que se encuentran en la zona directa del deslizamiento generando una mayor percepción de riesgo.

9.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Se define vulnerabilidad con relación a los siguientes aspectos:

La **vulnerabilidad estructural** o física describe el grado hasta el cual una estructura es susceptible de ser dañada o alterada en una situación de peligro.

La **vulnerabilidad social** se definió como la capacidad de respuesta de la población ante la ocurrencia de un evento que ocasione daños, en este sentido se tomaron como componentes de análisis la capacidad económica de los pobladores, la cobertura de servicios públicos, las organizaciones cívicas, la tipología de las viviendas, y el nivel de conocimiento que los habitantes tienen del problema o potenciales repercusiones que este ocasiona o puede ocasionar sobre sus viviendas. Aunque la capacidad de respuesta de la comunidad involucra el estudio de otros aspectos como la organización del Municipio en lo referente a la Alcaldía, juntas de Acción comunal, puesto que estas son las encargadas de actuar como intermediarias entre la comunidad y las entidades del Departamento y de esa manera dar a conocer los procedimientos a seguir ante la ocurrencia de un desastre como un flujo de material en la zona



La **vulnerabilidad humana** es la falta relativa de capacidad de una persona o comunidad para prever un peligro, hacerle frente, resistirlo y recuperarse de su impacto. Entre los factores que incrementan la vulnerabilidad humana a los desastres se encuentra la falta de planificación en el desarrollo o crecimiento de la infraestructura, el crecimiento demográfico, la falta de conocimientos acerca de cómo actuar frente a los efectos de los desastres y la pobreza.

De todos los factores, es probable que la pobreza constituya el origen de la vulnerabilidad de la mayoría de la población en el sector, al impacto de la mayoría de las amenazas o peligros.

La vulnerabilidad es el nivel de pérdida de un conjunto dado de elementos, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno. Los elementos que pueden ser afectados dentro de las áreas de ocurrencia de la amenaza; se tienen vías, construcciones, infraestructura, población, cultivos entre otros.

9.2.1 Tipificación de las Estructuras

En forma general la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto. La primera variable ya se tuvo en cuenta en la evaluación de la Amenaza; para la segunda variable (resistencia del elemento expuesto), se tipifican las viviendas teniendo en cuenta los criterios de resistencia de la estructura Tabla 32.



		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p align="center">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
---	---	--	--

Tabla 32. Criterios de resistencia de la estructura

TIPO DE SOLICITACION	MODOS DE DAÑO	CRITERIO DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA
DESPLAZAMIENTOS LATERALES	Transporte, deformación, asentamientos ruptura	Profundidades de la cimentación arriostamiento de la estructura altura de la estructura
EMPUJES LATERALES	Deformación ruptura	Profundidad de la cimentación Refuerzo
IMPACTOS	Deformación ruptura	Refuerzo

Fuente: Resultado del estudio.

10.2.2 Calificación de los daños:

De acuerdo a la Metodología propuesta, para calificar los daños producidos en la zona por los Fenómenos de Remoción en Masa (FRM), se sigue con el criterio DRM (Delegation Aux Risques Majeurs), el cual divide los daños en cinco (5) categorías, como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 33. Categorías de los daños.

INDICE DE DAÑO	TIPO DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
1	Daños ligeros no estructurales. estabilidad no afectada	0.0 – 0.1
2	Figuración de paredes (muros). reparaciones no urgentes	0.2 – 0.3
3	Deformaciones importantes. daños en elementos estructurales	0.4 – 0.6
4	Fracturación de la estructura. evacuación inmediata	0.7 – 0.8
5	derrumbe parcial o total de la estructura	0.9 – 1.0

Fuente: DRM (Delegation Aux Risques Majeurs).



La vulnerabilidad física de las viviendas ubicadas en la zona de estudio, se puede evaluar teniendo en cuenta aspectos sobre tipología de viviendas, la cobertura de servicios públicos y la calidad de la construcción.

