



INFORME FINAL

**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD)
Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL
MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, 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.
INTRODUCCION.....	9
1 GENERALIDADES	10
1.1 PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)	10
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
1.2.1 Objetivo General.....	11
1.2.2 Objetivos Especificos	12
1.3 LOCALIZACIÓN.....	14
1.4 PERSONAL.....	14
1.5 DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS	15
1.5.1 Trabajo de campo.....	16
1.5.2 Análisis de Laboratorio	18
1.5.3 Trabajos de Oficina	19
1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS.....	19
1.7 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	20
1.8 ESTADO DE LA INFORMACIÓN	21
2 ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS	23
2.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....	24
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	32
2.5 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP).....	46
2.5.1 Formula de J. B. García y J.D. López.....	46
2.6 ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO.....	48
2.6.1 Metodología.....	48
2.7 RESULTADOS OBTENIDOS	51
2.8 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO APARTIR DE LAS CURVAS IDF	54
2.8.1 Resultados.....	54
2.9 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA	55
3 GEOLOGIA.....	60
3.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	60

3.2	ESTRATIGRAFÍA.....	60
3.2.1	Formación Guaduas (Ktg).....	61
3.2.2	Depósitos Cuaternarios.....	61
3.2.2.2	Depósitos Coluviales (Qc).....	62
3.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	63
3.3.1	Tectónica.....	63
4	GEOMORFOLOGÍA.....	65
4.1	ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO.....	65
4.2	PROCESOS MORFODINÁMICOS.....	67
4.2.1	Erosión del suelo por Sufusión Piping Tubificación.....	67
4.3	INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES.....	70
4.4	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	72
4.4.1	Geoformas de Origen Denudacional.....	72
4.5	MORFODINÁMICA - INTENSIDAD DE EROSIÓN.....	75
4.6	USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO.....	77
4.6.1	Metodología.....	79
4.6.2	Estudio de la flora.....	81
4.6.3	Área de influencia del estudio.....	83
4.6.4	Unidades de cobertura vegetal.....	103
5	HIDROGEOLOGÍA.....	107
5.1	Unidades Hidrogeológicas.....	107
5.1.1	Acuífero.....	107
5.1.2	Acuitardo.....	107
5.1.3	Acuicierres.....	108
5.2	MARCO HIDROLÓGICO GENERAL.....	109
5.2.1	Unidad I (Permeabilidad Media).....	109
5.2.2	Unidad II (Permeabilidad Baja).....	109
6	ESTUDIO GEOELÉCTRICO (TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA)	
	110	
6.1	INTRODUCCION.....	110
6.2	OBJETIVO.....	113
6.3	PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.....	113
6.3.1	Resistividad Aparente:.....	113
6.3.2	Dispositivos:.....	116
6.4	METODOLOGIA.....	117
6.4.1	TOMOGRAFIA N°1.....	119
6.4.2	Resultados.....	122
7	GEOTECNIA.....	123

7.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	123
7.1.1	Sondeos geotécnicos	123
7.1.2	Exploracion directa del sub suelo	124
7.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO	128
7.2.1	Trabajos de Laboratorio	128
7.2.2	Resumen de resultados.....	131
7.3	CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS	132
7.4	CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO.....	134
7.5	CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	137
7.5.1	Causas Reales	137
7.5.2	Causas Inmediatas.....	137
7.6	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA	139
7.6.1	Análisis estructuralmente no controlado	142
7.6.2	Modelo perfil B –B ´	143
8	ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	146
8.1	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS	146
8.2	RESULTADO DE ANALISIS.....	148
8.3	ANALISIS DE AMENAZA	149
9	EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO	154
9.1	VULNERABILIDAD.....	154
9.2	INVENTARIO DE VIVIENDAS.....	155
9.3	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	156
9.3.1	Tipificación de las Estructuras	158
9.4	CALIFICACIÓN DE LOS DAÑOS.....	158
9.4.1	Índice de exposición (IE)	160
9.4.2	Índice de resistencia (IR).....	161
9.4.3	Intensidad e índice de daño.....	164
9.5	EVALUACIÓN Y GENERACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	167
9.6	RESULTADOS DE ENCUESTAS.....	168
10	OBRAS RECOMENDADAS	171
11	CONCLUSIONES.....	172
12	RECOMENDACIONES.	173
13	BIBLIOGRAFÍA.....	174

LISTAS DE FOTOGRAFÍAS.

Pág.

Fotografía 1. Exploración directa del subsuelo (SPT)	17
Fotografía 2. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio.....	86
Fotografía 3. Prunus domestica cobertura presente en la zona de estudio.....	89
Fotografía 4. Pastos y árboles plantados presentes En La Zona De Estudio.....	90
Fotografía 5. Cultivos agroforestales ubicados en el casco urbano del municipio de Turmequé.....	94
Fotografía 6. Pastos en estado de sobrepastoreo e inicio de etapa de erosión.....	95
Fotografía 7. Bosque forestal de Eucalyptus pellita presente en el municipio de Turmequé	99
Fotografía 8. Arbustal abierto mesofilo presente en el municipio de Turmequé.....	103
Fotografía 9. Parte alta del deslizamiento.....	119
Fotografía 10. Parte media del deslizamiento	120
Fotografía 11. Apique en la parte baja de la zona de estudio.....	125
Fotografía 12. Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada.....	130
Fotografía 13. Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo.....	131
Fotografía 14. Inclinación de la vegetación y cercas ocasionada por el movimiento	136
Fotografía 15. Grietas en las casas	136
Fotografía 16. Sembradíos y grietas de tracción en el movimiento	138
Fotografía 17. Viviendas ubicadas en la zona de deslizamiento	149
Fotografía 18. Estado de las viviendas	151
Fotografía 19. Zona de reptamiento en parte alta de carrera 2 ^a	152
Fotografía 20. Desplazamiento del material.....	169
Fotografía 21. Tipo constructivo utilizado.....	169
Fotografía 22. Inclinación de los arboles.....	170

LISTAS DE TABLAS.

Pág.

Tabla 1. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).	29
Tabla 2. Escorrentía Estación Turmequé, suelos tipos OL y ML	31
Tabla 3. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación para el área de estudio.	33
Tabla 4. Precipitación media multianual mensual.	34
Tabla 5. Rangos de temperatura Turmequé.....	47
Tabla 6. Valores de Evapotranspiración.....	47
Tabla 7. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R) y precipitación (P) Estación Turmequé.	50
Tabla 8. Estimación del Balance Hídrico.....	52
Tabla 9. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca.	59
Tabla 10. Clasificación de las pendientes.	71
Tabla 11. Descripción geomorfológica.	75
Tabla 12. Unidades de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio del municipio de Turmequé	106
Tabla 13. Resistividades de algunos suelos y rocas.	116
Tabla 14. Resistividad de los materiales presentes.....	120
Tabla 15. Coordenadas de los apiques realizados.....	124
Tabla 16. Resumen ensayos de laboratorio	133
Tabla 17. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá	141
Tabla 18. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica.....	142
Tabla 19. Valores de propiedades físicas y mecánicas utilizadas en los modelos de estabilidad.	143
Tabla 20. Factores de seguridad para el modelo del perfil B-B'	145
Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas inestables. ..	147
Tabla 21. Categorización de amenazas por (F.R.M)	148
Tabla 22. Categorización de amenaza por (F.R.M) según nsr-10	148
Tabla 23. Criterios de resistencia de la estructura.....	158
Tabla 24. Categorías de los daños.	159
Tabla 25. Índice de Exposición	161
Tabla 26. Factores de Ponderación	164
Tabla 27. Matriz para la determinación de la intensidad de daño.....	165
Tabla 28. Determinación del índice de daño	166
Tabla 29. Matriz para escenarios de riesgo.....	168
Tabla 30. Número de integrantes por familia.....	168
Tabla 31. Formulario de inventario de viviendas	¡Error! Marcador no definido.

LISTAS DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Localización	14
Figura 2. Organigrama	15
Figura 3. Gráfico de precipitación media multianual mensual.....	37
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.....	38
Figura 5. Precipitación media mensual estación Turmequé (2009).....	39
Figura 6. Precipitación media mensual estación Turmequé (2010).....	40
Figura 7. Precipitación media mensual estación Turmequé (2011).....	41
Figura 8. Isoyetas mes de enero y febrero	42
Figura 9. Isoyetas mes de marzo y abril.....	43
Figura 10. Isoyetas mes de mayo y junio	44
Figura 11. Isoyetas Julio Agosto	44
Figura 12. Isoyetas mes de Septiembre y Octubre.....	45
Figura 13. Isoyetas mes de Noviembre y Diciembre	46
Figura 14. Comportamiento de las curvas del balance hídrico.	53
Figura 15. Figura ilustrativa de la microcuenca rio Miuncha.	58
Figura 16. Imagen Mapa Geológico	62
Figura 17. Fotografías pertenecientes al vuelo 2804- 16,17. IGAC, durante los años 90. 66	
Figura 18. Esquema de la erosión del suelo por Tubificación 1.....	68
Figura 19. Esquema del movimiento, perfil tubificación 1	68
Figura 20. Esquema de la erosión del suelo por Tubificación 2.....	69
Figura 21. Esquema del movimiento, perfil tubificación 2.....	70
Figura 22. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.	71
Figura 23. Imagen del Mapa geomorfológico.	72
Figura 24. Imagen del Mapa erosión.....	77
Figura 25. Imagen mapa de uso y cobertura del área de estudio	84
Figura 26. Criterios para la clasificación de los bosques	98
Figura 27. Imagen del mapa hidrogeológico del mapa de estudio.....	108
Figura 28. Principio teórico de operación de las TER's.	111
Figura 29. Rangos de resistividad para diferentes materiales.	112
Figura 30. Dispositivo Wenner.	117
Figura 31. Perfil 1 tomografía.	121
Figura 32. Perfil litológico 1	122
Figura 33. Exploración Geotécnica	126
Figura 34. Sondeo Geotécnico N° 3.....	127
Figura 35. Límites de Atterbeg	129
Figura 36. Vista en planta de los movimientos respecto a las edificaciones.....	135
Figura 37. Perfil geológico B-B'	144
Figura 38. Modelo de análisis perfil B-B'	144
Figura 39. Ubicación de la zona.....	153
Figura 40. Indicadores de Índice de Vulnerabilidad social.....	156

Figura 41. Tipología de viviendas	163
Figura 42. Modelo Geológico - Geotécnico Perfil 1.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 43. Modelo Geológico - Geotécnico Perfil 2.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 44. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil 1.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 45. Distribución de los FS para el escenario actual en la condición extrema del Perfil 4.	¡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 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA
 - MAPA 8 ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA
 - MAPA 9 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA
 - MAPA 10 VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL
 - MAPA 11 ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR FRM
- ANEXO 2 - ANÁLISIS FOTO INTERPRETACIÓN
- ANEXO 3 - RESULTADOS DE LABORATORIO
- ANEXO 4 - CARTERAS TOPOGRAFICAS
- ANEXO 5 - HIDROLOGIA
- ANEXO 6 - CURVAS IDF
- ANEXO 7 - FICHAS DE INVENTARIO DE PROCESOS GEOMORFOLOGICOS
- ANEXO 8 - ENCUESTAS SOCIOECONOMICAS
- ANEXO 9 - FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE VULNERABILIDAD FISICA
- ANEXO 10 – DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION, PROTECCION Y RECUPERACION
- ANEXO 11 - RESULTADOS DE SEV

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

INTRODUCCION.

Debido a las altas temporadas invernales que están ocurriendo en Colombia, las precipitaciones han ocasionado gran afectación en las estructuras de tipo geomorfológico provocando inundaciones y diversos fenómenos de remoción en masa, como flujos torrenciales que ocasionan daños en las laderas aumentando así el riesgo y haciendo que las edificaciones y estructuras viales presenten mayor vulnerabilidad.

Algunos eventos de ocurrencia estacional, se vieron incrementados en su capacidad de daño, por el incremento de las precipitaciones, dando lugar a movimientos en masa de grandes proporciones que afectaron laderas de la mayoría de los municipios, resaltándose lo ocurrido en las provincias de Occidente, Norte, Gutiérrez, Valderrama y Sugamuxi. La ocurrencia de "enjambres" de deslizamientos, permite datar relativamente por memoria histórica y evidencias geomorfológicas, periodos de retorno de 40 o 45 años. De igual forma, las precipitaciones por eventos y acumuladas, ocurridas en las mismas provincias, sumadas las de Ricaurte, Centro, Márquez y Tundama, con llevaron a picos de escorrentía que provocaron desbordes e inundaciones de los valles intermontanos del territorio boyacense, siendo los más afectados los valles de Ubaté – Chiquinquirá, Tundama y Sugamuxi.

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

1 GENERALIDADES

1.1 PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)

Ante la permanente ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa 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, sus Decretos reglamentarios, el Decreto 919 de 1998, dispone que dentro del Sistema Nacional para la Atención de Emergencias o Desastres; corresponde al Comité Regional de Prevención y Atención de Desastres CREPAD el manejo de la cobertura departamental y al CLOPAD, cuando trata de eventos municipales.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

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. 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 el área urbana del municipio de turmequé, área afectada por fenómenos de remoción de masa. Municipio de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

1.2.2 Objetivos Específicos

- 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 2010, 2011 y 2012 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 (F.R.M) 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 el suelo con de fin de determinar la superficie de falla actual.

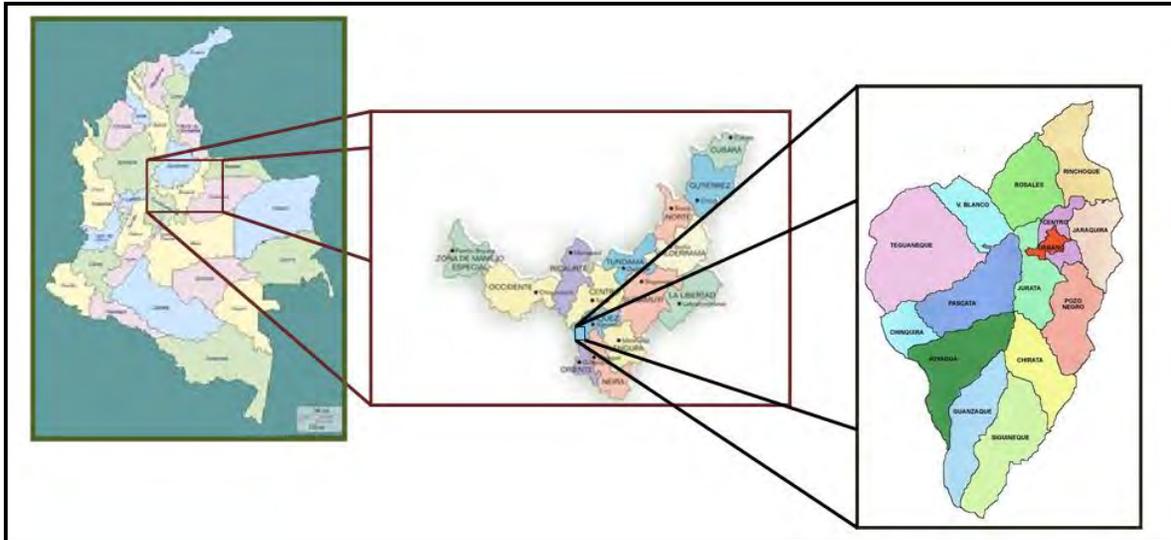
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

- 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.
- Implementar 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. Localización

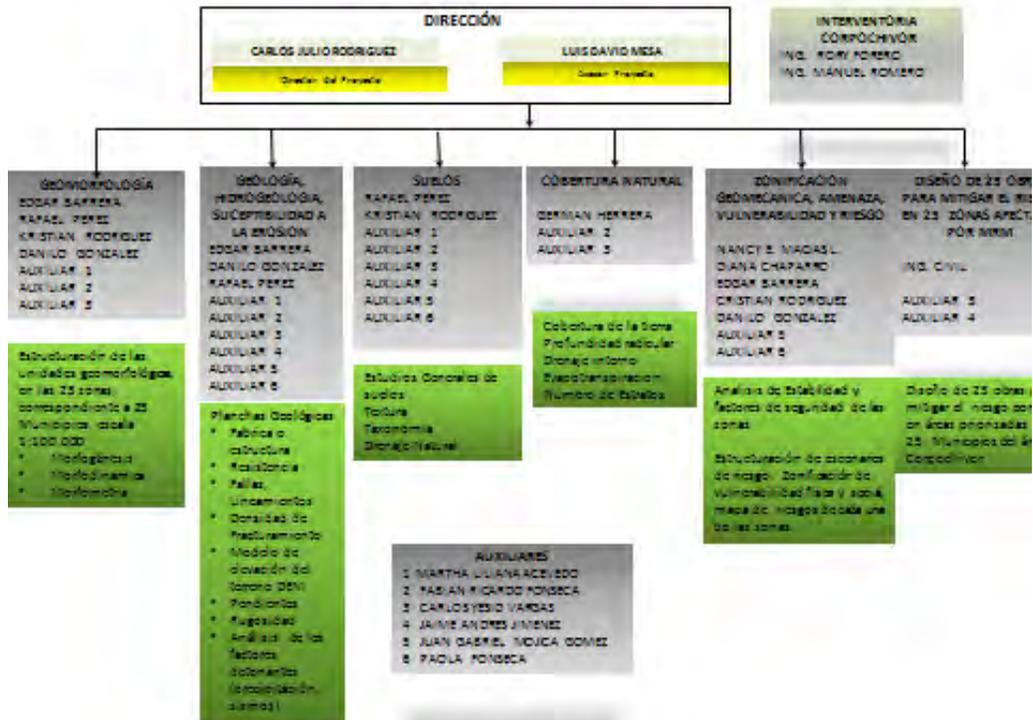


Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

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. Por parte de Corpochivor la interventoría técnica la cual ejerce supervisión con los Ingenieros Rory Forero y Manuel Romero.

Figura 2. Organigrama



1.5 DESCRIPCIÓN 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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

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 definir 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, como la realización de tomografías eléctricas.

El trabajo de campo consistió en:

- **Apiques y sondeos geotécnicos.** En total, se realizaron 3 apiques geotécnicos y 3 sondeos manuales por SPT (standar penetration test), en los que se tomaron muestras para análisis, cuya profundidad de exploración varió de los 2 a los 5 m.

Fotografía 1. Exploración directa del subsuelo (SPT)



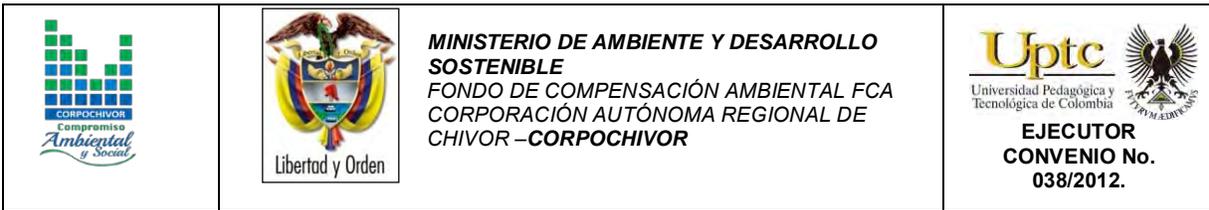
Fuente. Registro fotográfico

- 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: 250.

- 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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



geológico local (escala 1: 500). Con el fin de conocer en detalle la naturaleza del subsuelo, y la caracterización de cada uno de los FRM se realizó la exploración del subsuelo mediante la realización de apiques, perforaciones.

- **Tomografías geoelectricas.** En el área del estudio se realizaron tomografías Geoelectricas, que se ubicaron dentro de zona afectada por el Fenómeno de Remoción en Masa (F.R.M) y el área periférica; los que permitieron identificar parámetros de resistividad del subsuelo, interpretar la litología, definir algunas características hidrogeológicas y geotécnicas (anexo 2).

- **Diagnóstico estructural de viviendas.** Se realizó un inventario de 8 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 (anexo 5). 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.

1.5.2 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 encofinada , Corte Directo, Coeficiente de Permeabilidad Propiedades Físicas, Tilt Test, Carga por punta, Angulo de reposo.

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

1.5.3 Trabajos de Oficina

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

1. Recopilación y revisión de información,
2. Procesamiento y análisis de resultados,
3. Concepción del modelo de secuencia cronológica de los distintos eventos ocurridos,
4. Definición del mapa de Amenazas por movimientos en masa,
5. Análisis de estabilidad para las zonas homogéneas definidas,
6. Planteamiento de obras de control, manejo y recuperación del área afectada.

Las planchas geológicas del IGAC tomadas en cuenta, fueron la 191 y 210, a escala 1:100.000.; las fotografías aéreas de las líneas de vuelo C-2804, No. 79. Los datos de pluviometría del IDEAM de los años de 1959 a 2011, de la estación de Turmequé.

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,

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



mitigación y corrección de los efectos de los fenómenos de remoción en masa existentes.

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 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

A partir de la recopilación bibliográfica de estudios realizados en la zona en años anteriores por entidades del orden nacional, regional y local (EOT, POMCA) informes de visitas de emergencia, cartografía geológica y fotografías aéreas se adelantaron las siguientes actividades:

- Revisión y análisis de la información fotogeológica, con el fin de determinar estructuras, formaciones estratigráficas regionales y características litológicas generales de las áreas de estudio.
- Verificación, ajuste y complementación de la información de Unidades Geológicas Superficiales mediante trabajo de campo, haciendo una descripción y cartografía de las geoformas asociadas a las unidades geológicas. En el trabajo de campo se identificaron las características litológicas (composición, tamaño de grano, textura, compactación, color, etc.), su disposición estructural (afectación por fallamiento, grado de fracturamiento y plegamiento) y grado de meteorización, entre otros aspectos, a partir de los cuales se clasificaron las Unidades Geológicas Superficiales que se describirán posteriormente.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

- Evaluación y procesamiento de la información de campo, elaboración de mapas de Unidades Geológicas Superficiales, Geomorfología y movimientos en masa.
- Digitalización de mapas.
- Elaboración de la memoria técnica explicativa.

1.8 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: Tomografías eléctricas de subsuelo
- Hidrogeológica: niveles de agua, cartografía hidrogeológica, balance hídrico.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

Después de llevar a cabo la identificación de la información recopilada 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>MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p>EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2 ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS

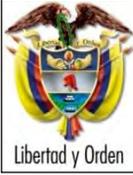
Desde el punto de vista biofísico, el clima es importante por su directa intervención en la evolución de los suelos y el paisaje. También por ser uno de los elementos o insumos necesarios para la determinación de las amenazas naturales y desde el punto de vista socioeconómico, por la influencia en la decisión de utilización de las tierras para determinados usos específicos utilizando el territorio.