Con fines prácticos para la elaboración de este trabajo, se optó por evaluar la vulnerabilidad de las viviendas a partir del grado de exposición de estas ante el fenómeno amenazante (Índice de Exposición IE) y el comportamiento de las construcciones en tales circunstancias (Índice de Resistencia, IR), siguiendo la siguiente metodología:

Se determinó la ubicación de la vivienda frente al deslizamiento

Se calcularon los índices de resistencia

Con los índices de resistencia y el grado de exposición, se obtuvo la resistencia movilizada, mediante la siguiente fórmula:

$RM = (1 - IR^{IE})^{(1 - IE)}$, (Expresión matemática propuesta por INGEOCIM, 1998 y modificada por Lara, 2002). Dónde:

RN: Resistencia Movilizada

IR: Índice de Resistencia

IE: Índice de Exposición

9.3 INDICE DE EXPOSICION (IE)

Esta variable cobra importancia dentro del análisis de vulnerabilidad física, si y solo si los elementos se encuentran dentro de la zona de influencia de los eventos de flujo (es decir, expuestos) y pueden ser atacados por ellos.

La determinación del índice de exposición, involucró conocer el tipo de fenómeno a estudiar, y su distribución espacial. El límite externo de la zona de influencia directa, se obtiene a partir de la modelación del deslizamiento; se asignó el índice de exposición intentando considerar la magnitud de los eventos y su sollicitación sobre los elementos expuestos.

Con base en la localización de viviendas dentro de las áreas de distribución espacial en la zona de deslizamiento, se asigna el número de exposición, intentando considerar la magnitud de los eventos y su sollicitación, sobre los elementos expuestos teniendo en cuenta la superficie de contacto SC que el desplazamiento de material pudiera provocar, el valor de esta factor se tomó como porcentaje de la altura total de la vivienda, que sería cubierto por el material desplazado. H_f = Altura de flujo y H_v : Altura de vivienda.

Tabla 34. Índice de Exposición

RANGO	SC
$H_f < 1/3 H_v$	0.09
$1/3 H_v < H_f < 2/3 H_v$	0.40 a 0.60
$2/3 H_v < H_f < H_v$	0.75

Fuente: Resultado del estudio.

9.3.1 INDICE DE RESISTENCIA (IR)

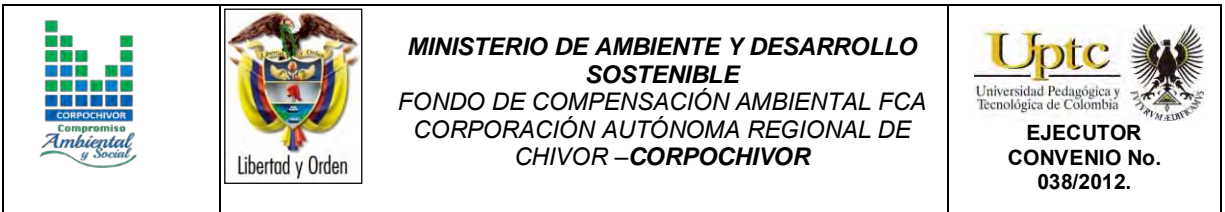
En términos generales, la importancia de evaluar la vulnerabilidad, radica en que a mayor resistencia de los elementos, la vulnerabilidad física es menor. Aunque la resistencia de la vivienda como conjunto está determinada por la de sus componentes, en el presente estudio, se estimó un comportamiento integral asociado a la clase de sistema estructural. En la figura 3 se muestra el tipo de cubierta, estructura de techo, estructura del piso y sistema estructural.

De acuerdo a la concepción de cualificar el comportamiento de las viviendas, estas fueron discriminadas según el sistema estructural, la calidad de sus materiales y su calidad constructiva en:

Recuperación y palafitos. Incluye viviendas construidas con sistemas muy precarios en madera y sin un correcto sistema de transmisión de cargas al suelo de cimentación; en materiales como cartón, lata y madera; sin sistemas de cimentación, con techos en Zinc, madera, lata, cartón y mixtos; la calidad se considera baja.

Prefabricados. Son viviendas modulares en concreto, de media a baja calidad constructiva sobre placas delgadas del mismo material; la estructura del techo es en madera y su cubierta en teja de asbesto – cemento.