Según la clasificación de Köppen, El área de estudio presenta un clima de tipo EH: Frío de alta montaña. Al igual que todas las regiones de la Zona Intertropical, el clima está influenciado solamente por la altitud y las corrientes oceánicas que causan leves variaciones de temperatura, las más significativas entre el día y la noche.

Cuenta con dos periodos de baja precipitación (diciembre a marzo y julio a septiembre) y dos periodos lluviosos (abril a junio y octubre a noviembre), que varían su intensidad según la influencia de los fenómenos de la Corriente de Humboldt que se presentan cada 2 o 3 años en los países del norte de Sudamérica.

El control climático está afectado principalmente por el factor altitud, común en la región tropical. La altitud a la que se encuentra, hace que se presente piso térmico frío montano bajo. Ocasionalmente corresponde a temperaturas entre los

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

10 y 15.5°C pero que ocasionalmente, pueden llegar a variar entre 4.5° en horas de la noche y 20.2°C en el medio día.

Se pueden definir dos periodos secos y dos lluviosos con precipitaciones promedio entre 700 y 900 mm anuales.

La presencia de vientos alisios que provienen de la región amazónica con características húmedas, penetran en los meses de julio y agosto haciendo que estos meses sean lluviosos.

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 sub-superficialmente y en el subsuelo dentro del área de estudio perteneciente al municipio de Turmequé 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

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

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

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

de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997).

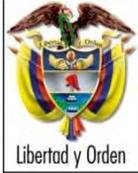
Lerner propone una clasificación similar pero un poco más completa sobre las fuentes de recarga:

1. Recarga directa o recarga difusa, proveniente del agua lluvia
2. Recarga concentrada o indirecta, producto de cauces permanentes, estacionales y efímeros.
3. Flujos laterales, procedentes de otros acuíferos
4. Retorno de riegos, excesos de riegos o las pérdidas en los canales de distribución
5. 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.

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

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.

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

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 SCS para la estimación del número de curva, que representa un coeficiente de escurrimiento para una zona, o una cuenca hidrológica (ver Tabla 4) (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	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
	Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84
R		Buena	63	75	83	87
R + CR		Pobre	64	75	83	86
R + CR		Buena	60	72	80	84
C		Pobre	63	74	82	85
C		Buena	61	73	81	84
C + CR		Pobre	62	73	81	84
C + CR		Buena	60	72	80	83
C + T		Pobre	61	72	79	82
C + T	Buena	59	70	78	81	

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
	C + T + CR	Buena	58	69	77	80
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamiento silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

Fuente. Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica (USSCS)

Dónde:

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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 aterrizados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos).

Tabla 2. Escorrentía Estación Turmequé, suelos tipos OL y ML

ESTACIÓN TURMEQUÉ						
P	R(ML)	R(OL)	CN (ML)	CN (OL)	S (ML)	S(OL)
30,29166667	30,29166667	30,29166667	45	66	310,4444444	130,8484848
52,24166667	52,24166667	52,24166667				
73,41666667	73,41666667	73,41666667				
69,625	69,625	69,625				
66,25	66,25	66,25				
70,58333333	70,58333333	70,58333333				
53,91666667	53,91666667	53,91666667				
80	80	80				
77	77	77				
78,5	78,5	78,5				
67,91666667	67,91666667	67,91666667				
70,95833333	70,95833333	70,95833333				
63,70833333	63,70833333	63,70833333				
83,33166667	83,33166667	83,33166667				
97,66666667	97,66666667	97,66666667				
68,25	68,25	68,25				
70,86666667	70,86666667	70,86666667				
70,96083333	70,96083333	70,96083333				
110,6666667	110,6666667	110,6666667				
83,16666667	83,16666667	83,16666667				
83,08333333	83,08333333	83,08333333				
95,58333333	95,58333333	95,58333333				
73,25	73,25	73,25				
80,33333333	80,33333333	80,33333333				
91,25	91,25	91,25				
91,61666667	91,61666667	91,61666667				
78,4	78,4	78,4				
85,09166667	85,09166667	85,09166667				
86,71666667	86,71666667	86,71666667				

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

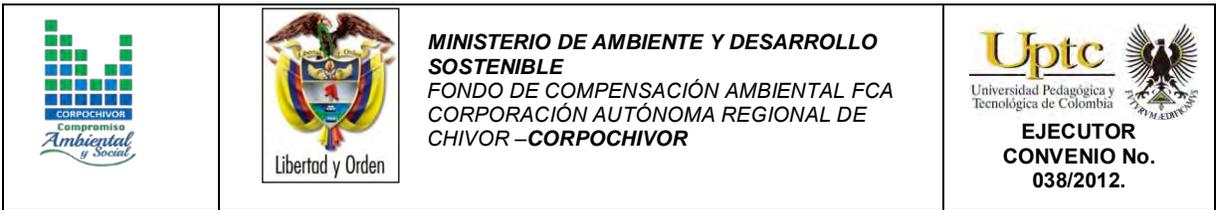
60,86666667	60,86666667	60,86666667
58,6	58,6	58,6
83,13333333	83,13333333	83,13333333
63,55833333	63,55833333	63,55833333
61,08333333	61,08333333	61,08333333
63,925	63,925	63,925
74,025	74,025	74,025
52,35833333	52,35833333	52,35833333
99,35833333	99,35833333	99,35833333
40,96666667	40,96666667	40,96666667
64,63333333	64,63333333	64,63333333
48,19166667	48,19166667	48,19166667
71,7	71,7	71,7
55	55	55
35,38333333	35,38333333	35,38333333
91,05833333	91,05833333	91,05833333
69,66666667	69,66666667	69,66666667
50,25833333	50,25833333	50,25833333
67,21666667	67,21666667	67,21666667
60,36666667	60,36666667	60,36666667
76,95833333	76,95833333	76,95833333
50,91666667	50,91666667	50,91666667
87,675	87,675	87,675
47,98333333	47,98333333	47,98333333

Fuente. Resultados 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 utilizaron los datos de 2 estaciones climatológicas (**ver Tabla 3**), 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 las estaciones seleccionadas para un periodo de 54 años (1957- 2011), 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 3. Estaciones pluviométricas utilizadas en la estimación de la precipitación para el área de estudio.

CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN	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
35075010	NUEVO COLON	RIO TURMEQUÉ	BOYACA	NUEVO COLON
35070030	TURMEQUÉ	RIO TURMEQUÉ	BOYACA	TURMEQUÉ

Fuente. IDEAM

En la 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 Guaduas (Ktg) que se delimito y que hace parte del área del presente convenio.

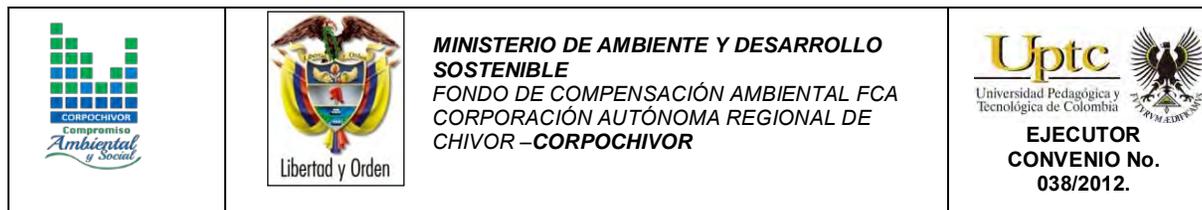
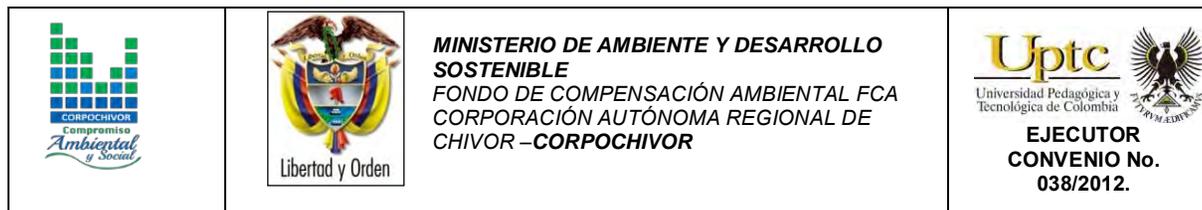


Tabla 4. Precipitación media multianual mensual.

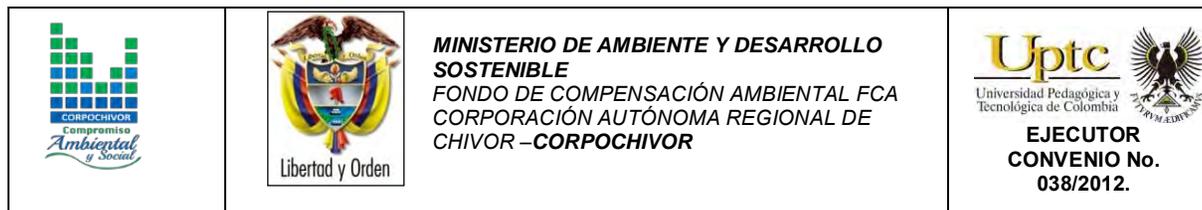
ESTACION	ESTE	NORTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO	ANUAL	PROMEDIO AÑO
TURMEQUÉ	1098398	1065732				95,5	54,5	66	97	38	12,5				1957	363,5	30,29166667
TURMEQUÉ	1098398	1065732		45	99	101,5	94,2	101,2	27	91	57	11			1958	626,9	52,24166667
TURMEQUÉ	1098398	1065732	2	4	31	68	111	85	134	118,5	67	162,5	74	24	1959	881	73,41666667
TURMEQUÉ	1098398	1065732	29	8	45	83	105	66,5	105	93	101	92	36	72	1960	835,5	69,625
TURMEQUÉ	1098398	1065732													1961	0	0
TURMEQUÉ	1098398	1065732	14	12	68	22	133	105	146	84	42	61	90	18	1962	795	66,25
TURMEQUÉ	1098398	1065732	6	52	11	111	150	94	130	104	48	42	87	12	1963	847	70,58333333
TURMEQUÉ	1095086	1072356				99	150	113	80	36	65	46	42	16	1964	647	53,91666667
TURMEQUÉ	1095086	1072356	10	12	32	182	146	89	110	103	49	127	89	11	1965	960	80
TURMEQUÉ	1095086	1072356	2	7	83	35	67	98	105	46	199	65	171	46	1966	924	77
TURMEQUÉ	1095086	1072356	20	2	56	112	121	182	82	128	72	55	90	22	1967	942	78,5
TURMEQUÉ	1095086	1072356	23	32	15	124	58	125	112	80	99	75	55	17	1968	815	67,91666667
TURMEQUÉ	1095086	1072356	77	16	13	144	88	85	93	72	39	158,5	53,5	12,5	1969	851,5	70,95833333
TURMEQUÉ	1095086	1072356	20	63,5	12	35	123	88	111	73	90	97	44	8	1970	764,5	63,70833333
TURMEQUÉ	1097275	1071213	41	16	55	62	180	84	135	91	71	43	80,98	141	1971	999,98	83,33166667
TURMEQUÉ	1097275	1071213	181	24	23	168	110	180	124	145	91	67	52	7	1972	1172	97,66666667
TURMEQUÉ	1097275	1071213	9	3	17	51	113	41	113	142	129	105	63	33	1973	819	68,25
TURMEQUÉ	1097275	1071213	12	24	111	92	77	37	118	91,4	86	105	96	1	1974	850,4	70,86666667
TURMEQUÉ	1097275	1071213	5,5	48	38	44	52	120	83	99,03	65	121	90	86	1975	851,53	70,96083333
TURMEQUÉ	1097275	1071213	18	39	114	123	122	149	151	173	124	150	107	58	1976	1328	110,6666667
TURMEQUÉ	1097275	1071213		4	30	111	105	173	105	145	126	72	101	26	1977	998	83,16666667
TURMEQUÉ	1097275	1071213	1	15	82	176	120	120	122	92	107	83	43	36	1978	997	83,08333333
TURMEQUÉ	1097275	1071213	2	31	48	168	84	189	111	121	31	170	162	30	1979	1147	95,58333333

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



TURMEQUE	1097275	1071213	7	29	26	62	70	209	122	79	79	131	34	31	1980	879	73,25
TURMEQUE	1089525	1067932	8	17	4	158	229	105	114	65	80	89	67	28	1981	964	80,33333333
TURMEQUE	1089525	1067932	30	29	105	116	130	104	143	193	63	72	85	25	1982	1095	91,25
TURMEQUE	1089525	1067932	23	47	40	199,8	89,6	69,4	214,6	208,5	54,6	81,3	33,2	38,4	1983	1099,4	91,61666667
TURMEQUE	1089525	1067932	27,9	39,8	32,6	62,6	82,8	162,4	124,9	126,6	142,5	56,6	68,3	13,8	1984	940,8	78,4
TURMEQUE	1089525	1067932	11,6	14	51,6	152,4	107,4	190,7	53,3	81,1	78,1	111,4	104,6	64,9	1985	1021,1	85,09166667
TURMEQUE	1089525	1067932	7,3	80,2	29,2	95,3	51,5	173,4	129,2	114	66,8	203,1	78,8	11,8	1986	1040,6	86,71666667
TURMEQUE	1089525	1067932	3	23,7	3	69,9	105,7	62	125,5	105,9	49,2	130,3	47,1	5,1	1987	730,4	60,86666667
TURMEQUE	1097275	1067932	5,2	9,1	135,5	45,1		103,6	122,7	54,3	49,8	71,3	64,1	42,5	1989	703,2	58,6
TURMEQUE	1089525	1067932	20	29	64,1	64,3	85,2	75	145	76	80	229	79	51	1990	997,6	83,13333333
TURMEQUE	1089525	1067932	2	7	58	150	72,4	54,5	149,6	104,4	70,1	52,5	42,2	0	1991	762,7	63,55833333
TURMEQUE	1089525	1067932	2,7	2,7	30,8	195,5	54,3	38,1	107,2	95,1	8,5	55,2	109,3	33,6	1992	733	61,08333333
TURMEQUE	1089525	1067932	8,4	5,3	26,3	19,7	216,3	151,8	106,8	55,2	61	4,1	104,4	7,8	1993	767,1	63,925
TURMEQUE	1097275	1070148	5,9	24,8	12,2	46,4	103,8	112,4	118	95,9	81,3	157,5	110,8	19,3	1994	888,3	74,025
TURMEQUE	1096151	1070148	1	2,1	53,7	171,9	49,3	61	113,2	41,9	31	41,4	35,7	26,1	1995	628,3	52,35833333
TURMEQUE	1096151	1070148	48,4	27,7	66,2	26,2	197,4	136,6	136,6	135,5	135,9	96,6	73,1	112,1	1996	1192,3	99,35833333
TURMEQUE	1096151	1070148	21,1	2,1	26	16,5	47,6	65,9	129,5	27,5	27,6	82,8	42,7	2,3	1997	491,6	40,96666667
TURMEQUE	1096151	1070148	0,7	25,1	48,6	44,5	77,5	145,2	173,4	72,4	57,2	76,6	30,9	23,5	1998	775,6	64,63333333
TURMEQUE	1096151	1070148	10,9	36,6	2	37,6	5,3	4,8	144,5	16,4	162	108,2	39,5	10,5	1999	578,3	48,19166667
TURMEQUE	1096151	1070148	10,8	40,6	62,4	48,4	117	38,7	85,6	176,9	67,1	82,8	105,4	24,7	2000	860,4	71,7
TURMEQUE	1089525	1067932	0,1	56,3	68	29,9	127,3	79,5	30,8	109,8	76,7	28,5	36	17,1	2001	660	55
TURMEQUE	1089525	1067932	0,4	14,5	38,5	82	85,2	26,5	26,5	77,8	30,9	28,2	12	2,1	2002	424,6	35,38333333
TURMEQUE	1097275	1067932		10,6	96,2	43,1	44	19,7	25,7	160	153	309,7	141,7	89	2003	1092,7	91,05833333
TURMEQUE	1089525	1067932	8	76	13	97	233	96,3	91	75,6	59,2	56,1	17,8	13	2004	836	69,66666667
TURMEQUE	1089525	1067932	5	4,1	30,2	57,6	87,1	57,2	51,7	48	74,8	106,3	67,7	13,4	2005	603,1	50,25833333

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

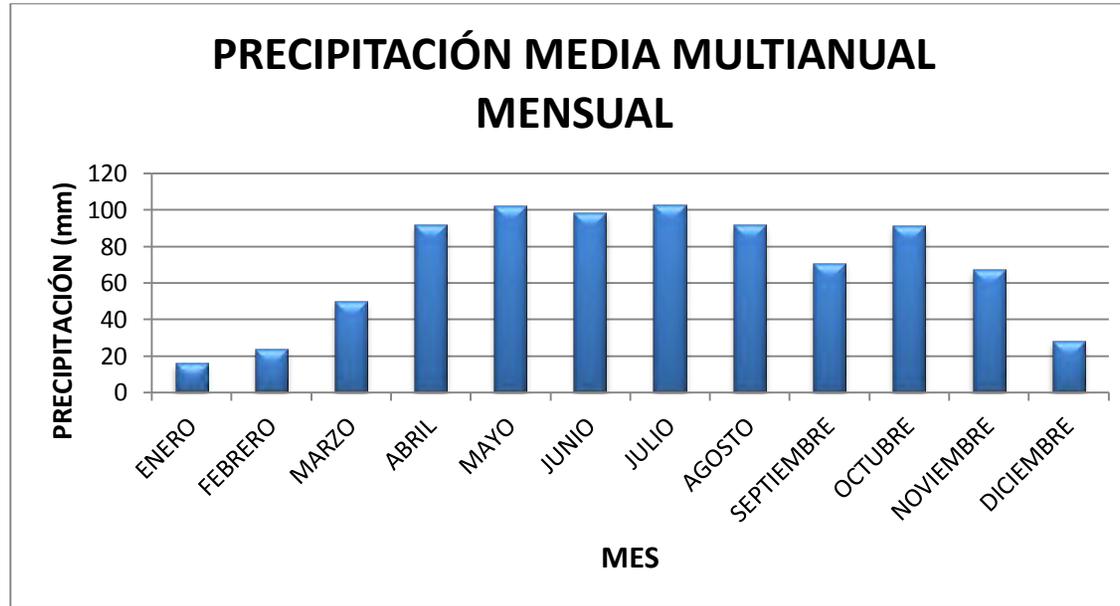


TURMEQUE	1089525	1067932	39,5	0,4	79,4	111	52,6	164,5	79,8	71,1	38	91,2	73	6,1	2006	806,6	67,21666667
TURMEQUE	1089525	1067932	4	12,9	24,3	105,9	47,1	138,5	54	77,7	36,6	168	17,9	37,5	2007	724,4	60,36666667
TURMEQUE	1089525	1067932	24,9	36,8	41,8	43,1	136	109	73,7	135,9	59,8	61,7	180,2	20,6	2008	923,5	76,95833333
TURMEQUE	1089525	1067932	36,1	34,8	37,2	80,8	78	88,7	60,2	54,5	29,6	97,6	11,9	1,6	2009	611	50,91666667
TURMEQUE	1089525	1067932		18,4	244,4	110,9	191,4	69,6	91,3	31,8	36,3	123,1	80,5	54,4	2010	1052,1	87,675
TURMEQUE	1089525	1067932	5,3	56,1	141,8	195,1	177,5								2011	575,8	47,98333333

Fuente. IDEAM

La precipitación media del área de estudio presenta un comportamiento bimodal, que muestra dos periodos de precipitación alta comprendidos en los meses marzo- junio y septiembre-noviembre (Figura 3) y dos periodos de sequía comprendidos en los meses diciembre -febrero y julio-agosto

Figura 3. Gráfico de precipitación media multianual mensual.



Fuente. IDEAM

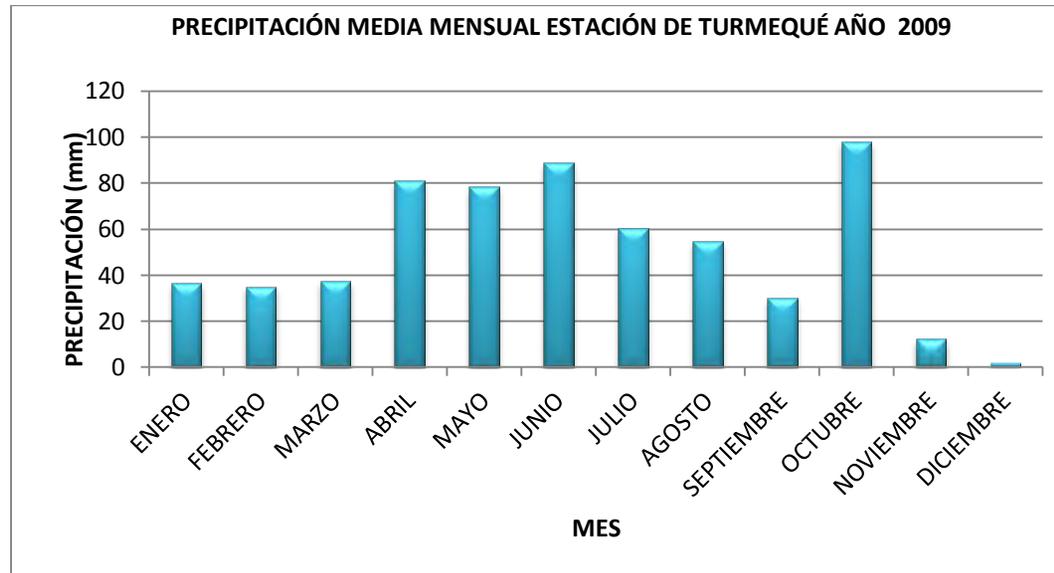
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual.