Vivienda en mampostería: Contempla todas las viviendas de uno a tres pisos, cuyos muros son en mampostería con diferentes tipos de elementos de amarre estructural, donde ellos hacen las veces de unidades de soporte. Con calidad



constructiva que oscila desde alta hasta regular, la cubierta generalmente es de asbesto cemento, teja de zinc o de barro.

Vivienda hasta dos niveles: de buena calidad de construcción, con estructura. Estas unidades involucran sistemas aporticados con placas de entrepisos cuyos materiales de cubierta pueden ir desde la teja de asbesto - cemento hasta concreto.

El índice de resistencia utilizado para evaluar la vulnerabilidad, se midió a partir de las componentes del sistema estructural de las viviendas como son: Cubierta, **C**, la estructura del techo, **T**, y el tipo del sistema estructural **SE** y el tipo de material constitutivo de cada componente.

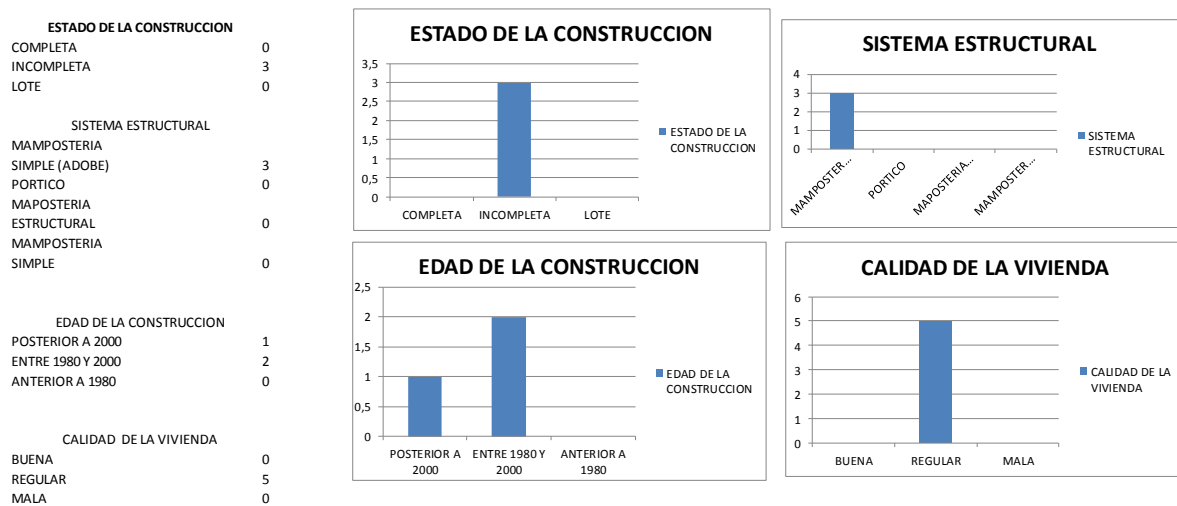
A las variables mencionadas se les asignó un grado de contribución a la resistencia, simulando que en todos los casos la sollicitación más crítica es por presiones laterales, así:

Tipo de Cubierta: Se considera arbitrariamente que esta puede aportar un 20% de la resistencia de la vivienda ante un evento de deslizamiento o flujo de lodos. En el área de estudio predominan las cubiertas en teja de barro y Zinc (Figura 35).

Estructura de la cubierta. El material de la estructura del techo fue incluido como elemento aportante de un 20% de la resistencia total de la vivienda.

Sistema Estructural: Otra de las variables involucradas es el tipo de sistema estructural de la vivienda, siendo este el elemento considerado con mayor aporte a la resistencia que podría ofrecer la vivienda 60%. La figura 39 muestra la composición de las viviendas por sistema estructural según los datos obtenidos en la encuesta, las viviendas no cuentan con sistema estructural.

Figura 40. Tipología de viviendas



Fuente: Resultado del estudio.