Fuente. IDEAM

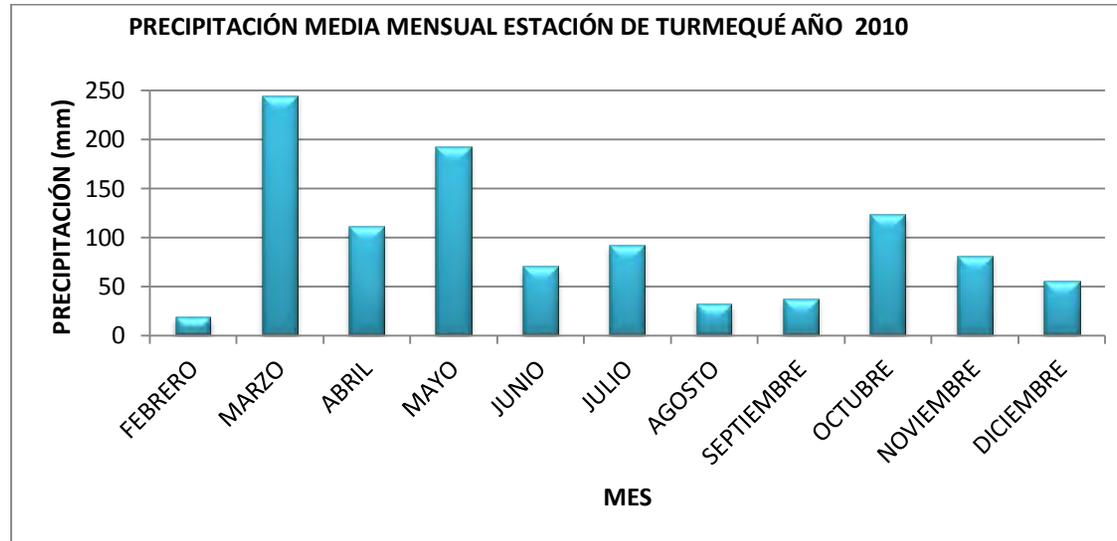
Los picos más altos de precipitaciones los podemos encontrar en los años 1976 y 1996 los cuales presentan valores superiores a los 100 mm en el año, mientras que en los años 1957, 1997 y 2002 encontramos valores inferiores a los 50 mm por año

Figura 5. Precipitación media mensual estación Turmequé (2009)



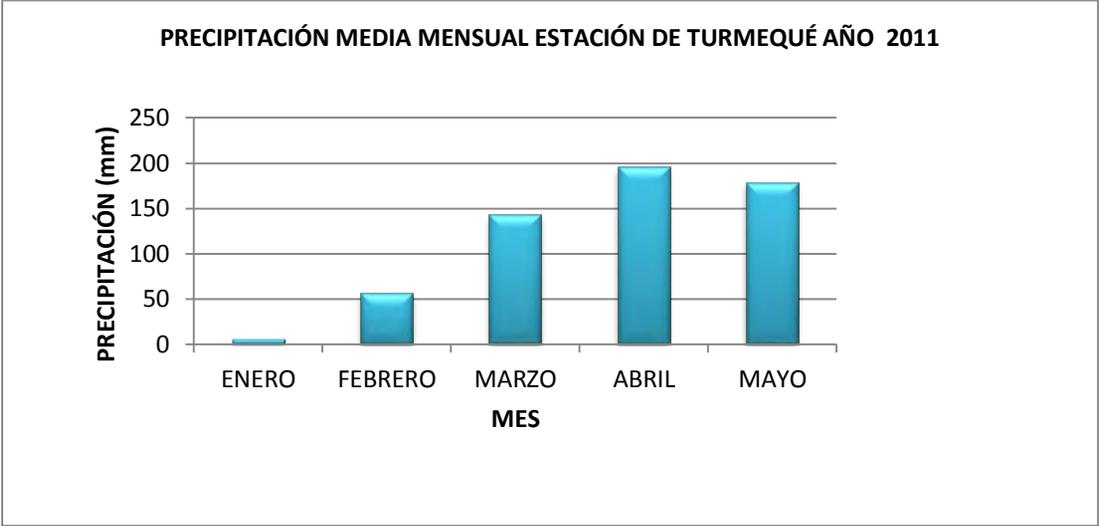
Fuente. IDEAM

Figura 6. Precipitación media mensual estación Turmequé (2010)



Fuente. IDEAM

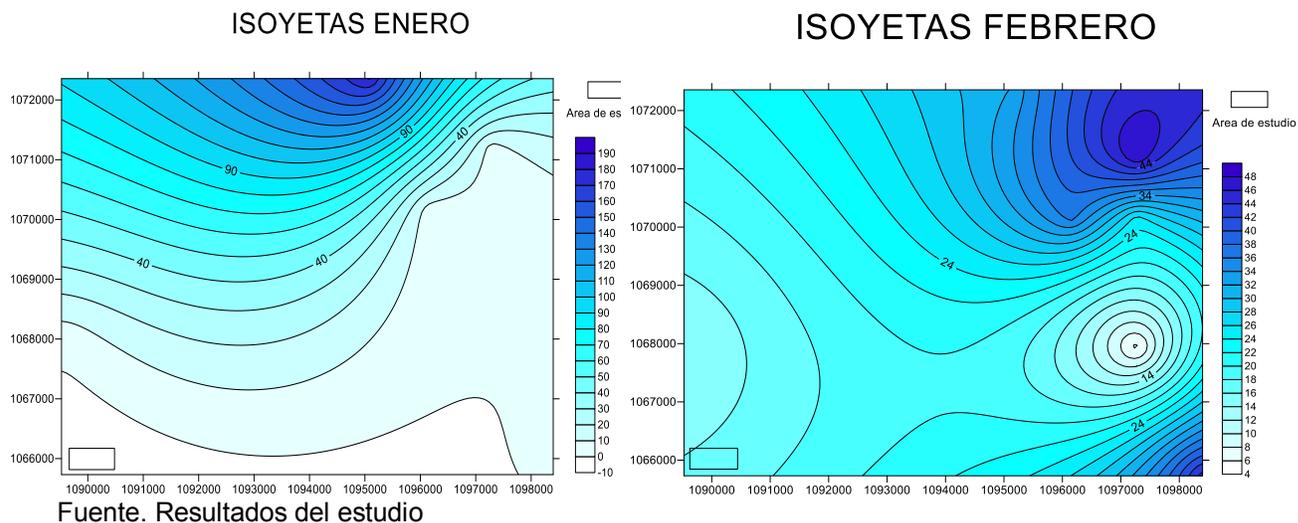
Figura 7. Precipitación media mensual estación Turmequé (2011)



Fuente. IDEAM

Para la realización de los mapas de Isoyetas se tuvieron en cuenta datos correspondientes a la Estacion de Turmequé .

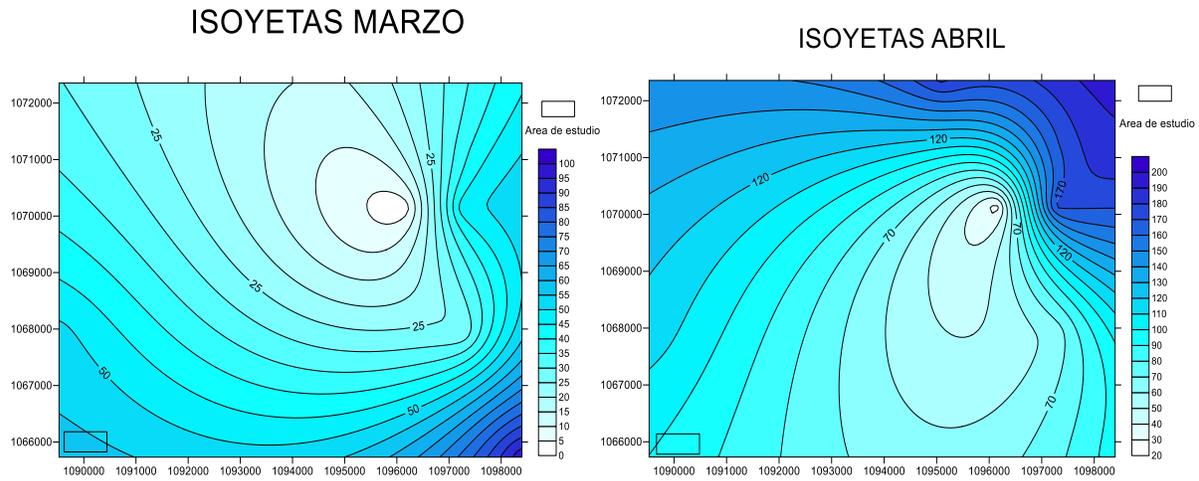
Figura 8. Isoyetas mes de enero y febrero



El comportamiento de la precipitación para el mes de Enero (Figura 8) hacia la parte occidental se encuentran valores que varían entre los 40 – 90 mm. Hacia la parte suroriental se presentan valores que van desde los 10-40 mm. Hacia el sector sureste se presentan valores inferiores a 10 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Febrero (Figura 8) hacia la parte occidental se encuentran valores que varían entre los 24 – 48 mm. Hacia la parte nororiental se presentan valores que van desde los 12-24 mm. Hacia el sector suroeste se presentan valores superiores a 24 mm.

Figura 9. Isoyetas mes de marzo y abril

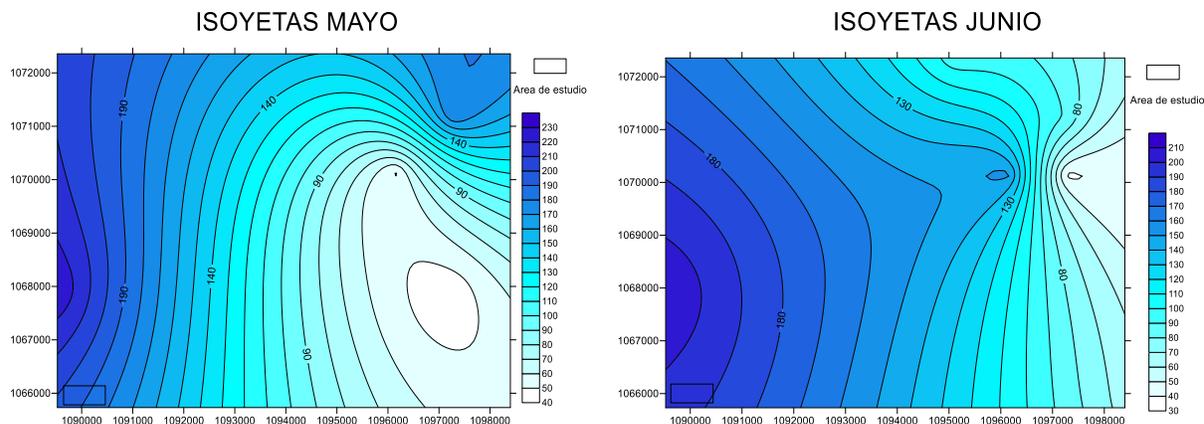


Fuente. Resultados del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Marzo (Figura 9). Hacia la parte noroccidental se presentan valores que van desde los 10-50 mm. Hacia la parte central e inferior se presentan valores que van desde 25 hasta 50 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Abril (Figura 9). Hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 70 – 120 mm. Hacia la parte noroeste se presentan valores que van desde los 70-200 mm. Hacia el sector suroeste se presentan valores inferiores a 70 mm.

Figura 10. Isoyetas mes de mayo y junio

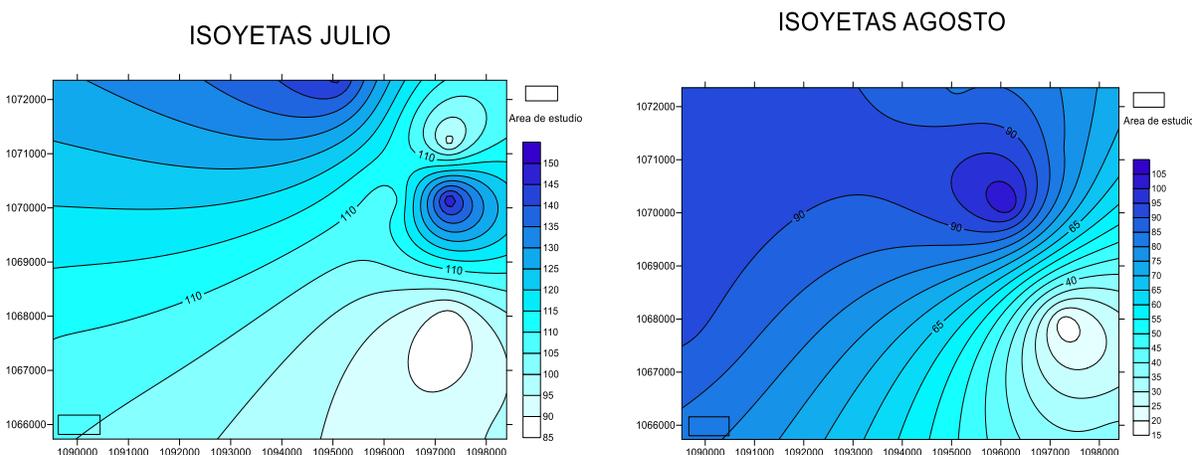


Fuente. Resultados del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Mayo (Figura 10) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 140– 200 mm. Hacia el sector suroeste se presentan valores inferiores a 90 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Junio (Figura 10) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 130 – 180mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que disminuyen desde los 180-50 mm.

Figura 11. Isoyetas Julio Agosto

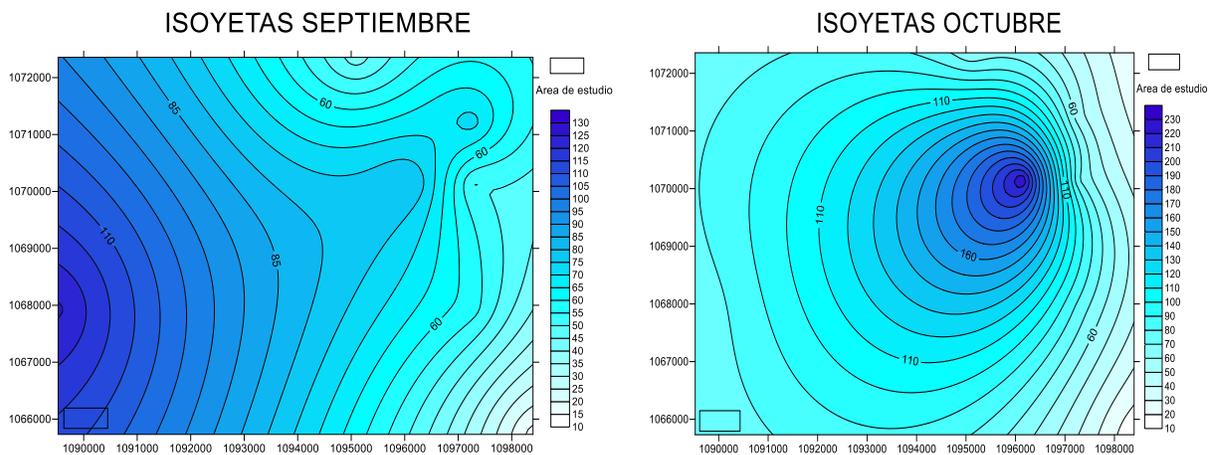


Fuente. Resultados del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Julio (Figura 11) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 110 – 150 mm. Hacia la parte sureste se presentan valores que disminuyen desde los 150-85 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Agosto (Figura 11). Hacia la parte noroeste se encuentran valores que varían entre los 90 –105 mm. Hacia la parte sureste se presentan valores que van desde los 40-85 mm. Hacia el sector noreste se presentan valores superiores a 90 mm.

Figura 12. Isoyetas mes de Septiembre y Octubre

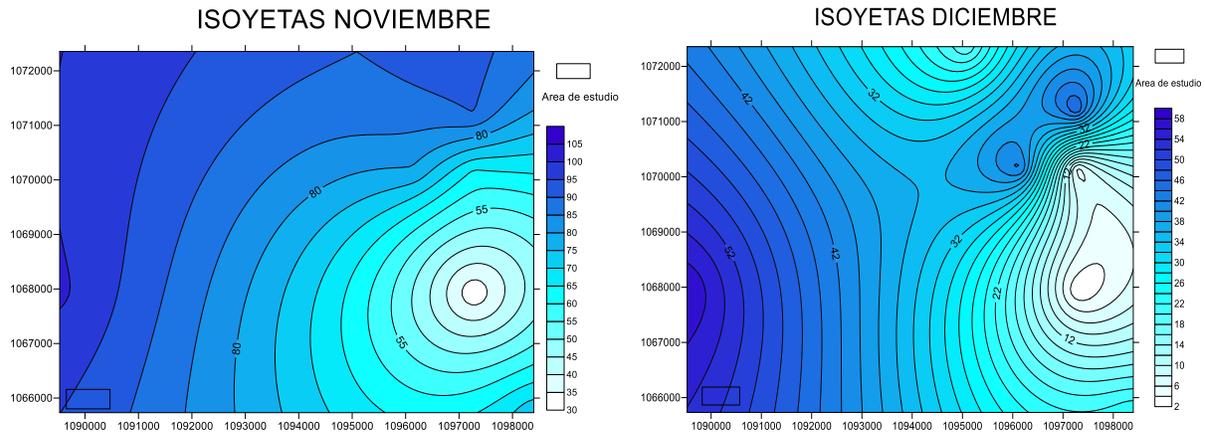


Fuente. Resultados del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Septiembre (Figura 12) hacia la parte nororiental se encuentran valores que varían entre los 60– 25 mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que aumentan desde los 60-130 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Octubre (Figura 12) hacia la parte nororiental se encuentran valores que disminuyen desde los 230 –hasta los 60 mm. Hacia la parte suroeste se presentan valores que disminuyen desde los 110-30 mm.

Figura 13. Isoyetas mes de Noviembre y Diciembre



Fuente. Resultados del estudio

El comportamiento de la precipitación para el mes de Noviembre (Figura 13) hacia la parte noroeste se encuentran valores que varían entre los 55 – 80 mm. Hacia la parte noroeste se presentan valores que van desde los 80 mm hasta los 105. Hacia la parte suroccidental se presentan valores que disminuyen desde los 55 hasta los 35 mm.

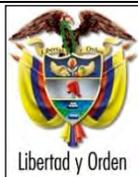
El comportamiento de la precipitación para el mes de Agosto (Figura 13) hacia la parte suroeste se encuentran valores que varían entre los 12–32 mm. Hacia la parte noroeste se presentan valores que aumentan desde los 32 hasta los 42 mm.

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.

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



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 5. Rangos de temperatura Turmequé

	Temperatura (°C)
Periodo 1	12
Periodo 2	14,4
Periodo 3	16,5

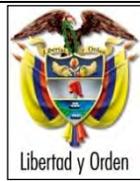
Fuente. Alcaldía de Turmequé

El valor de la humedad relativa (HR) se toma del POT del municipio de Ramiriquí, que corresponde al valor del 81%. De donde obtenemos:

Tabla 6. Valores de Evapotranspiración

ETP1	ETP2	ETP3
3,106873062	3,96132499	4,87067221

Fuente. Resultados del estudio



MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE
FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE
CHIVOR –CORPOCHIVOR



El valor de la humedad relativa (HR) se toma del EOT del municipio de Turmequé, que corresponde al valor del 75%. De donde obtenemos:

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 las cuencas de los ríos Teatinos, Jenesano Tibana, y Turmequé, 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 número de curva de escorrentía, el cual utiliza los parámetros de cobertura vegetal, Índice de infiltración del suelo, condición hidrogeológica.

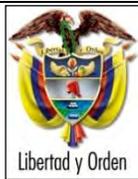
Herramientas y métodos

- 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.

- 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



MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE
FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE
CHIVOR –CORPOCHIVOR



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:

$$I = P - ETR - R$$

Dónde:

P = precipitación media por el método de las isoyetas.

ETR = evapotranspiración real.

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

Tabla 7. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R) y precipitación (P).
Estación Turmequé.

AÑO	P	R(ML)	R(OL)	I1	I2	I3
1957	30,2916667	3,62847091	4,69134643	22,4934472	21,6389953	20,729648
1958	52,2416667	0,32258377	6,36251937	42,7722742	41,9178223	45,8791473
1959	73,4166667	0,39878691	6,32047139	63,9893222	63,1348703	67,0961953
1960	69,625	0,17860517	6,44243418	60,0756928	59,2212408	63,1825658
1961	66,25	0,05503668	6,5115113	56,6316156	55,7771637	59,7384887
1962	70,5833333	0,2262364	6,41592861	61,0605317	60,2060797	64,1674047
1963	53,9166667	0,22094394	6,4188704	44,3909232	43,5364713	47,4977963
1964	80	0,97701378	6,00697053	70,8861564	70,0317045	73,9930295
1965	77	0,68337925	6,16494904	67,7281779	66,873726	70,835051
1966	78,5	0,82398651	6,08898716	69,3041398	68,4496879	72,4110128
1967	67,9166667	0,10738532	6,48219195	58,3276017	57,4731497	61,4344747
1968	70,9583333	0,24636274	6,40474904	61,4467112	60,5922593	64,5535843
1969	63,7083333	0,00840405	6,53769802	54,0637622	53,2093103	57,1706353
1970	83,3316667	1,36048535	5,80442474	74,4203689	73,5659169	77,5272419
1971	97,6666667	3,65808376	4,67774934	89,8820443	89,0275923	92,9889173
1972	68,25	0,11989458	6,47519786	58,6679291	57,8134772	61,7748021
1973	70,8666667	0,24136597	6,40752347	61,3522701	60,4978182	64,4591432
1974	70,9608333	0,24649971	6,404673	61,4492873	60,5948353	64,5561603
1975	110,666667	6,57285358	3,45196049	104,107833	103,253381	107,214706
1976	83,1666667	1,34009936	5,81508572	74,2447079	73,390256	77,3515809
1977	83,0833333	1,32985812	5,82044595	74,1560143	73,3015624	77,2628874
1978	95,5833333	3,26185216	4,8616476	87,6148127	86,7603607	90,7216857
1979	73,25	0,38733908	6,32677722	63,8163497	62,9618978	66,9232228
1980	80,3333333	1,0126894	5,98794762	71,2385126	70,3840607	74,3453857
1981	91,25	2,50399438	5,22533067	82,9177963	82,0633443	86,0246693
1982	91,6166667	2,56459088	5,19566839	83,3141252	82,4596733	86,4209983
1983	78,4	0,8142244	6,09424241	69,1988845	68,3444326	72,3057576
1984	85,0916667	1,58684119	5,686851	76,2979426	75,4434907	79,4048157

1985	86,7166667	1,81013942	5,57229807	78,0374955	77,1830436	81,1443686
1986	60,8666667	0,00483092	6,5397072	51,2200864	50,3656345	54,3269595
1987	58,6	0,03965508	6,52014173	48,9729852	48,1185333	52,0798583
1989	83,1333333	1,33599845	5,81723176	74,2092285	73,3547766	77,3161016
1990	63,5583333	0,00692264	6,53853097	53,9129293	53,0584774	57,0198024
1991	61,0833333	0,00326766	6,54058634	51,4358739	50,581422	54,542747
1992	63,925	0,01079575	6,53635337	54,2817736	53,4273216	57,3886466
1993	74,025	0,44193344	6,29673967	64,6213873	63,7669353	67,7282603
1994	52,3583333	0,31486311	6,36678911	42,8846712	42,0302192	45,9915442
1995	99,3583333	3,9946966	4,52484471	91,7266156	90,8721636	94,8334886
1996	40,9666667	1,54204633	5,710002	32,1497916	31,2953397	35,2566647
1997	64,6333333	0,02068507	6,53079528	54,995665	54,1412131	58,1025381
1998	48,1916667	0,65127161	6,18237601	38,9024176	38,0479657	42,0092907
1999	71,7	0,28861695	6,38131718	62,2118098	61,3573578	65,3186828
2000	55	0,16565494	6,4496523	45,4434746	44,5890227	48,5503477
2001	35,3833333	2,51353172	5,22065533	27,0558049	26,201353	30,162678
2002	91,0583333	2,47258211	5,24074729	82,710713	81,856261	85,817586
2003	69,6666667	0,18056196	6,44134395	60,1184497	59,2639977	63,2253227
2004	50,2583333	0,46870574	6,2820418	40,8694185	40,0149665	43,9762915
2005	67,2166667	0,08332199	6,49565917	57,6141344	56,7596825	60,7210075
2006	60,3666667	0,0096075	6,5370214	50,7227722	49,8683203	53,8296453
2007	76,9583333	0,67965244	6,16697028	67,68449	66,8300381	70,7913631
2008	50,9166667	0,41707362	6,31040652	41,4993871	40,6449352	44,6062602
2009	87,675	1,9481832	5,50218883	79,0659381	78,2114862	82,1728112
2010	47,9833333	0,67141609	6,17143872	38,7050215	37,8505696	41,8118946

Fuente. Resultados del estudio

2.7 RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores obtenidos dentro del balance hídrico se encuentran resumidos en la Figura 14 y expresados esquemáticamente en la Tabla 8.



Tabla 8. Estimación del Balance Hídrico

	1957	1958	1959	1960	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
PRECIPITACIÓN PROMEDIO	30,291667	52,241667	73,416667	69,625	66,25	70,583333	53,916667	80	77	78,5	67,916667	70,9583333	63,7083333	83,33166667	97,6666667	68,25
ESCORRENTÍA	3,6284709	0,3225838	0,3987869	0,178605	0,055037	0,2262364	0,2209439	0,977014	0,683379	0,8239865	0,1073853	0,24636274	0,00840405	1,36048535	3,65808376	0,1198946
EVAPOTRANSPIRACIÓN	3,1068731	3,1068731	3,1068731	3,106873	3,106873	3,1068731	3,1068731	3,106873	3,106873	3,1068731	3,1068731	3,10687306	3,10687306	3,10687306	3,10687306	3,1068731
DELTA	23,556323	48,81221	69,911007	66,33952	63,08809	67,250224	50,58885	75,91611	73,20975	74,56914	64,702408	67,6050975	60,5930562	78,86430826	90,9017099	65,023232
ALMACENAMIENTO	23,556323	48,81	69,91	66,34	63,09	67,25	50,59	75,92	73,21	74,569	64,7	67,61	60,59	78,86	90,9	65,023
DÉFICIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RECARGA	23,556323	48,81	69,91	66,34	63,09	67,25	50,59	75,92	73,21	74,569	64,7	67,61	60,59	78,86	90,9	65,023

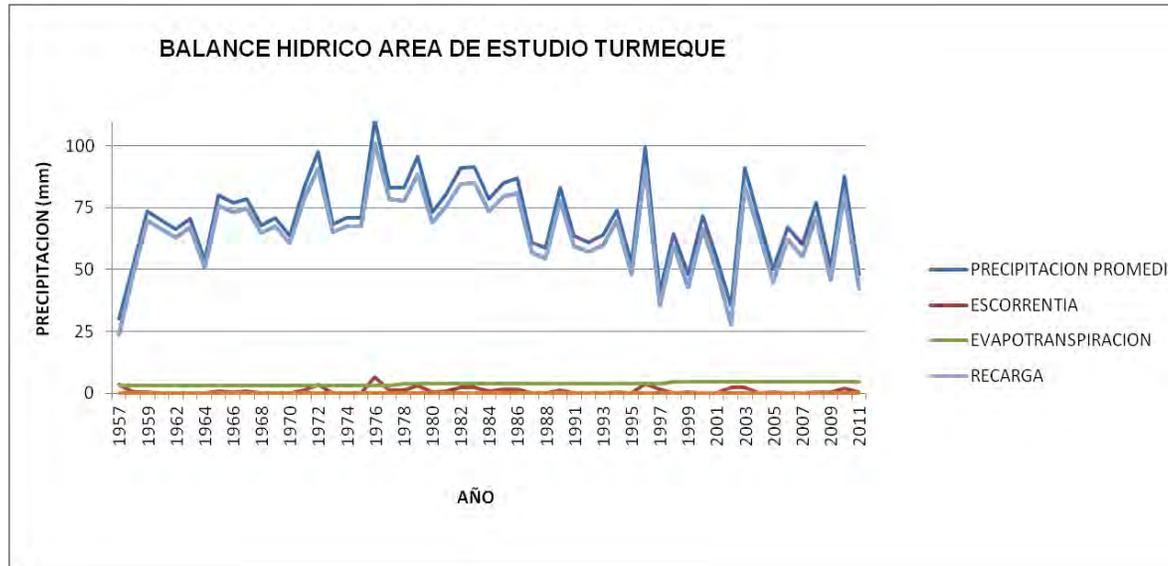
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1990
PRECIPITACIÓN PROMEDIO	70,866667	70,960833	110,66667	83,16667	83,08333	95,583333	73,25	80,33333	91,25	91,616667	78,4	85,0916667	86,7166667	60,86666667	58,6	83,133333
ESCORRENTÍA	0,241366	0,2464997	6,5728536	1,340099	1,329858	3,2618522	0,3873391	1,012689	2,503994	2,5645909	0,8142244	1,58684119	1,81013942	0,00483092	0,03965508	1,3359985
EVAPOTRANSPIRACIÓN	3,1068731	3,1068731	3,1068731	3,106873	3,961325	3,961325	3,961325	3,961325	3,961325	3,961325	3,961325	3,96132499	3,96132499	3,96132499	3,96132499	3,961325
DELTA	67,518428	67,607461	100,98694	78,71969	77,79215	88,360156	68,901336	75,35932	84,78468	85,090751	73,624451	79,5435005	80,9452023	56,90051076	54,5990199	77,83601
ALMACENAMIENTO	67,518	67,6075	100,987	78,72	77,79215	88,36	68,9	75,36	84,78468	85,090751	73,624451	79,5435005	80,9452023	56,9005108	54,5990199	77,83601
DÉFICIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RECARGA	67,518	67,6075	100,987	78,72	77,79215	88,36	68,9	75,36	84,78468	85,090751	73,624451	79,5435005	80,9452023	56,9005108	54,5990199	77,83601

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
PRECIPITACIÓN PROMEDIO	63,558333	61,083333	63,925	74,025	52,35833	99,358333	40,966667	64,63333	48,19167	71,7	55	35,3833333	91,0583333	69,66666667	50,2583333	67,216667
ESCORRENTÍA	0,0069226	0,0032677	0,0107958	0,441933	0,314863	3,9946966	1,5420463	0,020685	0,651272	0,288617	0,1656549	2,51353172	2,47258211	0,18056196	0,46870574	0,083322
EVAPOTRANSPIRACIÓN	3,961325	3,961325	3,961325	3,961325	3,961325	3,961325	3,961325	4,870672	4,870672	4,8706722	4,8706722	4,87067221	4,87067221	4,87067221	4,87067221	4,8706722
DELTA	59,590086	57,118741	59,952879	69,62174	48,08215	91,402312	35,463295	59,74198	42,66972	66,540711	49,963673	27,9991294	83,715079	64,6154325	44,9189554	62,262672
ALMACENAMIENTO	59,590086	57,118741	59,952879	69,62174	48,08215	91,402312	35,463295	59,74198	42,66972	66,540711	49,963673	27,9991294	83,715079	64,6154325	44,9189554	62,262673
DÉFICIT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RECARGA	59,590086	57,118741	59,952879	69,62174	48,08215	91,402312	35,463295	59,74198	42,66972	66,540711	49,963673	27,9991294	83,715079	64,6154325	44,9189554	62,262673

	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL
PRECIPITACIÓN PROMEDIO	60,367	76,958	50,917	87,675	47,98	3739,53
ESCORRENTÍA	0,0096	0,6797	0,4171	1,9482	0,671	54,9539
EVAPOTRANSPIRACIÓN	4,8707	4,8707	4,8707	4,8707	4,871	205,592
DELTA	55,486	71,408	45,629	80,856	42,44	3478,98
ALMACENAMIENTO	55,486	71,408	45,629	80,856	42,44	3478,98
DÉFICIT	0	0	0	0	0	0
RECARGA	55,486	71,408	45,629	80,856	42,44	3478,98

Fuente. Resultados del estudio.

Figura 14. Comportamiento de las curvas del balance hídrico.



Fuente. Resultado del estudio.

2.8 CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO APARTIR DE LAS CURVAS IDF

2.8.1 Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución normal

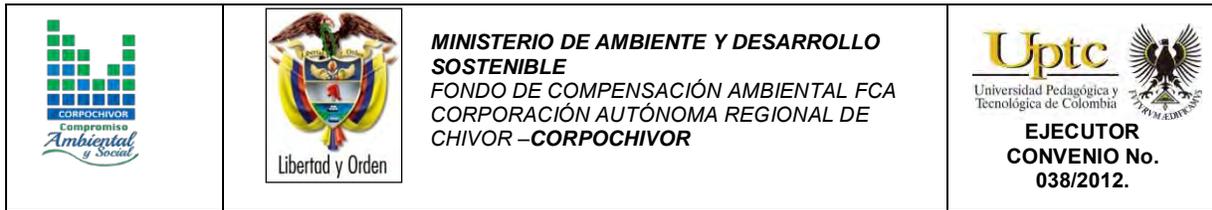
Serie de datos X:

N°	X
1	127,0
2	85,0
3	309,0
4	233,0
5	106,0
6	164,0
7	168,0
8	180,0
9	97,0
10	244,0
11	195,0
12	309,0

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	85,0	0,0769	0,0968	0,1068	0,0198
2	97,0	0,1538	0,1263	0,1370	0,0275
3	106,0	0,2308	0,1523	0,1631	0,0784
4	127,0	0,3077	0,2258	0,2357	0,0819
5	164,0	0,3846	0,3934	0,3979	0,0088
6	168,0	0,4615	0,4136	0,4173	0,0480
7	180,0	0,5385	0,4753	0,4764	0,0631
8	195,0	0,6154	0,5531	0,5508	0,0622
9	233,0	0,6923	0,7353	0,7263	0,0430
10	244,0	0,7692	0,7800	0,7700	0,0108
11	309,0	0,8462	0,9473	0,9393	0,1012
12	309,0	0,9231	0,9473	0,9393	0,0243

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0,1012, es menor que el delta tabular 0,3926. 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)= 184,75
Parámetro de escala (S)= 76,7169

Con momentos lineales:
Media lineal (X_l)= 184,75
Desviación estándar lineal (S_l)= 80,2035

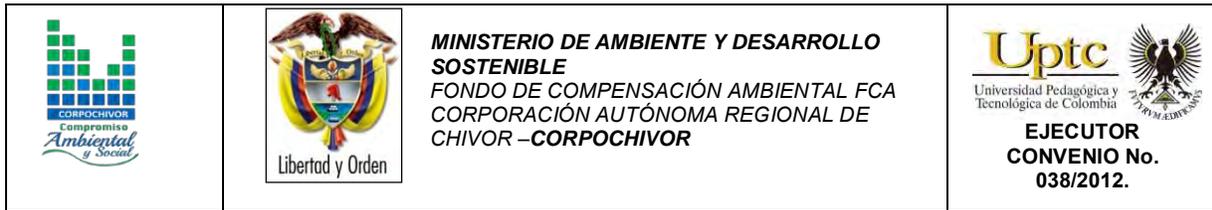
Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 2 años, es 184,75
El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 249,30
El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 283,08
El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 319,09
El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 342,34
El caudal de diseño para un periodo de retorno de 75 años, es 354,82
El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 363,25
El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 405,58

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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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)

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.

Coeficiente 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

Coeficiente 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

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

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.

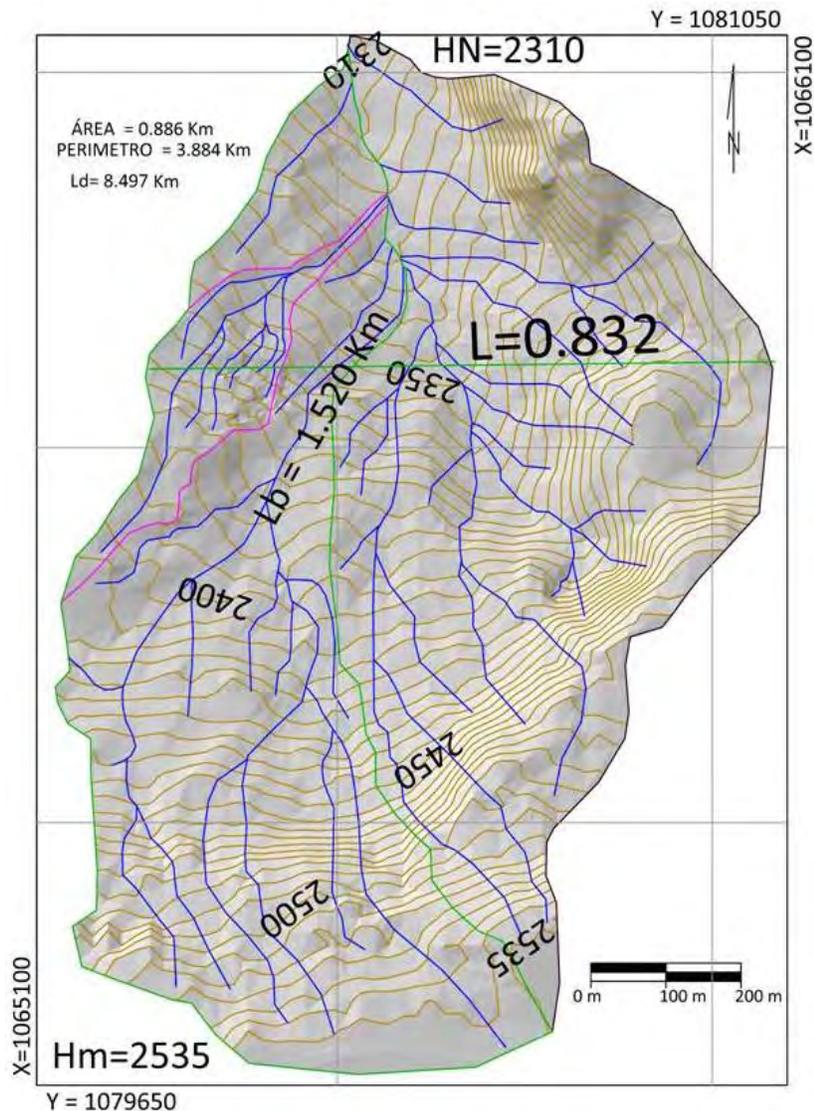
$$Tc = 0.0663 \left(\frac{Lb}{\sqrt{A}} \right)^{0.07}$$

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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

Figura 15. Figura ilustrativa de la microcuenca río Miuncha.



Fuente. Resultado del estudio.

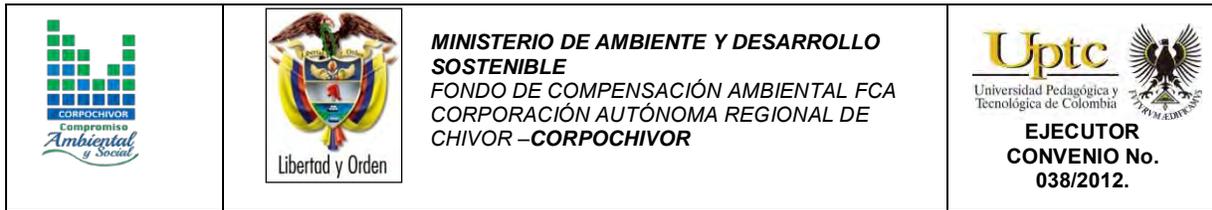
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Tabla 9. Valores de parámetros morfométricos para la microcuenca.

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 (l)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)
Rio Miuncha	0.89	3.88	1.52	0.83	11.90	2535
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 lc % (lc)	Índice de Alargamiento (Ia)
2310	0.23	0.15	4.00	4.51	14.80	1.83
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
0.65	REDONDA	0.65	Irregular	13.43	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
0.58	Crítico	0.70	SEMIREDONDA	0.70	Irregular	4

Fuente. Resultado del estudio

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



3 GEOLOGIA

El municipio de Turmequé se encuentra ubicado en la parte central del departamento de Boyacá, hace parte del altiplano Cundiboyacense y de la vertiente oriental andina, la cual se encuentra dentro de las cartas geológicas K-12 y J-12 elaborado por el INGEOMINAS.

3.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La geología regional está enmarcada por el área comprendida en el cuadrángulo J-12 (Tunja) del Ingeominas, estructuralmente se presentan las fallas de Soapaga y Boyacá, las cuales influyen notoriamente en el plegamiento de rocas Cretácicas y Terciarias. Los pliegues y Fallas menores presentan una dirección preferencialmente Noreste, los pliegues se caracterizan por ser asimétricos con buzamientos mayores en su flanco oriental. La geología regional es claramente apreciable debido al gran número de afloramientos que se observan, principalmente en cortes de vía.

3.2 ESTRATIGRAFÍA

En el sector afloran rocas sedimentarias de carácter marino y continental que abarcan desde el Cretáceo, Terciario y Depósitos Cuaternarios, pertenecientes a las cuencas de los Farallones y la Sabana de Bogotá.

Se han identificado de la más antigua a la más reciente las siguientes formaciones:



3.2.1 Formación Guaduas (Ktg).

Geológicamente el termino Guaduas fue empleado por primera vez por Hettner (1892) para designar todos los sedimentos que en la región de la cuenca de la Sabana de Bogotá se encuentran por encima del Grupo Guadalupe. La unidad en este sector está constituida por: un conjunto A de 92 m, de arcillas grises oscuras a verdosas, con intercalaciones de areniscas cuarzosas, de grano fino estratificación fina a gruesa. Un conjunto B de 24 m, de areniscas cuarzosas blanco- amarillentos, de grano fino. Un conjunto C de 180 m de arcillolitas grises y limolitas negras con concreciones arenosas de 5 a 10 m de diámetro.

En la parte media de este conjunto se presenta un manto de carbón de 1,50 m de espesor ubicado en turmequé, lo mismo que intercalaciones de arenisca cuarzosa de grano fino de 5 cm de espesor a 1 m; sobre este conjunto descansan 20 m (conjunto D) de areniscas conglomeráticas y areniscas cuarzosas, blancas de grano medio a grueso 130 m conjunto E de arcillas abigarradas con intercalaciones de arenisca cuarzosa gris oscura de grano fino. Esta formación cubre la parte oriental y occidental de casco urbano del municipio de Turmequé.

3.2.2 Depósitos Cuaternarios.

Son depósitos de dos tipos: Aluvial y Coluvial

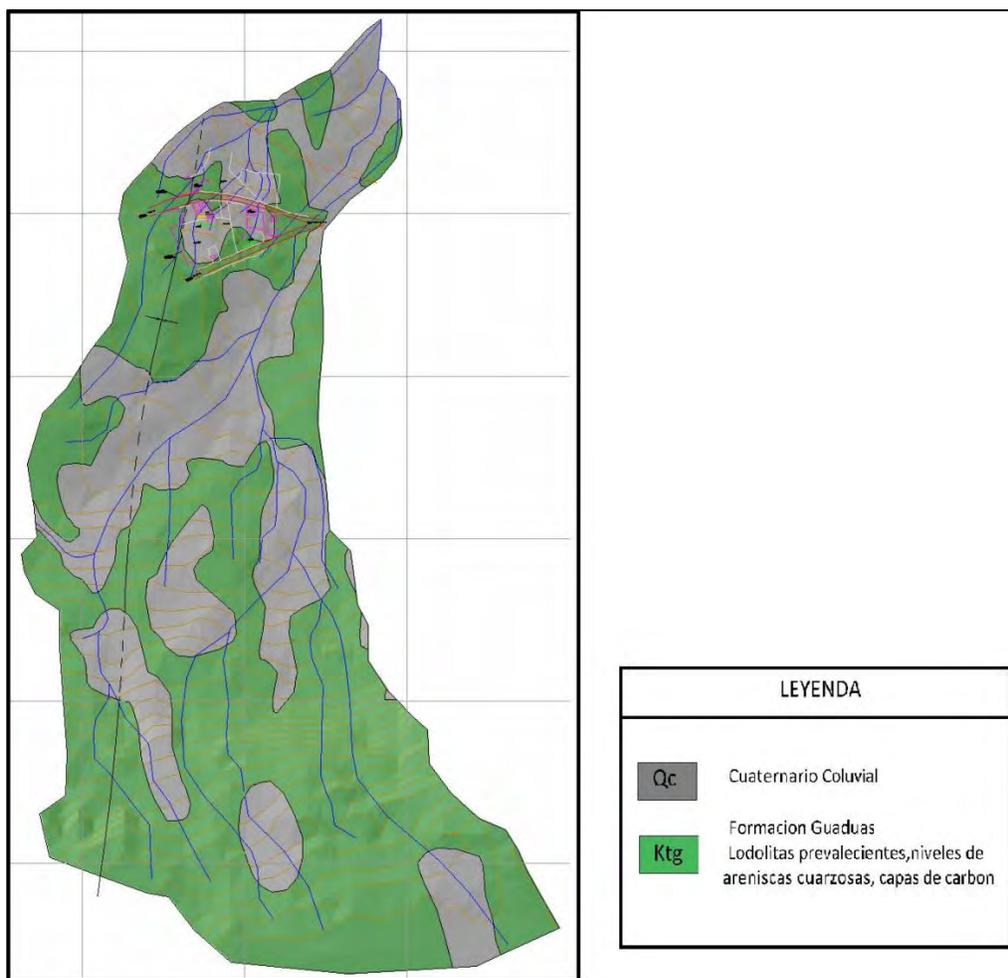
3.2.2.1 Cuaternarios Aluviales (Qal).

Compuestos por arenas gruesas, limos y arcillas los cuales han sido transportados y depositados en llanuras aluviales por aportes de cauces secundarios y quebradas; abarcan un área de aproximadamente 250 m² en total. Se encuentran principalmente en la rivera de los ríos Albarracín y rio Muincha.