La tabla 7 contiene los valores asignados, de ella se aprecia que las unidades construidas en concreto reciben las mayores calificaciones (0.85)

De acuerdo a esto, el Índice de Resistencia se definió a partir de la siguiente relación:

$$IR = 0.2 * C + 0.2 * T + 0.6 * SE \text{ Donde:}$$

IR = Índice de Resistencia

C = Valor asignado para cada tipo de cubierta

T = Valor asignado para tipo de Estructura de techo

SE = Valor asignado para tipo de Sistema Estructural

Tabla 35. Factores de Ponderación

VALORES ASIGNADOS PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS								
CUBIERTA			ESTRUCTURA DE TECHO			SISTEMA ESTRUCTURAL		
COD.	TIPO	FACTOR PONDERACION	COD.	TIPO	FACTOR PONDERACION	COD.	TIPO	FACTOR PONDERACION
1	TEJA DE BARRO	0.4	1	CONCRETO REFORZADO	0.9	1	MUROS PORTANTES	0.75
2	ASBESTO CEMENTO	0.5	2	METALICO	0.9	2		0
3	ZINC	0.2	3	MADERA	0.55	3		0.75

Fuente: Resultado del estudio.

9.3.2 INTENSIDAD E INDICE DE DAÑO

Los perjuicios que se producirían sobre las unidades, están condicionados por dos variables: La variable exposición y la variable resistencia; la primera involucra el tipo de evento (Deslizamiento, flujo), la localización de las viviendas frente al mismo y la sollicitación que el proceso ejerza sobre los componentes; el segundo involucra la calidad, propiedades y atributos de las viviendas, las cuales dependen del tipo de tipología. Estas variables se incluyen en la matriz de Intensidad de Daño (InD). (Ver Tabla 35). Esta Intensidad cuantifica desde muy baja (I), hasta muy alta (V) y se formula como un Índice de Daño (ID), que representa el porcentaje de destrozos en

la vivienda. La reciprocidad entre las variables InD e ID, fue establecida por el DRM (Delegation Aux Risques Majeurs) y se consigna en la Tabla 36.

Tabla 36. **Matriz para la determinación intensidad de daño.**

MATRIZ PARA LA DETERMINACION D E LA INTENSIDAD DE DAÑO							
EVENTO	SOLICITACION		TIPO DE VIVIENDA				
			RECUPERACION	MUROS	PREFABRICADA	PORTICOS	LOTE VACIO
DESIZAMIENTOS, FLUJOS DE LODOS	PRESIONES LATERALES	SC < 1/3 < SE	IV	III	II	II	IV
		1/3 SE < SC < 2/3 SE	IV	III	II	II	IV
		2/3 SE < SC < SE	V	V	IV		V
	ACUMULACIONES	CUBIERTA PARCIALMENT	IV	III	III	II	V
		CUBIERTA TOTALMENTE	V	V	IV	III	V

SC = SUPERFICIE DE CONTACTO
SE = SUPERFICIE EXPUESTA

Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 37. **Determinación índice de daño.**

DETERMINACION DEL INDICE DE DAÑO			
INTENSIDAD DE DAÑO (InD)		INDICE DE DAÑO (ID)	DESCRIPCION
I	MUY BAJA	0.055	DAÑOS LIGEROS NO ESTRUCTURALES, ESTABILIDAD NO AFECTA
II	BAJA	0.115	FISURACION DE MUROS, REPARACIONES
III	MEDIA	0.50	DEFORMACIONES IMPORTANTES, FISURAS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES
IV	ALTA	0.75	FRACTURAMIENTO DE LA ESTRUCTURA, EVACUACION INMEDIATA
V	MUY ALTA	0.95	COLAPSO PARCIAL O TOTAL DE LA ESTRUCTURA

Fuente: Resultado del estudio.

El porcentaje de daño o índice de pérdidas (IP) lo define Leone, como:

$$IP = \frac{(Vi - Vf)}{Vi}$$

Donde,

Vi : Valor inicial del bien (antes del evento).

Vf : Valor final del bien (después del evento).

Para el sector, las viviendas que se encuentran dentro de la zona del deslizamiento, con un porcentaje de Deformaciones Importantes, con daños en elementos estructurales. Estos daños son producidos por la deficiencia en las construcciones, ya que no cuentan con ningún tipo de estructura que cumpla con la Norma NSR-10.