3.2.2.2 Depósitos Coluviales (Qc).

Materiales no consolidados, que en la gran mayoría se han formado por procesos de remoción en masa, compuestos por bloques angulosos a subangulosos de areniscas, calizas o limolitas silíceas; se encuentran embebidos dentro de una matriz areno arcillosa.

Figura 16. Imagen Mapa Geológico



Fuente. Resultados del estudio.

3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

3.3.1 Tectónica.

La tectónica presente en el área de estudio responde a un comportamiento de tipo regional de deformación de la cordillera oriental; los esfuerzos compresivos de estos procesos han dado lugar a una serie de pliegues anticlinales y sinclinales que representan un eje con dirección preferencial Noreste- Sureste. Las estructuras observadas se caracterizan por presentar una serie de flexuras y replegamientos los cuales alcanzan buzamientos de hasta 80°

3.3.1.1 FALLAS

El área se encuentra sometida a una serie de esfuerzos compresivos los cuales como origen una serie de fallas inversas, están fallas presentan desplazamientos de pocos metro que en su mayoría afectan localmente el área de estudio.

3.3.1.1.1 FALLA DE RINCHOQUE.

Es una falla direccional se encuentra ubicada en la parte norte del municipio vereda Rinchoque, sector conocido como horno de caliza su dirección es NW-SE y afecta las formaciones Chipaque y Plaeners.

3.3.1.1.2 FALLA DE TEGUANEQUE.

Es una falla de tipo inverso la cual tiene una dirección NE-SW y es la encargada de poner en contacto las formaciones Plaeners con Chipaque sobre el margen derecho del ferrocarril Nordeste que conduce de Tunja a Villa Pinzón.

3.3.1.2 PLIEGUES

Estas estructuras son originadas por esfuerzos de tensión y/o compresión



3.3.1.2.1 Sinclinal Volcán Blanco

Localizado hacia la parte NW del municipio de Turmequé en donde su eje tiene una dirección NE-SW; esta estructura tiene como núcleo las rocas de la Formación Plaeners y la Formación Chipaque; es un sinclinal asimétrico en donde el buzamiento de los flancos oscila entre 25° y 70°.

3.3.1.2.1.1 Anticlinal río Albarracín.

Esta estructura es de forma asimétrica con rocas expuesta de la formación Chipaque. La dirección del eje es NE-SW y se encuentra erosionado; en algunos sectores se encuentran depósitos aluviales acarreados por el río Albarracín.

3.3.1.2.1.2 Sinclinal de Joyagua.

Estructura que discurre a la quebrada Paila cerca a la escuela Joyagua. Es asimétrica su eje tiene una variación NNW-SSE cubija las rocas de las Formaciones Chipaque, Plaeners y Arenisca de Labor.

3.3.1.2.1.3 Anticlinal de Guanzaque.

Pliegue asimétrico con dirección NE-SW abarca rocas de la formación Chipaque y Plaeners. Sus flancos presentan inclinaciones que oscilan entre 10° y los 70°

3.3.1.2.1.4 Sinclinal Chiratá

Pliegue asimétrico con dirección NE-SW su eje, discurre por el sector de Guanzaque; el buzamiento de los flancos oscila entre 35° y 67°. Abarca las formaciones: Arenisca de Labor, Formación Plaeners y Formación Chipaque



4 GEOMORFOLOGÍA

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 geomorfológico del área de estudio y las fichas de los Inventarios de los procesos.

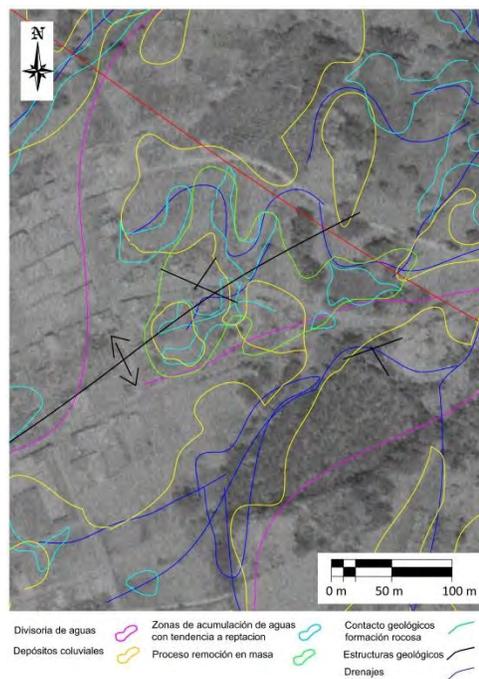
4.1 ANÁLISIS FOTOGEOLOGICO

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 en base a esta dinámica, disparada por lluvias intensas y la intervención antrópica en el área por cortes en la vía y deforestación.

Figura 17. Fotografías pertenecientes al vuelo 2804- 16,17. IGAC, durante los años 90.



Fuente: Resultado del estudio.



4.2 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 estas.

4.2.1 Erosión del suelo por Sufusión Piping Tubificación

4.2.1.1 Tubificación 1

se clasifica el proceso como tubificación, se observan agrietamientos con continuidad interna, producto de una erosión mecánica por dispersión y disolución y exportación que acaece en los suelos, cuyos minerales son evacuados por flujos hídricos subsuperficiales (producto de un sistema de acueducto abandonado en el área por el cual aún direcciona aguas), especialmente cuando los materiales constituyentes son mayoritariamente finos (arena, limo y arcilla), con un alto contenido en sodio y arcillas expandibles. Los elementos granulométricos de menores dimensiones son evacuados dando lugar a un ensanche de las minigrietas previas, las cuales llevan al colapso de las estructuras presentes en el área, el proceso es activo remontante y su velocidad es lenta, presenta un área aproximada de 5457,55 m² con una profundidad promedio de 2 m, los daños presentes en área, colapso de viviendas. Se presenta entre la Formación Guaduas (Ktg) y el Deposito Coluvial (Qc) (Ver Figura 18).

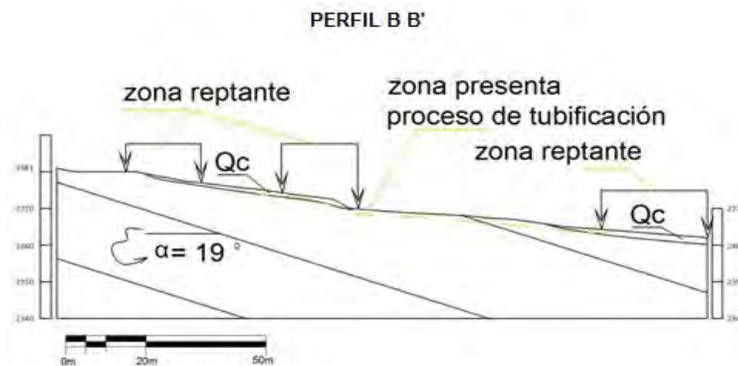
Figura 18. Esquema de la erosión del suelo por Tubificación 1.



Fuente: Resultado del estudio.

En el perfil (Ver Figura 19) se ilustra el cuerpo del proceso y la geoforma en la cual se encuentra, siendo favorable a su movimiento.

Figura 19. Esquema del movimiento, perfil tubificación 1



Fuente: Resultado del estudio.

4.2.1.2 Tubificación 2

Presenta las mismas características del anterior, con un área aproximada de 2882,47 m². Se presenta en el Deposito Coluvial (Qc). (Ver Figura 20).

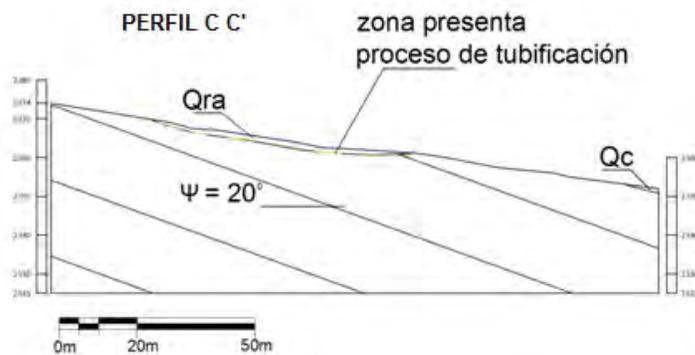
Figura 20. Esquema de la erosión del suelo por Tubificación 2.



Fuente: Resultado del estudio.

En el perfil (Ver Figura 21) se ilustra el cuerpo del proceso y la geoforma en la cual se encuentra, siendo favorable a su movimiento.

Figura 21. Esquema del movimiento, perfil tubificación 2

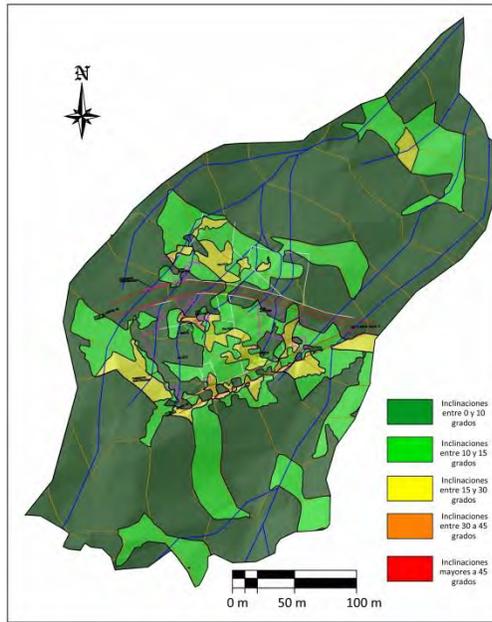


Fuente: Resultado del estudio.

4.3 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 cinco clases para el área de estudio. Los valores de susceptibilidad de este parámetro o variable son presentados en la Figura 22.

Figura 22. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.



Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 10. Clasificación de las pendientes.

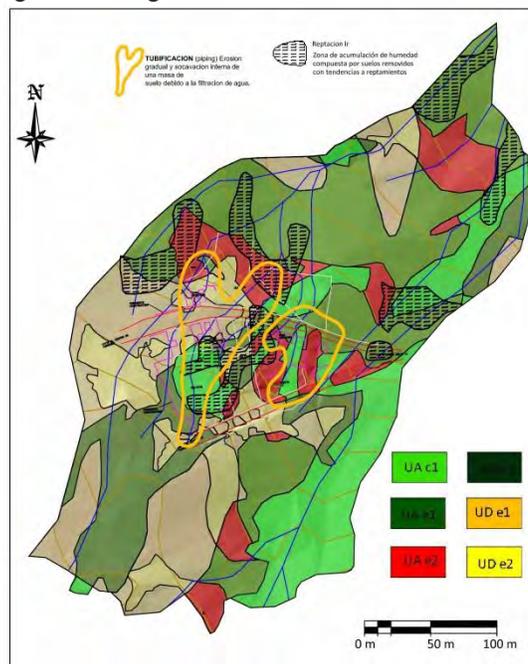
CLASIFICACIÓN DE LAS PENDIENTES	
UNIDAD CARTOGRÁFICA	GRADOS
Suavemente inclinada	0-10
Inclinada	10 15
Abrupta	15-30
Escarpada	30 - 45
Muy Escarpada	> 45

Fuente: Resultado del estudio.

4.4 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 23. Imagen del Mapa geomorfológico.



Fuente: Resultado del estudio.

4.4.1 Geformas de Origen Denudacional.

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

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

4.4.1.1 Unidad agradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera en contra pendiente (UA c1)

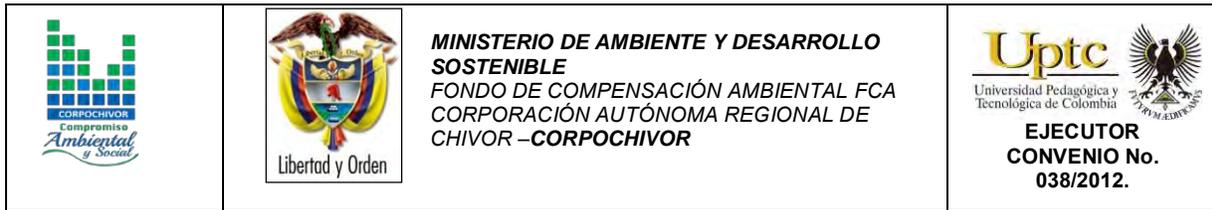
Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 10.38 ha, de las cuales el 4.3 % presenta inestabilidad. Siendo susceptible a reptaciones y desprendimientos.

4.4.1.2 Unidad agradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera estructural (UA e1)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 3.8 ha, de las cuales el 2.8 % presenta inestabilidad. Siendo la unidad más susceptible a movimientos en masa.

4.4.1.3 Unidad agradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera estructural (UA e2)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 1.05 ha, de las cuales el 18.29 % presenta inestabilidad.



4.4.1.4 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 21.5 ha, de las cuales el 0.54 % presenta inestabilidad.

4.4.1.5 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 2.24 ha, de las cuales el 5.7 % presenta inestabilidad.

4.4.1.6 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 0.9 ha, de las cuales el 13.2 % presenta inestabilidad.

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 c1
	ladera estructural	con inclinaciones entre 0 y 30 grados	Es la unidad que presenta más afectación, presenta reptaciones y desprendimientos.	UA e1
		con inclinaciones mayores a 30 grados		
Unidad degradacional	ladera en contra pendiente	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		

Fuente: Resultado del estudio.

4.5 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.



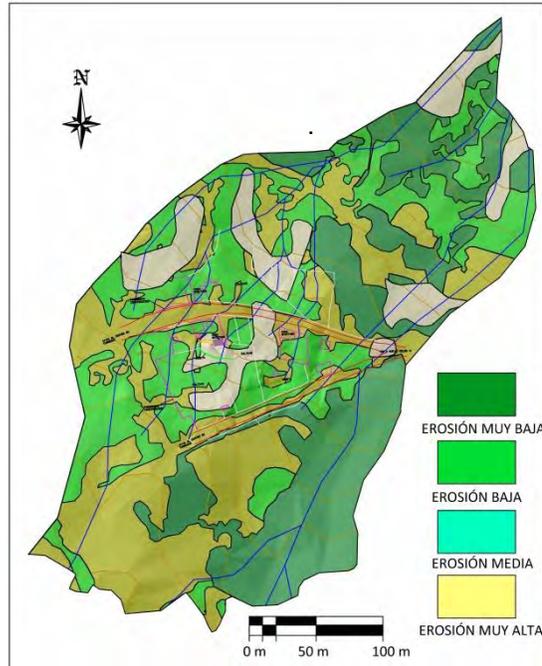
El mapa de erosión fue realizado con el procesamiento digital de imágenes mediante una clasificación supervisada, resultado de un agrupamiento en la distribución de los píxeles hechos en una clasificación resultado de la mayor o menor cobertura vegetal presente en el área.

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 levamientos 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 y erosión muy alta. (Ver Figura 24).

Figura 24. Imagen del Mapa erosión.

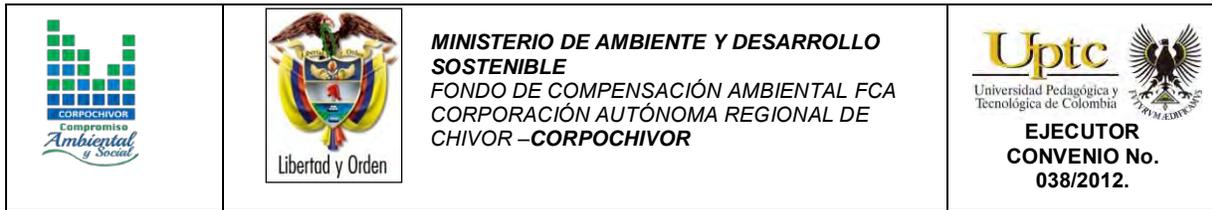


Fuente: Resultado del estudio.

4.6 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,



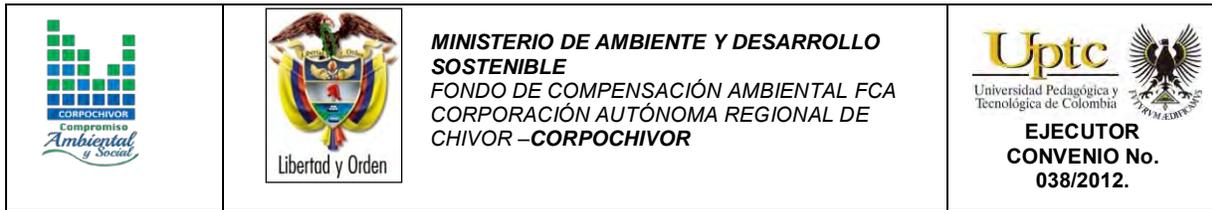
existen numerosos tipos, las angiospermas son las más abundantes, con unas 224000 especies frente a las 24000 especies de briofitos.

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 progreso de Boyacá y de su gente ha estado estrechamente ligado a los recursos naturales del departamento, a su inmenso potencial hídrico, la fertilidad de sus campos, sus minas de carbón y esmeraldas. 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.

4.6.1 Metodología

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.

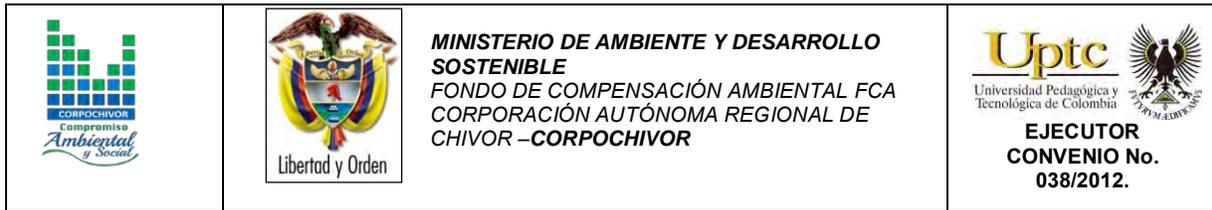
La metodología empleada para el levantamiento de las coberturas de vegetales dentro de la zona fue la Corine Land Cover adaptada, desarrollada y abalada para Colombia por instituciones del orden nacional y regional como IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA, SINCHI y UAESPNN, Esta metodología tiene como propósito 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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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, 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.

4.6.2 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:



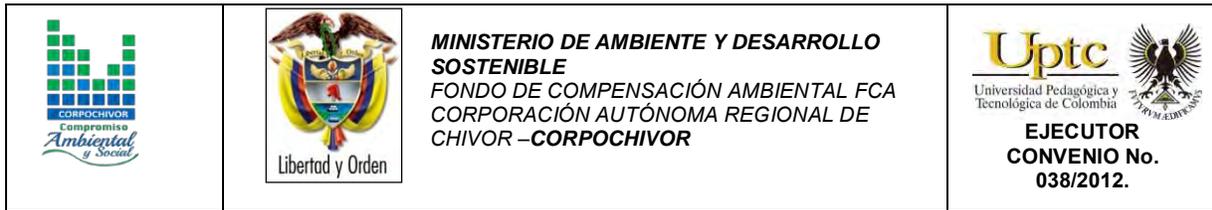
- Identificar, sectorizar y describir las zonas de vida o formaciones vegetales.
- Identificación, sectorización y descripción de los diferentes tipos de cobertura vegetal existente.
- Identificación de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.
- Presentar un plano de cobertura vegetal 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 EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, 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, 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.

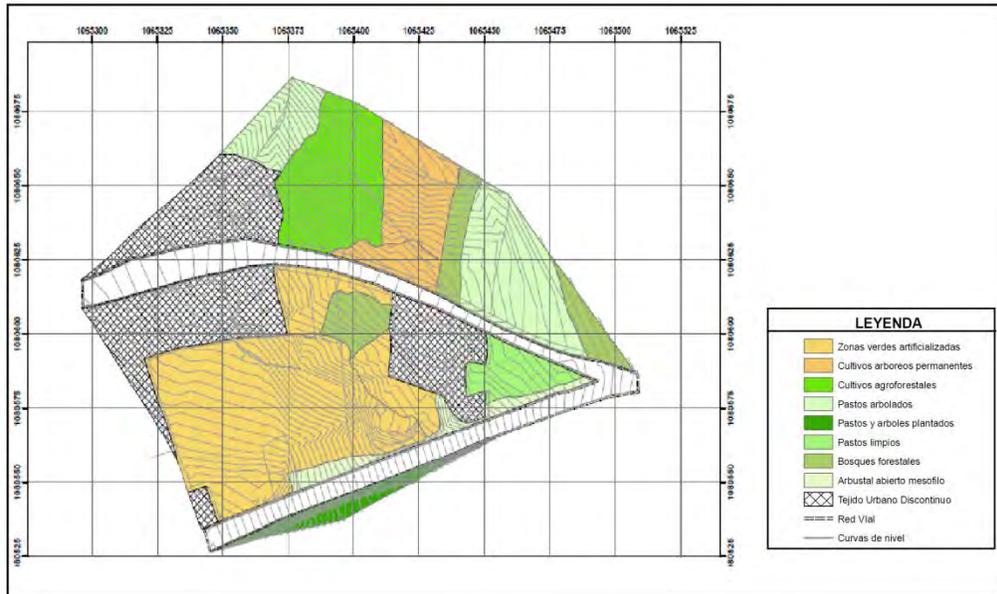
4.6.3 Área de influencia del estudio

Zonas de estudio municipio de turmequé e1065341, n1080624 altura. 2345 m.s.n.m.

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:

Figura 25. Imagen mapa de uso y cobertura del área de estudio



Fuente. Resultados del estudio.

4.6.3.1 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 a de cambia del usa del suela hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativas.

4.6.3.1.1 Zonas Urbanas.

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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

4.6.3.1.1 Tejido urbano continuo:

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. La superficie de la unidad debe ser superior a cinco hectáreas.

Incluye:

- Centro de aglomeraciones y centros históricos
- Zonas de habitación periféricas
- Parqueaderos y áreas cubiertas por asfalto o cemento
- Casas individuales y de jardín
- Red de carreteras, con ancho de la vía inferior a 50 m
- Áreas deportivas, pequeños parques y zonas peatonales con tamaño inferior a 5 ha
- Áreas verdes urbanas (parques y prados) cuando representan menos del 20% del área de la unidad
- Edificaciones de servicios públicos (escuelas, hospitales, mercados o industrias, con sus infraestructuras asociadas (parqueaderos, infraestructuras de comunicación, áreas asfaltadas y verdes) con tamaño inferior a 5 ha.
- Escombreras y vertederos con área inferior a 5 ha.
- Cementerios con vegetación o sin vegetación con un área inferior a 5 ha
- Infraestructura vacacional y recreativa con su red vial, edificios y áreas de recreación, si el tamaño es inferior a 5 ha y si está conectado al tejido urbano continuo.