Para el caso en estudio, la solicitud corresponde a deformaciones moderadas altas a los desplazamientos laterales, que se pueden catalogar como moderados (VM3), de otra parte la infraestructura localizadas en la parte baja la solicitud es (PL1) que son presiones laterales altas.

9.4 EVALUACION Y GENERACION DE ESCENARIOS DE RIESGO

En particular, se puede llamar la atención sobre la existencia de lugares de riesgo Medio mediante la representación de sitios críticos.

La formulación de escenarios de riesgo comprende la estimación de pérdidas y daños que se puede sufrir ante la ocurrencia de un evento asociado a los riesgos identificados, para lo cual se tomó como Escenario de Riesgo ante deslizamiento generado por el incremento de la precipitación en la zona, trabajando con la Matriz de Zonificación de Riesgo (Cardona). (Ver Mapa de Riesgos).

Tabla 38. Matriz para escenarios de riesgo.

		NIVELES DE VULNERABILIDAD					
		MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO		
		4	3	2	1		
NIVELES DE PELIGRO	MUY ALTO	4	4	3	ALTO	3	ALTO
	ALTO	3	4	3	ALTO	2	MEDIO
	MEDIO	2	3	2	MEDIO	2	MEDIO
	BAJO	1	3	2	MEDIO	1	BAJO
		NIVELES DE RIESGO ANTE DESLIZAMIENTOS					

Fuente: Matriz de Zonificación de Riesgo (Cardona).

9.4.1 RESULTADOS DE ENCUESTAS

En el proyecto se elaboraron encuestas para evaluar la vulnerabilidad social en las viviendas encontradas en el sector. La encuesta incluía preguntas relacionadas con las características generales de las viviendas.

Dentro de los elementos expuestos se encuentran tres viviendas en el área de influencia del movimiento. Las viviendas del sector fueron censadas.

Tabla 39. Número de integrantes por familia

FAMILIA	No. INTEGRANTES
MARCO ANTONIO PAEZ CANTOR	2
LUIS ALEJANDRO CAMARGO	3
PUREZA PRIETO	1

Fuente: Resultado del estudio.

Fotografía 26. **Se observa el desplazamiento del material**



Fuente: Registro Fotográfico.

En la zona en general se observa el desplazamiento del material, con formación de escarpes, grandes terracetas y agrietamientos en toda la zona afectada.



10. OBRAS RECOMENDADAS

Los planes de prevención, mitigación, monitoreo y mantenimiento son presentados en detalle en el Anexo 10 (Diseño de Obras) , que forma parte de este documento.




El presupuesto general se encuentra adjunto en el anexo 11 (Presupuesto y especificaciones técnicas de obras) y los planos de ubicación y detalle de las obras propuestas para control y mitigación de los FRM se presentan en el anexo 12 de este documento (Planos Obras Recomendadas).

En la memoria digital del presente estudio se presenta una hoja de cálculo correspondiente al presupuesto de las obras propuestas y el análisis detallado APU. Dicha hoja puede ser modificada por la entidad contratante correspondiente para modificación de AIU, precios unitarios, costos de transporte a los sitios de obra y demás ajustes que sean considerados por dicha entidad.




11. CONCLUSIONES.

- Se clasifica el proceso como deslizamiento compuesto ya que su control estructural resulta en superficies de ruptura irregulares e incluye un movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento a lo largo de una superficie de debilidad casi horizontal, paralela a la estratificación, el proceso es activo remontante, y su velocidad es lenta, presenta un área aproximada de 91528,6 m² con una profundidad promedio de 4 m, las causas posibles pueden ser, por material plástico débil detonado por lluvias, por el mal manejo del suelo relacionado con matorrales, cultivos, uso agrícola, ganadería; los daños presentes en el área de las viviendas, áreas agrícolas y para pastoreo, erosión y deforestación son producto del desarrollo del deslizamiento. Se presenta entre la Formación Conejo (Kscn), la Formación Labor y Tierna (Kg1) y el Deposito Coluvial (Qc).

- La comunidad en particular recomienda que se tomen acciones frente a las filtraciones de agua que se dan desde la parte alta del movimiento y que se le oriente al campesino en como desde su cotidianidad contribuir a la mitigación de los riesgos de deslizamiento.