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

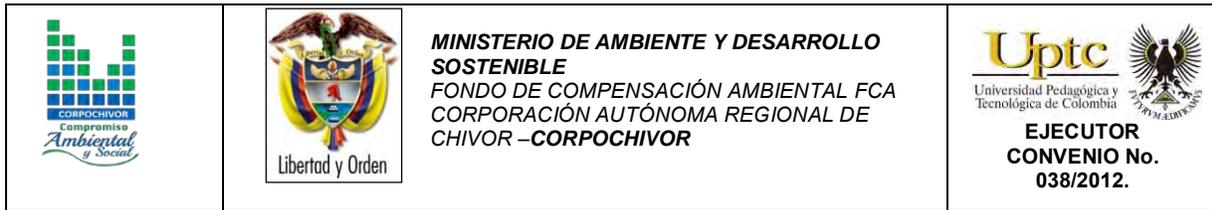
4.6.3.1.1.2 Tejido urbano discontinuo:

Incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano. Presenta una unidad de tejido urbano discontinuo que son 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 o semi-natural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas. **(Fotografía 2)**

Fotografía 2. Tejido urbano discontinuo presente en la zona de estudio.



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR



4.6.3.2 RED VIAL, FERROVIARIA Y TERRENOS ASOCIADOS

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes.

4.6.3.3 ZONAS VERDE ARTIFICIALIZADAS

Comprende las zonas verdes localizadas en las áreas urbanas, sobre las cuales se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación, donde los diferentes usos del suelo no requieren de infraestructura construida apreciable. En general, estas zonas verdes son áreas resultantes de procesos de planificación urbana o áreas que por los procesos de urbanización quedaron embebidas en el parámetro de la ciudad.

4.6.3.3.1 Zonas Verdes Urbanas

Comprende las zonas cubiertas por vegetación dentro del tejido urbano, incluyendo parques urbanos y cementerios.

Incluye:

- Cementerios con zonas verdes importantes, con área mayor a 5 ha
- Jardines ornamentales
- Parques, estanques de parques, áreas cubiertas por césped
- Parques botánicos y zoológicos incluidos en el 'tejido urbano' o al lado del 'tejido urbano'.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



- Espacios arbolados ubicados entre los edificios del 'tejido urbano'.

4.6.3.4 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.

4.6.3.4.1 CULTIVOS PERMANENTES

Comprende de 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, los cultivos y los cultivos arbóreos frutales.

4.6.3.4.1.1 CULTIVOS PERMANENTES ARBÓREOS

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

Ciruela 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. (**Fotografía 3**)

Fotografía 3. *Prunus domestica* cobertura presente en la zona de estudio.



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

4.6.3.4.2 CULTIVOS AGROFORESTALES

Zonas ocupadas por arreglos o combinaciones de cultivos de diferentes especies, con otros de hábitos herbáceos, arbustivos y arbóreos, donde la característica principal de la cobertura es que el aumento en el detalle no implica la subdivisión en

unidades puras, porque estas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas por surcos a hileras de árboles con cultivos o de árboles con pastos.

4.6.3.4.2.1 PASTOS Y ARBOLES PLANTADOS

Cobertura ocupada por arreglos espaciales donde se combinan pastas destinados a ganadería can plantaciones arbóreas destinadas a todo tipo de producción (madera, leña, frutales, resinas, etc.), frecuentemente llamados silvopastoriles; la característica principal de esta cobertura radica en que el aumento en el detalle no implica la subdivisión en unidades puras, porque estas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas par surcos a hileras de árboles con pastas. (**Fotografía 4**).

Fotografía 4. **Pastos y árboles plantados presentes En La Zona De Estudio.**



Fuente. Registro fotográfico

4.6.3.4.2.2 CULTIVOS Y ÁRBOLES PLANTADOS

Cobertura ocupada por arreglos espaciales donde se combinan cultivos con plantaciones arbóreas destinadas a todo tipo de producción (madera, leña, frutales, resinas, etc.); donde la característica principal de la cobertura es que el aumento en el detalle no implica la subdivisión en unidades puras, porque estas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas por surcos a hileras de árboles con cultivos

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.

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.

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.

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.



Calabaza: La cucúrbita pepo es una planta herbácea anual de la familia de las cucurbitáceas, oriunda de Norteamérica, cuyo fruto se emplea como alimento. En la actualidad es también cultivada extensamente en todo el mundo.

Es una planta rastrera que puede llegar a los 10 m de longitud, de tallos acanalados y de aspecto áspero y sarmentoso y con hojas pubescentes, lobuladas y acorazonadas. Las grandes flores amarillas son unisexuales; las masculinas tienen los estambres soldados en forma de pilar y en ambos sexos el cáliz está unido a la corola.

Los frutos son oblongos y varían mucho en tamaño, dependiendo de la variedad. La cáscara es lisa y dura y también varía en color. Las variedades que se siembran en mayo o junio son de piel verdi-blanca mientras que las sembradas en marzo son de piel oscura.

Como todas las cucurbitáceas, *Cucúrbita* pepo hibrida con facilidad con otras especies afines; esa es una de las causas de la frecuente confusión entre las mismas, de las cuales algunas (como *Cucurbita maxima* y *Cucurbita moschata*) se cultivan también por su fruto. Existen multitud de cultivares de diferentes colores y tamaños; las más grandes llegan a pesar entre 18 a 36 kg. (Ver **Fotografía 5**).



Fotografía 5. Cultivos agroforestales ubicados en el casco urbano del municipio de Turmequé.



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

4.6.3.5 PASTOS

En la zona de influencia de la falla en dominancia de zona agrícola del orden de 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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace.

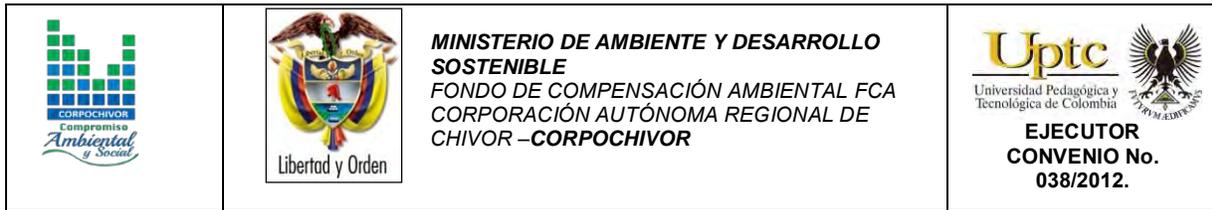
4.6.3.5.1 Pastos Arbolados:

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. **Fotografía 6.**

Fotografía 6. **Pastos en estado de sobrepastoreo e inicio de etapa de erosión**



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR



4.6.3.6 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. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición. Las unidades se agrupan en las siguientes:

4.6.3.6.1 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

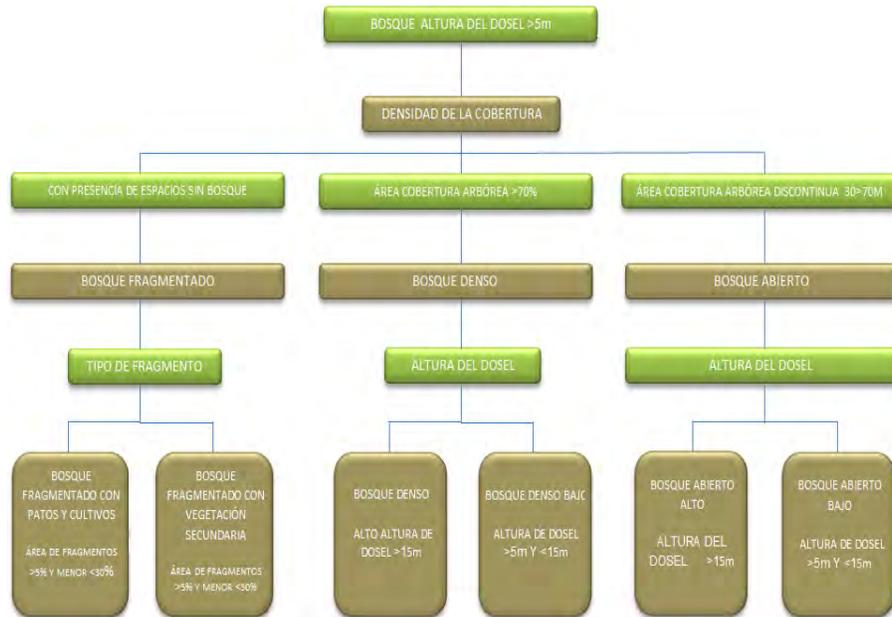


cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad, en la cual la mayoría de las copas no se tocan entre ellas.

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 (ver **Figura 26**).

Figura 26. Criterios para la clasificación de los bosques



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

Bosque 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. **Fotografía 7.**

Fotografía 7. **Bosque forestal de Eucalyptus pellita** presente en el municipio de Turmequé



Fuente. Registro fotográfico.

Myrtaceae: Esta es una familia en donde sus miembros son plantas dicotiledóneas. Entro de 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 está situado en ambos lados del xilema exterior, difiriendo con el resto de las plantas.

Estos árboles presentan hojas perenes, 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.

4.6.3.7 ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA

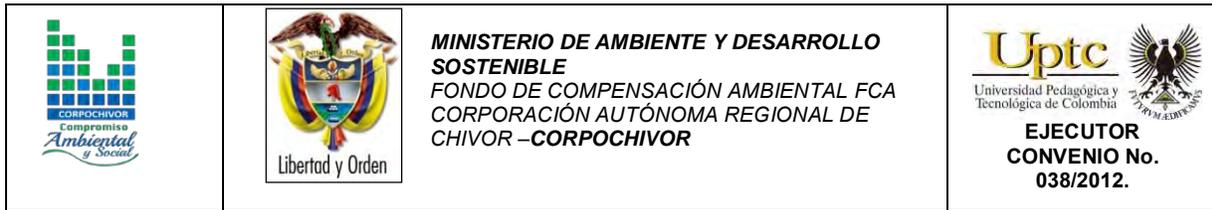
Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.

Para la leyenda de CORINE Land Cover adaptada para Colombia, en esta clase se incluyen otros tipos de cobertura tales como las áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva con dosel irregular y presencia de arbustos, enredaderas y vegetación de bajo porte. Las coberturas definidas son las siguientes:

4.6.3.7.1 Herbazal:

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos.

Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas a su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales



(IGAC, 1999). Para su diferenciación, los herbazales fueron clasificados de acuerdo con tres criterios: por la densidad de la cobertura herbácea, en densos y abiertos; de acuerdo con la condición de inundabilidad se clasifican en inundables y de tierra firme; y de acuerdo con la presencia de árboles y arbustos, en arbolados y no arbolados.

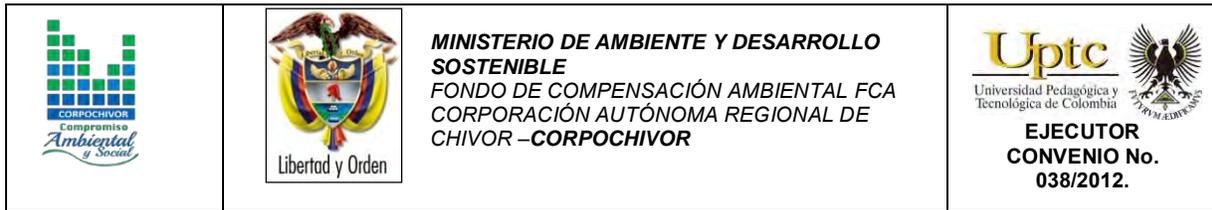
Los criterios utilizados para la diferenciación entre los diferentes tipos de herbazales tienen como fundamento los elementos pictóricos de las imágenes de sensores remotos, los cuales pueden ser identificados directamente en las imágenes, tales como la presencia de árboles y arbustos, a una característica inferida del terreno como es la condición de inundabilidad y densidad del herbazal.

De acuerdo con la información disponible y escala de trabajo, esta unidad puede ser dividida en las siguientes clases:

Herbazal de tierra firme Arbolado: Corresponde a superficies dominadas por vegetación natural herbácea con presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos que ocupan entre 2% y 30% del área total de la unidad, los cuales se localizan en áreas con limitantes edáficos, generalmente en alturas entre 300 a 800 msnm, así como en las zonas de paramo y subparamo de la alta montaña.

4.6.3.7.2 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: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.

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 altoandinas, aledañas a las paramos y bosques de niebla. **Fotografía 8.**

Fotografía 8. **Arbustal abierto mesofilo presente en el municipio de Turmequé.**



Fuente. Registro fotográfico.

4.6.4 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.

El diseño del muestreo en los estudios ecológicos, el diseño de muestreo es la parte que requiere mayor cuidado, ya que éste determina el éxito potencial de un experimento, y de éste depende el tipo de análisis e interpretación a realizarse. Para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable, debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística. La representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores que pueden influir en una determinada variable.

El método usado para la recolección vegetal fueron los cuadrantes, es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación. Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos

El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. Para la zona de estudio, los cuadrantes pueden ser utilizados para muestrear cualquier clase de plantas.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



El tamaño del cuadrante está inversamente relacionado con la facilidad y velocidad de muestreo. El tamaño del cuadrante, también, depende de la forma de vida y de la densidad de los individuos. Para muestrear vegetación herbácea, el tamaño del cuadrante puede ser de 1 m² (1x1m); el mismo tamaño se utiliza para muestrear las plántulas de especies arbóreas. Para muestrear bejucos o arbustos, el tamaño puede ser de 4 m² (2x2 m) o 16 m² (4x4 m). Para árboles (mayor a 10 cm DAP), los cuadrantes pueden ser de 25 m² (5x5) o 100 m² (10x10). El tamaño de los cuadrantes depende de la densidad de las plantas a medirse; para refinar el tamaño adecuado, es necesario realizar pre-muestreos, ya que de no ser así, habrá muchas parcelas con ausencia de individuos o, al contrario, se tendrán cuadrantes en los que se utilizará mucho tiempo.

En la zona de estudio se observaron zonas boscosas representadas por bosques primarios muy intervenidos perturbados por el continuo progreso de las actividades agropecuarias y forestales. Esta vegetación primaria no se resiembra, tampoco se conserva o reintegra después del uso de los suelos, esto unido a otros factores deteriora rápidamente la flora nativa.

En algunos espacios de la zona de estudio se puede observar el fenómeno de paramización secundaria, en zona de bosque alto andino, donde irrumpen las zonas boscosas y los matorrales secundarios, a manera de parches. Se encuentran elementos florísticos propios del área intervenida por procesos de quema y ocupan los espacios vacíos de lo que antiguamente era el bosque alto. Se aprecia el descenso de numerosas especies de páramo siendo indiferentes a calidad de suelos geoformas y humedad de las áreas respectivas, potenciando la sucesión secundaria con especies arbustivas a favor de la función del ecosistema.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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

En la Tabla 12 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 12. Unidades de cobertura vegetal presentes en la zona de estudio del municipio de Turmequé

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus pellita</i>	Eucalipto
<i>Asteráceae</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
<i>Poaceae</i>	<i>Pennicetum setaceum</i>	Catalán
<i>Caricáceae</i>	<i>Carica candamarcensis</i> Hook. f.	Papayuela
<i>Poaceae</i>	<i>Bromus uniolooides</i>	Cebadilla criolla
<i>Poaceae</i>	<i>Pennicetum clandestinum</i>	Pasto
<i>Papilionáceae</i>	<i>Vinga trilobata</i>	Vinga
<i>Rosáceae</i>	<i>Prunus persica</i>	Durazno
<i>Salicaceae</i>	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce
<i>Asteraceae</i>	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca
<i>Asteraceae</i>	<i>Baccharis cundinamarcensis</i> Cuatrec.	Chilca
<i>Asteraceae</i>	<i>Vernonia</i> sp.	Hoja de agua
<i>Asteraceae</i>	<i>Bidens simplicifolia</i> C.H. Wright	Chipaca
<i>Rosáceae</i>	<i>Prunus domestica</i>	Ciruelo
<i>Solanaceae</i>	<i>Cyphomandra betacea</i>	Tomate de árbol
<i>Cupresáceas</i>	<i>Pinus halepensis</i>	Pino de piña
<i>Poaceae</i>	<i>Holcus lanatus</i> L.	Pasto
<i>Poaceae</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Pasto de olor
<i>Poaceae</i>	<i>Andropogon rufus</i> (Nees) Kunth	
<i>Poaceae</i>	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña dulce

Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR



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 Turmequé, 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.

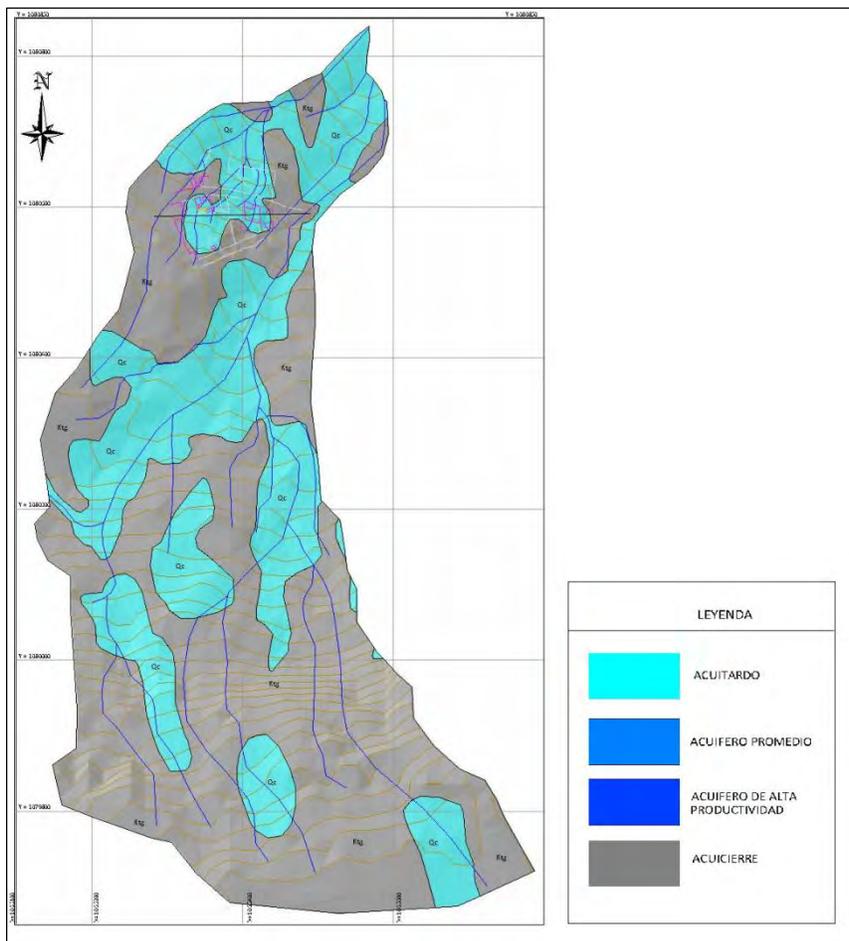
5.1.2 Acuitardo.

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 Acuíferos.

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

Figura 27. Imagen del mapa hidrogeológico del mapa de estudio



Fuente. Resultados del estudio.



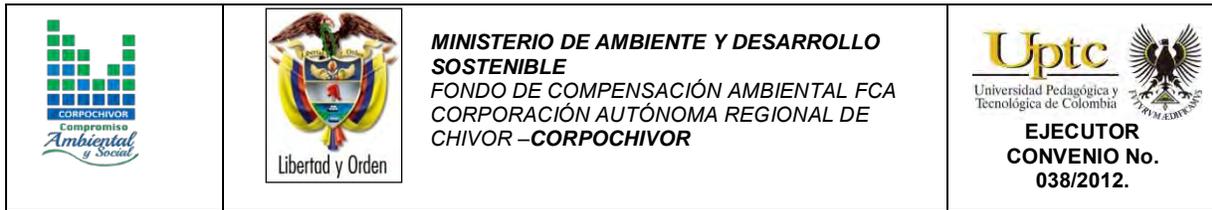
5.2 MARCO HIDROLÓGICO GENERAL

5.2.1 Unidad I (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, en el sector de estudio presenta bloques angulosos a subangulosos de areniscas, calizas o limolitas silíceas; se encuentran embebidos dentro de una matriz areno arcillosa.

5.2.2 Unidad II (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 intercaladas con areniscas cuarzosas, limolitas negras y algunas concreciones, presentes en la Formación Guaduas (Ktg), las cuales se clasifican como acuícierres.



6 ESTUDIO GEOELÉCTRICO (TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA)

6.1 INTRODUCCION.

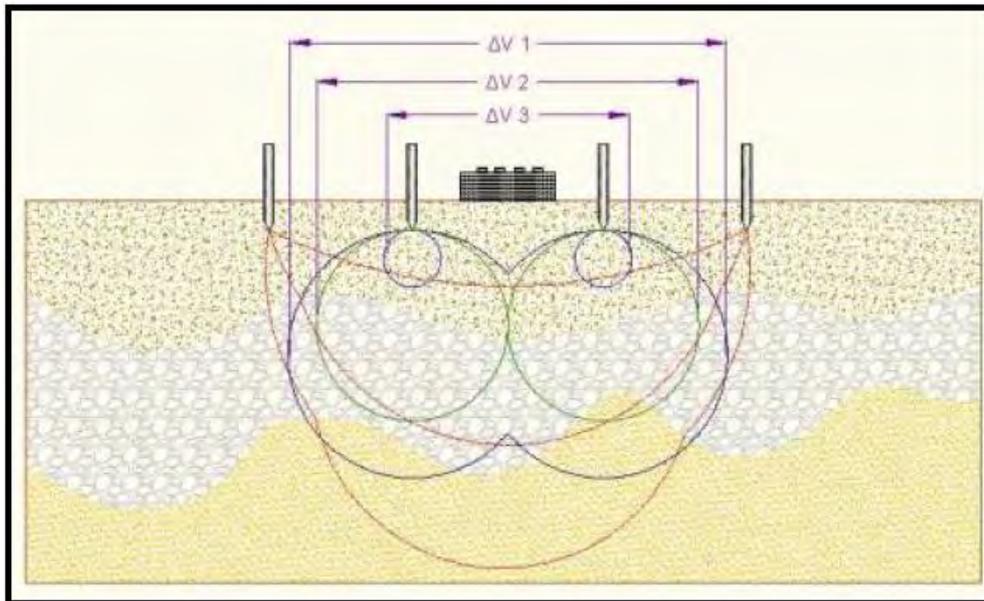
Las Tomografías Eléctricas Resistivas (TER) son métodos geofísicos de exploración o Ingeniería Geofísica, los cuales están constituidos por una serie de técnicas que permiten medir las variaciones de diversas propiedades físicas en los materiales que forman la corteza terrestre tales como: densidad, 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 28**); 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 29**). 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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

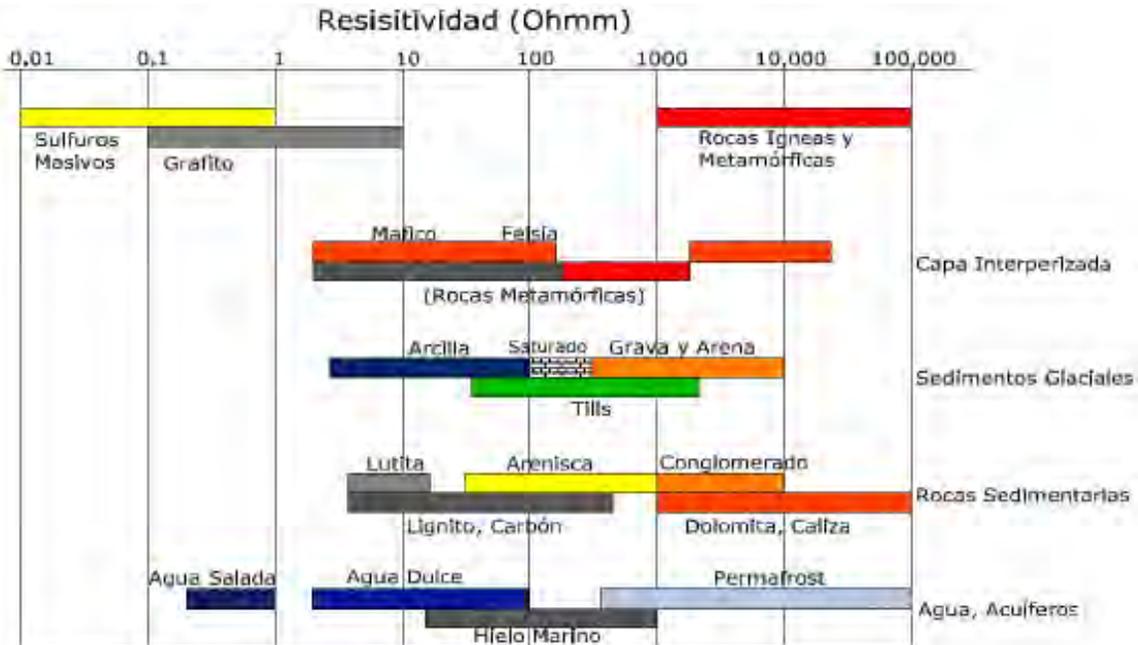
Durante décadas, los Estudios de Resistividad Eléctrica han sido utilizados en investigaciones sobre hidrogeología, geotecnia y también actualmente en estudios ambientales (Loke 2004).

Figura 28. 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 Ange

Figura 29. 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.

6.2 OBJETIVO

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

6.3 PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.

6.3.1 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.

Definición.

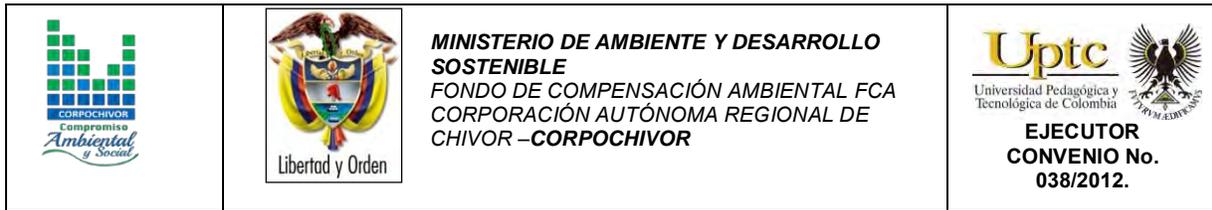
Es la variable experimental que expresa los resultados de las mediciones en TGe y la que se toma como base para la inversión y posterior interpretación. Esta está definida por la ecuación:

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

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.

Su relación con los elementos del Subsuelo.

En la Tabla 13, 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 13** se encuentra un conjunto de valores típicos de resistividad de geomateriales.

Tabla 13. Resistividades de algunos suelos y rocas.

Material	Resistividad (Ωm)
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 Geotécnica-Relaciones Geoeléctricas- DANIEL EDUARDO ARIAS.

6.3.2 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.

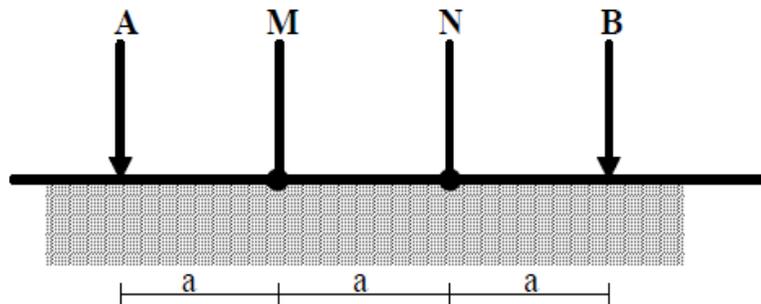
En cualquier dispositivo electródico, si conocemos el factor geométrico k , la corriente eléctrica I inyectada por los electrodos A y B, y la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, podemos calcular la resistividad aparente mediante

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

6.3.2.1 Dispositivo Wenner.

Los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB (Figura 30).

Figura 30. 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 $K = 2\pi (1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN) \wedge (-1)$, donde $K = 2\pi a$

6.4 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 formula:

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

Donde:

d= Distancia entre electrodos

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 área urbana del municipio de Turmequé, se utilizó el equipo TERRAMETER LS 04-064-250 propiedad de la U.P.T.C., con 2

carretes de 210 mts cada uno, 41 electrodos conectados cada uno respectivamente al equipo, para obtener así la siguiente línea con su respectivo análisis.

6.4.1 TOMOGRAFIA N°1

Localizada en la parte media del deslizamiento Coordenadas parte inicial X: 1065416, Y: 1080604, parte final X: 1065241, Y: 1080557, orientación N60°E, con una longitud de 90 m, profundidad obtenida de 16.2 m, y los electrodos conectados a una distancia de 2.20 m cada uno.

Fotografía 9. **Parte alta del deslizamiento.**



Fuente: Los autores.

Fotografía 10. Parte media del deslizamiento



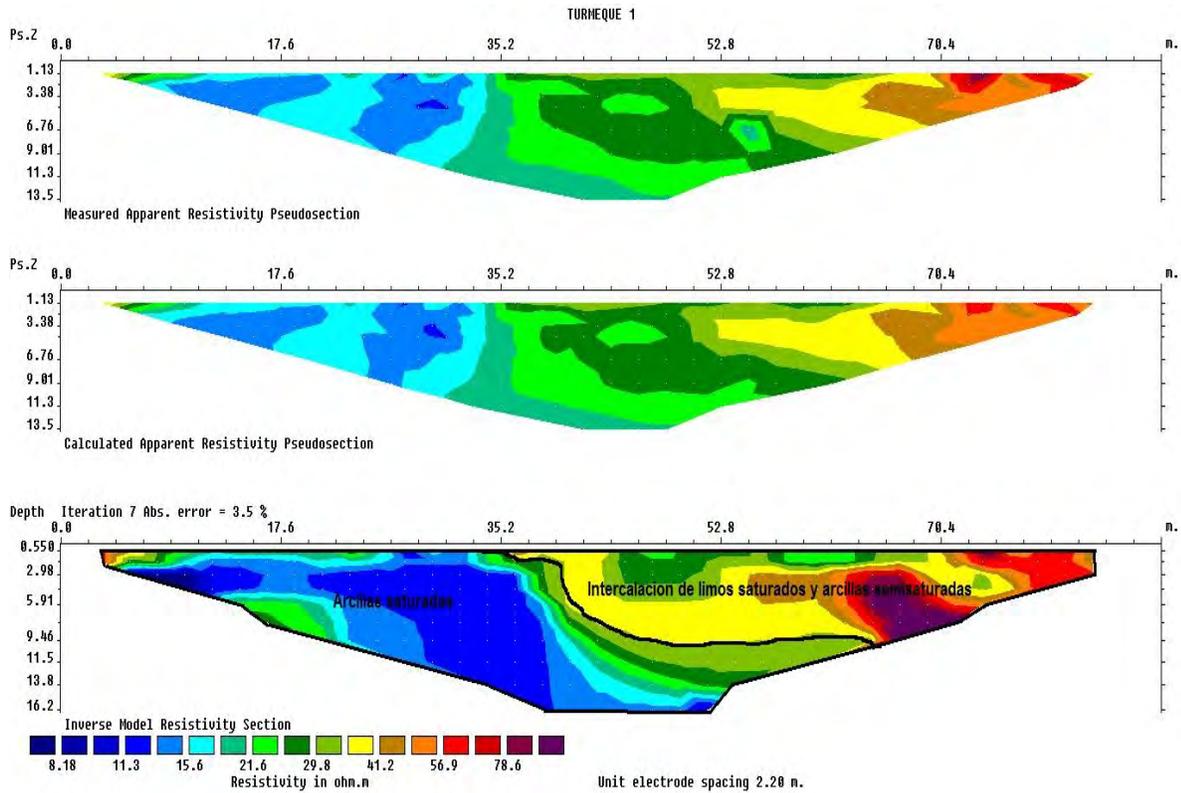
Fuente: Los autores.

Tabla 14. Resistividad de los materiales presentes.

MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD ($\square * m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	0 – 10	8 - 20	<i>Arcillas saturadas</i>
2	4 – 22	21 - 80	<i>Intercalación de limos y arcillas saturados</i>

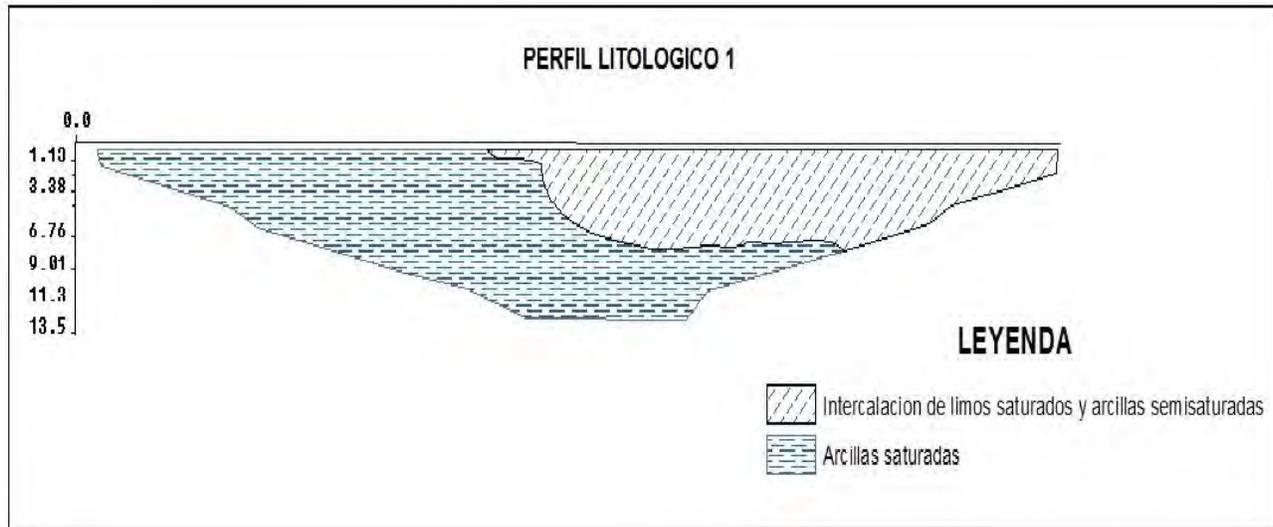
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 31. Perfil 1 tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

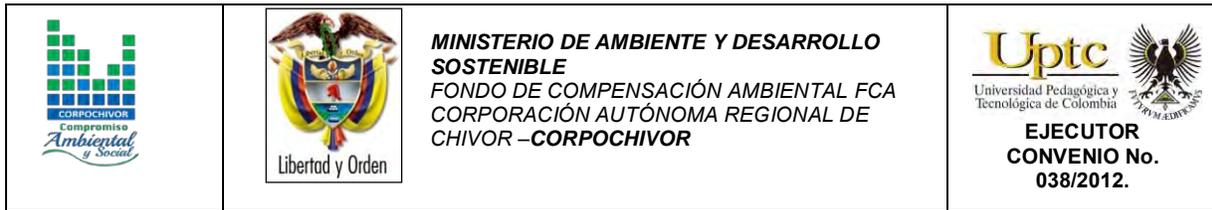
Figura 32. Perfil litológico 1



Fuente: Resultado del estudio.

6.4.2 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 dos unidades Geoeléctricas bien definidas, donde encontramos niveles de arcillas saturadas con rangos de resistividades que oscilan entre 8 – 20 $\Omega \cdot m$ y otro material que está compuesto por intercalaciones de limos y arcillas semis aturadas o saturadas con resistividades que van desde 20 - 80 $\Omega \cdot m$, ver **Figura 32**.



7 GEOTECNIA

En este capítulo se consignan los aspectos relacionados con la evaluación geotécnica del fenómeno de remoción en masa (FRM) que afecta el municipio de Turmequé, desde hace unos años, y que han evolucionado hasta afectar considerablemente parte de las viviendas de la población de este municipio.

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

A partir de la información obtenida, se realizó el diagnóstico del fenómeno de remoción en masa que este municipio estableciendo hipotéticamente los mecanismos de falla y planteando las medidas aplicables para el tratamiento de la zona inestable.

7.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

7.1.1 Sondeos geotécnicos

7.1.1.1 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 de a referencia.**, el cual se llevó a cabo después de determinar que el método

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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 Exploracion directa del sub suelo

La exploración directa del sub suelo consiste en la realización de apiques (3) con una profundidad aproximada a 0 a 3 metros, las coordenadas de cada uno de estos se relaciona en la **Tabla 15**. De estos se tomaron muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos pertinentes para caracterizar los materiales presentes en esta zona.

Tabla 15. **Coordenadas de los apiques realizados**

Turmequé			
Apique N°	Coordenadas		Altura (m.s.n.m)
	Este	Norte	
1	1,065,387	1,080,553	2191
2	1,065,353	1,080,608	2257
3	1,065,408	1,080,689	2335

Fuente. Resultados del proyecto

El material descrito en los sondeos, corresponde con una primera capa vegetal color grisácea de grano fino, con presencia de guijarros de 5 cm, plasticidad media que corresponde a los primeros 10 cm de profundidad, material arcilloso grisáceo altamente meteorizado con vetas amarillentas de grano fino y esporádicas guijarros de arcillolita muy compacta hasta 3 m de profundidad (**Figura 33**).

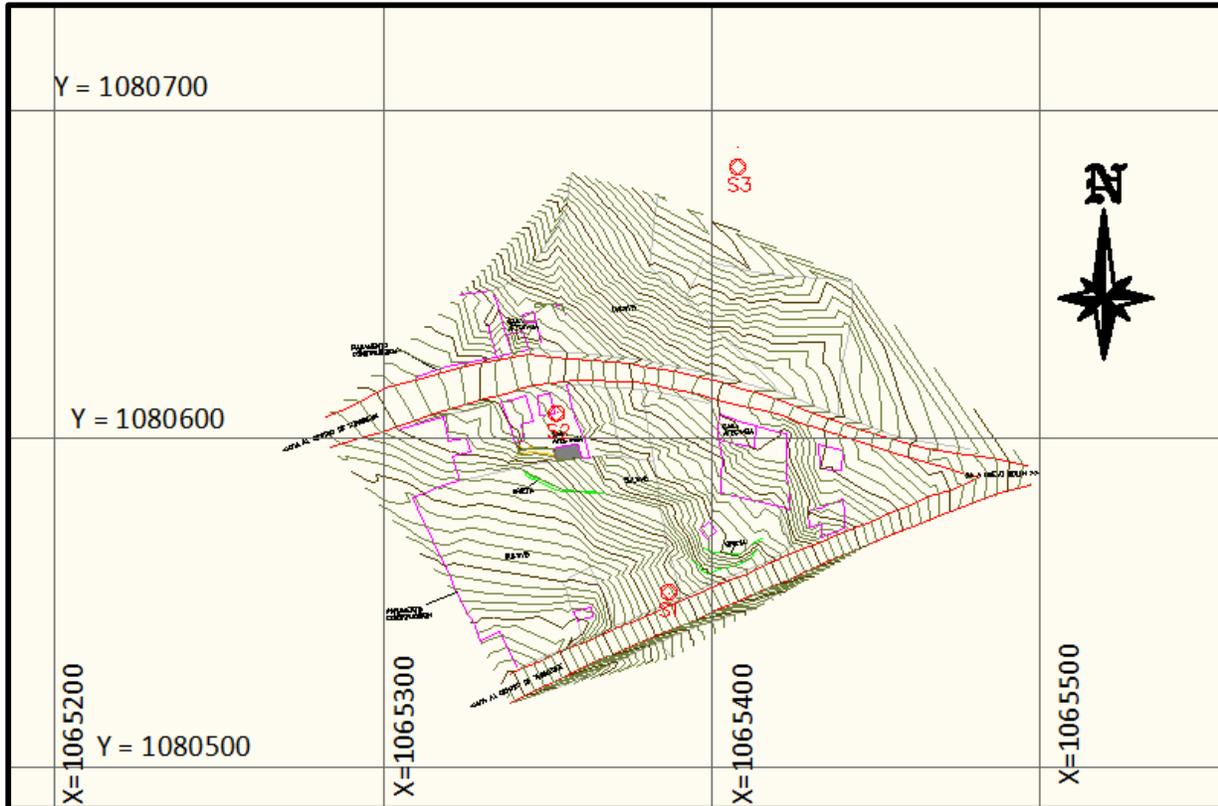
		<p>MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p>EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------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

Fotografía 11. Apique en la parte baja de la zona de estudio



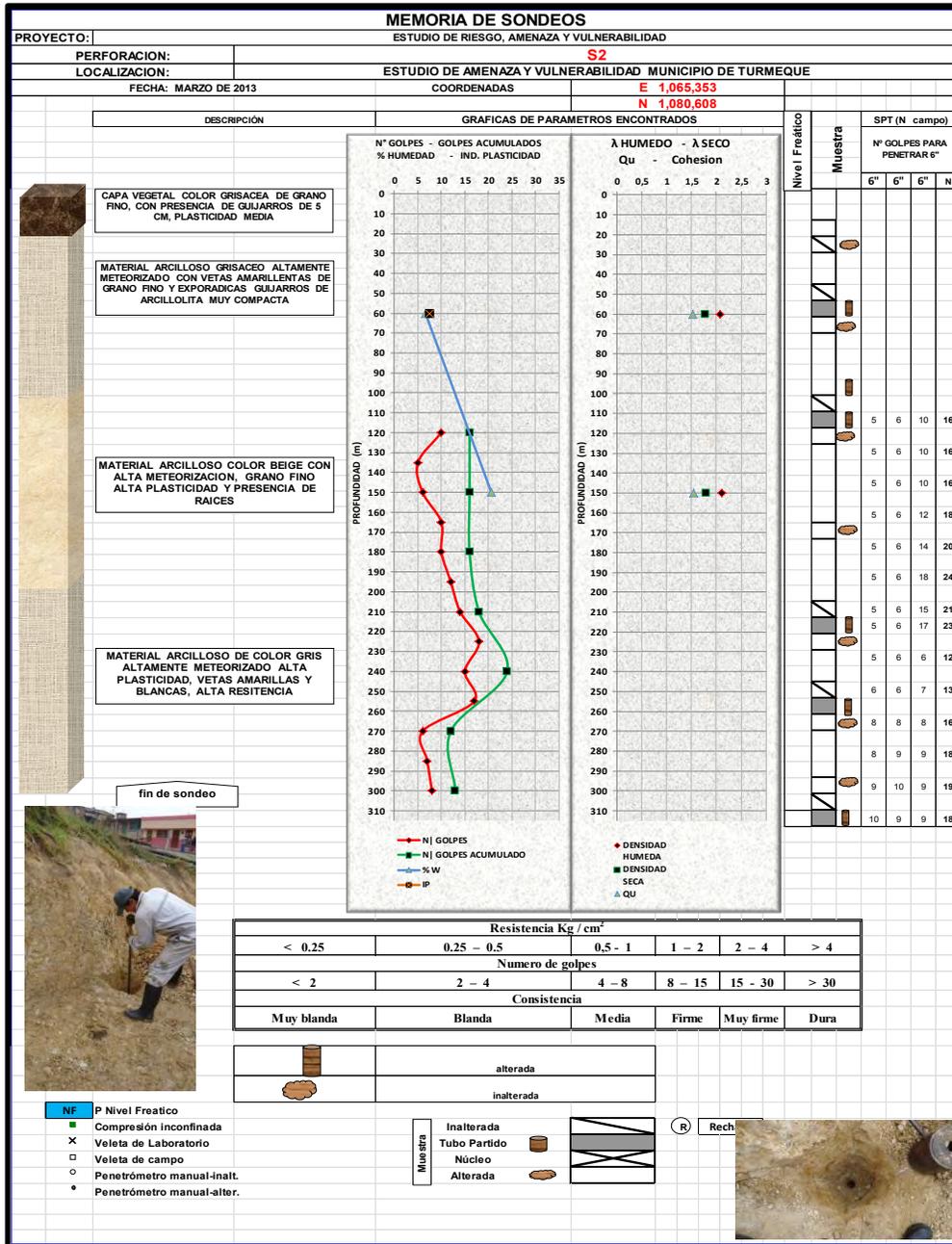
Fuente. Registro fotográfico.

Figura 33. Exploración Geotécnica



Fuente. Resultados del estudio

Figura 34. Sondeo Geotécnico N° 3



Fuente. Resultado de la investigación

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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 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).

Fotografía 12. **Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada.**



Fuente. Registro fotográfico.

Corte directo: 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.

Fotografía 13. Muestras a las que se les realizó la prueba de corte directo.



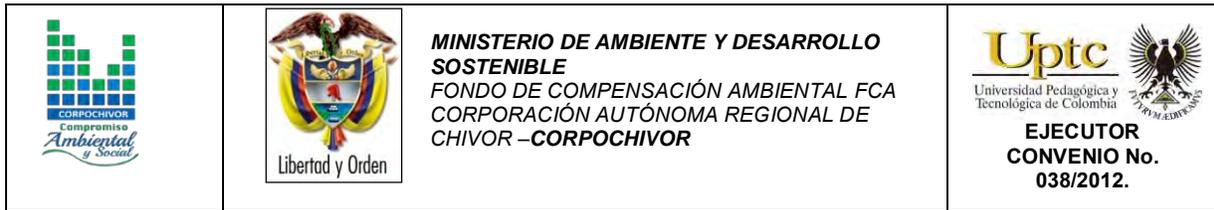
Fuente. Registro fotográfico.