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	--	---

- Se recomienda que los organismos responsables desarrollen o preparen planes de contingencia adecuados que les permita a la población afrontar el riesgo. Preparándolos actuar ordenadamente, indicando sitios a dónde acudir, rutas de evacuación, entre otras.

		<p align="center">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
---	---	--	---

12. RECOMENDACIONES.

- Una vez se realice la reparación de las vías afectadas se deben implementar sistemas de drenaje que permitan el correcto drenaje de las mismas, mediante filtros o cunetas.
- Se debe generar un sistema de captación del agua subsuperficial mediante sistemas de trincheras drenantes.
- Se recomienda la construcción de una serie de cunetas para la captación de agua de escorrentía. (ver ubicación en Anexo 12).
- Deberá ser revegetalizada el área afectada con el fin de evitar fenómenos erosivos, que puedan desencadenar fenómenos de remoción en masa.
- Se deberán amojonar puntos de la zona del deslizamiento para realizar control semestral de los desplazamientos del mismo.

13. BIBLIOGRAFÍA

Cuello, N., T.J. Killeen, C.V. Antezana. 1991. Línea de intercepción, una metodología apropiada para el estudio de las sabanas tropicales. en: C. Miranda, D. Restrepo, y E. Castellano (Eds.). Memoria del Curso de Vegetación y Ecología Tropical con un énfasis en los métodos.

metodologfa CORINELand Cover adaptada para Colombia 2010

Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.

Foster, B. R., N. C. Hernández, E., E. K. Kakudidi y R. J. Burnham. 1995. Un método de transectos variables para la evaluación rápida de comunidades de plantas en los trópicos. Manuscrito no publicado. Chicago: Environmental and Conservation Programs, Field Museum of Natural History; and Washington, D. C.: Conservation Biology, Conservation International.

APG II. The Angiosperm Phylogenetic Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141 (4): 399–436.



Freire Fierro, A. 2004. Botánica Sistemática Ecuatoriana. Missouri Botanical Garden, FUNDACYT, QCNE, RLB y FUNBOTANICA. Murray Print, St. Louis. 79-91.

León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Inst. Interamericano de cooperación para la agricultura. 1-445.

Scagel, R.F.; Bandoni, R.J., Rouse; G.E., Schofield, W.B.; Stein, J.R. & T.M.C., Taylor.1983. El Reino Vegetal. Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 1-659.

THOMSON, Eugene P. Odum, Gary W. Warret. *Fundamentos de Ecología*. 5ª Edición, 2006.

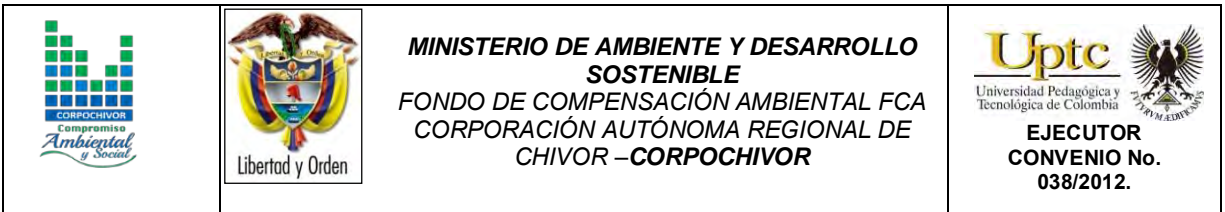
Adaptado de Leone (1996)

Cardona – Arboleda O. (1989). VULNERABILIDAD Y RIESGO POR DESASTRE – TERMINOS DE USO COMUN EN MANEJO DE RIESGO. Primer taller de planificación en manejo de desastres. ONAD – Colombia – Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Cruden, D. y Varnes D. (1991) Landslides types and processes. Universidad de Alberta.

INGEOMINAS. Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa. - Guía Metodológica. 2001.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN LA VEREDA PAECES, QUEBRADA LA ROSA, MUNICIPIO DE JENESANO, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



Leone, F (1999) Concept de Vulnerabilite Appliquea L'évaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain. Tesis de Doctorado, Universidad de Grenoble.