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.

7.2.2 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 1.8 – 2.12 gr/cm³, con límite líquido < 20% e IP entre 9% y 20%.

Los resultados de las propiedades mecánicas reflejan una resistencia a la compresión simple de 0.82 – 2.5 kg/cm², cohesión de 0.4 – 1.3 Kgf/cm², ángulos de fricción entre 15° y 19°. Estos resultados de las propiedades físicas y mecánicas se utilizaron para el análisis de estabilidad. Se presentan los formatos correspondientes a los ensayos de laboratorio, de los cuales se presenta una tabla resumen (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



7.3 CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS

El movimiento lento de reptación del coluvión produce un alineamiento de los granos de minerales y la creación de numerosas y microscópicas superficies de cortante. Estas superficies reducen de forma significativa, la resistencia al cortante de los materiales coluviales.

Tabla 16. Resumen ensayos de laboratorio

Uptc		UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA															L.S.R.		
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS																	
		SECCIONAL SOGAMOSO																	
MEMORIA DE SONDEOS																			
PROYECTO:		ESTUDIO DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD MUNICIPIO DE TURMEQUE																	
APIQUES/MUESTREO		S1 - S2 - S3																	
LOCALIZACION:		MUNICIPIO DE TURMEQUE																	
FECHA:		MARZO DE 2013																	
alterada																			
alterada																			
		COORDENADAS										RESISTENCIA AL CORTE SUELOS							
SONDEO / APIQUE N°	MUESTRA N°	TIPO DE MUESTRA	PROF. (m)	COORDENADAS		PROPIEDADES FISICAS SUELOS					CORTE DIRECTO		λ HUMEDO		λ SECO		COMPRESION INCONFINADA		PENETROMETRO
				E	N	Wn (%)	LL	LP	IP	CLASIF (U.S.C.)	P.T.N° 200 (%)	φ	C	Peso Unitario	Peso Unitario	qu	C	BOLSILLO Kg/cm ²	
1	1		0,50	1,065,387	1,080,553	4,00	35,99	11,76	24,23	CL	90,738	15,640	0,545	2,1349	1,8426	0,7052	0,3526	> 4,0	
	2		0,70	1,065,387	1,080,553		38,64	14,29	24,35	CL	61,73	18,366	0,472	2,124	1,837	0,8047	0,40235	3,5	
	3		1,00	1,065,387	1,080,553	7,71								1,9373	1,534	1,1427	0,57135	> 4,0	
	4		1,30	1,065,387	1,080,553					CL	95,285			2,008	1,5831	1,5991	0,79955	> 4,0	
	5		1,50	1,065,387	1,080,553	17,10	48,66	11,11	37,55	CL		17,446	0,630	1,929	1,503	1,3993	0,69965	3,5	
	6		2,20	1,065,387	1,080,553	17,40								1,935	1,523	1,5758	0,7879	> 4,0	
	7		3,00	1,065,387	1,080,553	20,62	41,72	24,00	17,72	ML	97,737	20,806	0,569	2,025	1,688	3,4096	1,7048	3,5	
2	1		1,00	1,065,353	1,080,608	6,61	34,99	27,49	7,50	ML	90,095	12,407	0,639	2,067	1,778	1,5251	0,76255	> 4,0	
	2		2,00	1,065,353	1,080,608	20,62								2,1	1,7981	1,5449	0,77245	> 4,0	
3	1		1,00	1,065,408	1,080,689	7,72	23,02	21,74	1,28	CL	95,519	15,640	0,780	2,089	1,801	0,7741	0,38705	> 4,0	
	2		1,50	1,065,408	1,080,689									2,122	1,826	0,6432	0,3216	> 4,0	

Fuente. Resultados de estudio.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



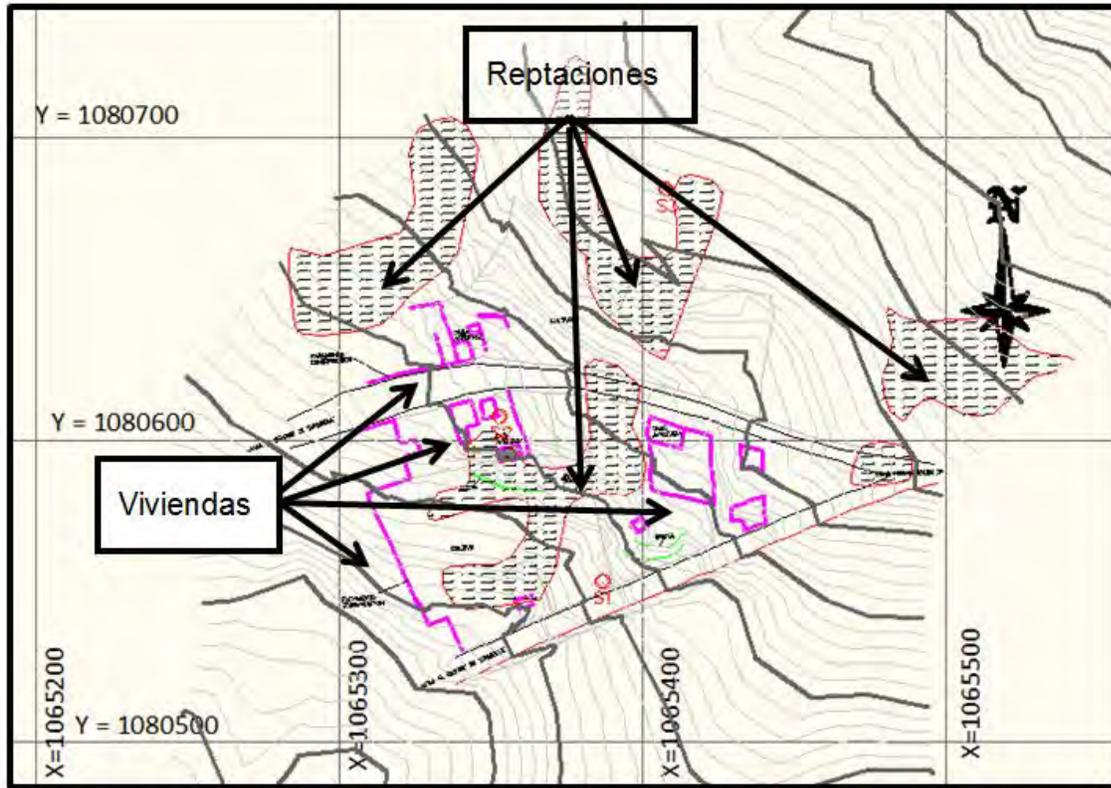
Debido al procesos de saturación y secado en los suelos, usualmente arcillosos, muy blandos o alterados, con características expansivas. Con frecuencia se presenta la reptación en los taludes de terraplenes, los cuales al saturarse, tratan de fluir generándose inicialmente la reptación del suelo subsuperficial. Esta reptación puede terminar en un flujo o en un deslizamiento de traslación. (Jaime Suarez, 1998).

7.4 CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO

El movimiento presenta las características de reptación, debida a factores exógenos que alteran el estado natural del terreno, como lo son la interrupción de drenajes naturales con la construcción de viviendas, tala de árboles y otros factores que conllevan a que esta zona presente estos factores de inestabilidad. Estos movimientos de reptación se conocen como movimientos lentos que en su mayoría de ocasiones son producidos por acumulación de aguas en materiales que son poco permeables lo cual produce un aumento en la presión ejercida sobre el material produciendo este desplazamiento, además de la expansibilidad de las arcillas contribuyen a este movimiento. Se pueden determinar varios movimientos de reptación que producen grietas en las casas de la zona. Este tipo de movimientos se pueden evidenciar por la inclinación cercas y/o la inclinación o curvatura de los troncos de los árboles y arbustos (ver **Fotografía 14**).

Un fenómeno de reptación puede con el tiempo evolucionar a un deslizamiento de traslación. (Jaime Suarez, 1998).

Figura 36. Vista en planta de los movimientos respecto a las edificaciones.



Fuente. Resultado de la investigación

Fotografía 14. **Inclinación de la vegetación y cercas ocasionada por el movimiento**



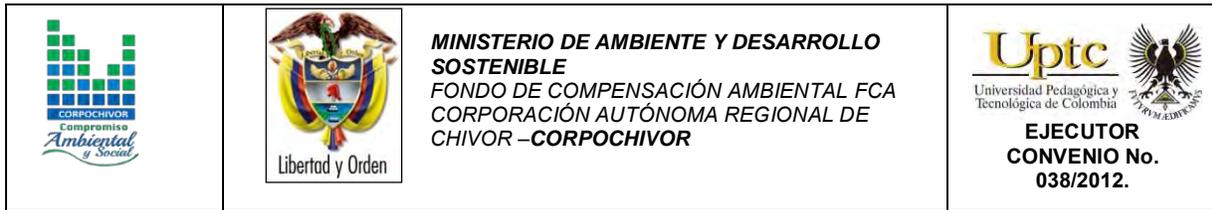
Fuente. Registro fotográfico

Fotografía 15. **Grietas en las casas**



Fuente. Registro fotográfico

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



7.5 CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

7.5.1 Causas Reales

Las causas directas del fenómeno 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

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:

- Los procesos de expansión y contracción pueden generar fenómenos de reptación. Al aumentar la humedad el suelo.
- La capacidad de capturar agua del material pero no de transmitirla 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 se encausan hacia el sitio donde se ubica la planta de tratamiento empezándose en esta área por su disminución de la pendiente.
- El mal uso de suelo, la ocupación de drenajes naturales para regadío de cultivos, tala y pastoreo (ver **Fotografía 16**).

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.

Fotografía 16. **Sembradíos y grietas de tracción en el movimiento**



Fuente. Registro fotográfico



7.6 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA

La modelación geotécnica tiene como objetivo verificar las condiciones actuales de estabilidad del sector en el municipio de Turmequé.

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 realizó 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 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 R_u , coeficiente que se define como:

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

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

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

El coeficiente R_u 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 Turmequé 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 para el corregimiento de Granada. 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 Turmequé los coeficientes de aceleración horizontal (Aa) y vertical (Av) son iguales a 0.2 y 0.2 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 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 18**).

Tabla 17. Coeficientes 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
114	Tota	15822	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08
116	Turmequé	15835	0.20	0.20	Intermedia	0.12	0.06
122	Viracachá	15879	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08

Fuente: Título A NSR – 10.

Tabla 18. 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:

$$k = k_{ST} * A_a = 0.8 \times 0.25 = 0.16$$

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

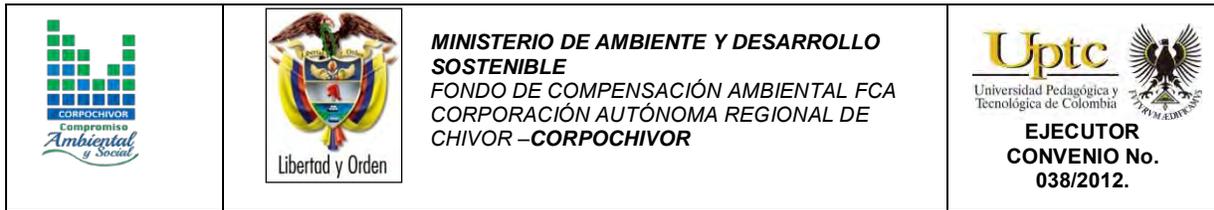
$$F.S. = \frac{\text{Fuerzas resistentes}}{\text{Fuerzas actuantes}}$$

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

7.6.1 Análisis estructuralmente 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. Se realizaron los análisis de los perfiles geológicos A–A', B–B', C–C'

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 19. **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)	Water Surface	Ru
Qc		22	Mohr-Coulomb	8	18	None	0.5
Ktg		22	Mohr-Coulomb	15	15	None	0.5

Fuente. Registro fotográfico.

El modelo grafico 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.

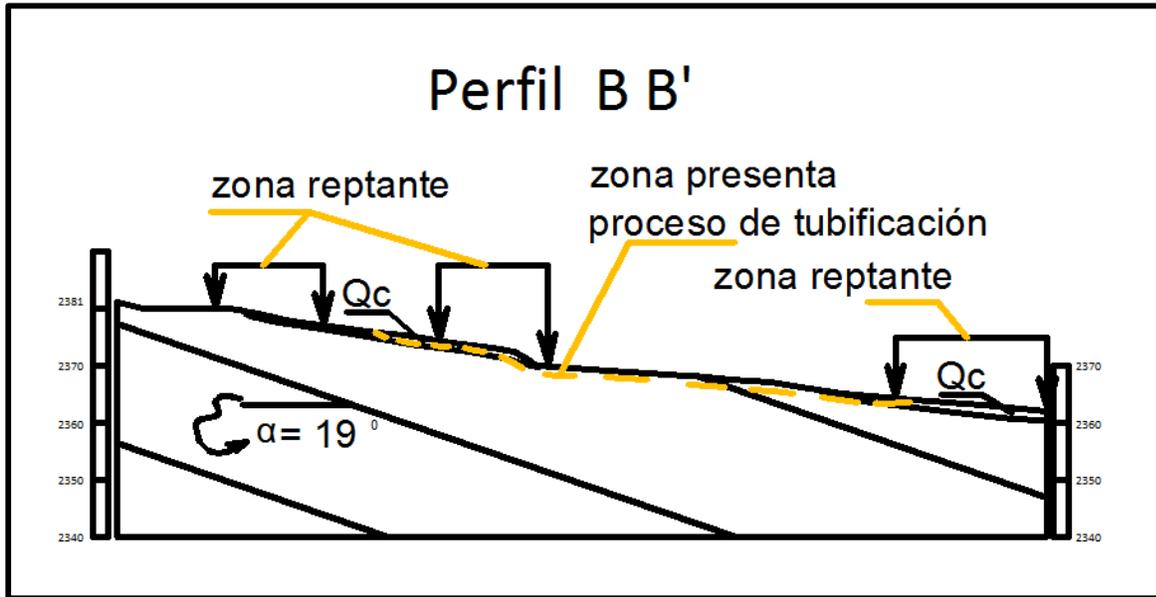
Para este caso se analizaron varios perfiles pero en este capítulo se consigna solamente el perfil B-B' que comprenden realmente el deslizamiento como tal.

7.6.2 Modelo perfil B –B ´

El modelo grafico 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.

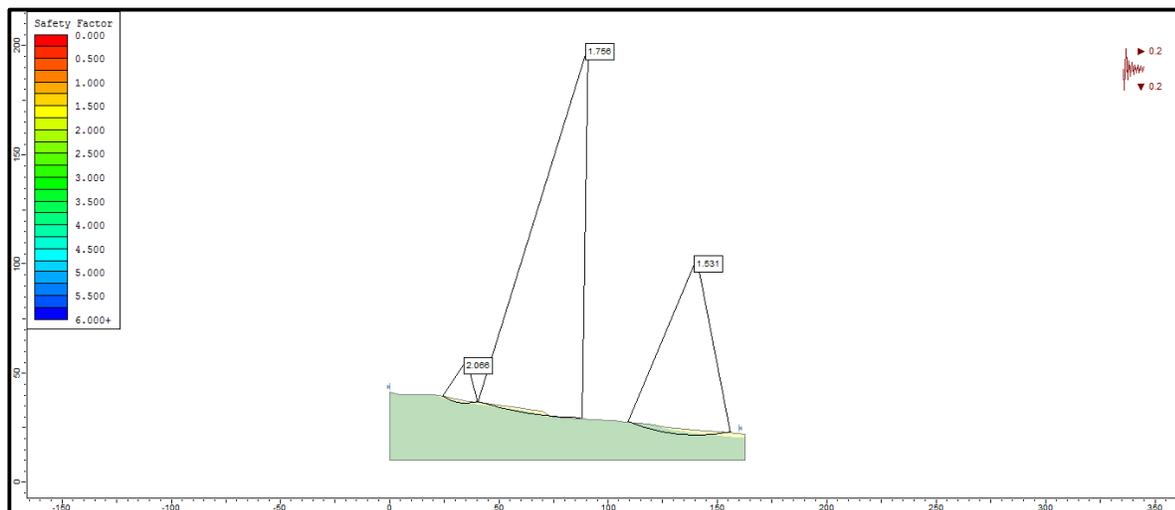
Para este caso se analizaron varios perfiles pero en este capítulo se consigna solamente el perfil B-B' que comprenden realmente el deslizamiento como tal.

Figura 37. Perfil geológico B-B'



Fuente. Resultados de la investigación.

Figura 38. Modelo de análisis perfil B-B'



Fuente. Resultados de la investigación.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



Los resultados de este análisis se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 20. Factores de seguridad para el modelo del 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 ($R_u = 0.1$)	1.76	1.64	1.106	1.140
Condición de agua subterránea crítica ($R_u = 0.3$)	0.961	0.963	0.948	0.977
Condición de agua subterránea media ($R_u = 0.5$) y sismo (análisis pseudoestático)	0.809	0.802	0.790	0.814

Fuente. Resultados de la investigación.



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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

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.

Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas inestables.

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 proximidades a zonas inestables, desviación de ríos.	Abundancia relativa de agua y zonas de surgencia hídrica. Suelos con alto porcentaje de humedad o mojados en tiempo continuo.
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.

 <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>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

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 21**, teniendo en cuenta los parámetros de la Metodología de Leone.

Tabla 21. Categorización de amenazas por (F.R.M)

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. Resultados de la investigación

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 22**.

Tabla 22. Categorización de amenaza por (F.R.M) 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. NRS-10

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

8.3 ANALISIS DE AMENAZA

Fotografía 17. Viviendas ubicadas en la zona de deslizamiento



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

Se observa un proceso de reptamiento que se presenta en el área urbana, salida hacia el municipio de Nuevo Colon, el cual esta siendo acelerado por el flujo de aguas provenientes de la parte alta del Municipio, generadas por filtraciones del Alcantarillado que atraviesa el sector, incrementándose en épocas invernales, las cuales modifican de manera considerable las condiciones morfológicas del terreno, observándose grietas y terracetas que facilitan la



acumulación del agua de escorrentía, saturando altamente el terreno, y en época seca lo contrae. Este movimiento está asociado a las condiciones litológicas de la zona y al mal manejo de las aguas de la parte superior, por fugas en el alcantarillado antiguo que atraviesa el sector, las cuales no han sido canalizadas correctamente. 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: Media y Baja

Amenaza Media.

Corresponde a las viviendas ubicadas entre las carreras 2ª y 3ª con calle 6ª, en donde se observa agrietamiento de las viviendas y asentamientos en algunas de ellas. **Fotografía 18.**

Fotografía 18. Estado de las viviendas

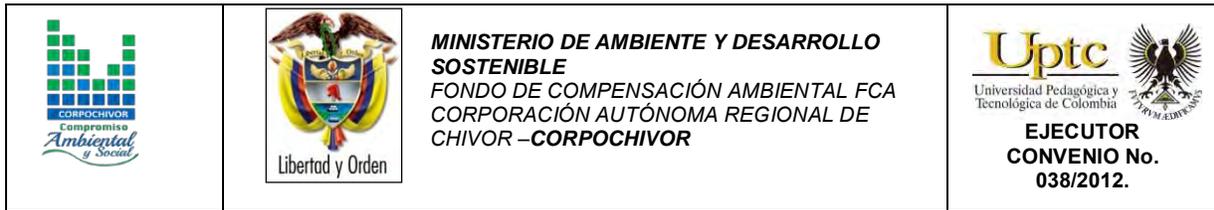


Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

Amenaza Baja.

En este se encuentra la zona en la parte baja de la carrera segunda, en donde no hay presencia de viviendas pero si de predios de pastoreo y cultivos, observando un avanzado proceso de reptamiento hacia la cañada La Cocha.

Fotografía 19.



Fotografía 19. Zona de reptamiento en parte alta de carrera 2ª



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

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. **Figura 39.**

Figura 39. Ubicación de la zona.



Fuente. Geología Regional Municipio de Turmequé – Corpochivor



9 EVALUACIÓN 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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



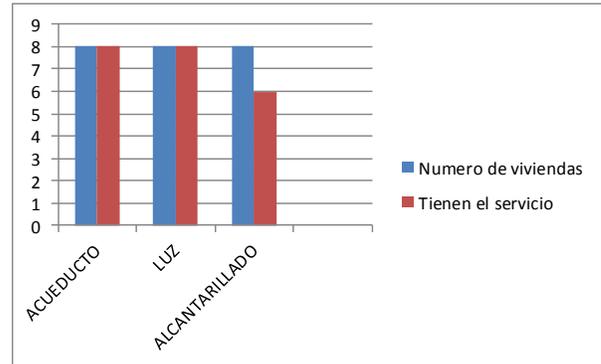
análisis es apenas cualitativo y se basa en la información de los formularios como: el nivel de ingresos, la percepción del peligro, las recomendaciones para medidas urgentes, la cobertura de los servicios públicos y el índice de carencia de la vivienda.

9.2 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 40**. 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 40. Indicadores de Índice de Vulnerabilidad social

	ACUEDUCTO	LUZ	ALCANTARILLADO
Numero de viviendas	8	8	8
Tienen el servicio	8	8	6
No tienen el servicio	0	0	2
% carencia	0	0	25
Promedio	8.33		
Indice de servicios	0.833		



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 DE RECUPERACION	8	100
		0	0
		8	100

Fuente. Resultados del estudio

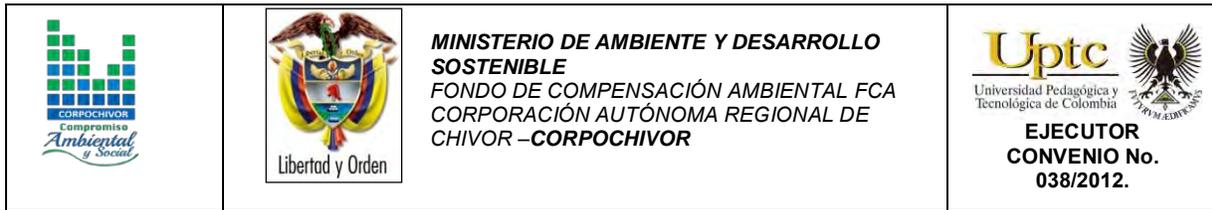
En el Anexo 8 se presenta copia de los respectivos soportes del inventario.

En el sector de Área Urbana del Municipio de Turmequé, salida a Nuevo Colon, se encuentran 8 viviendas en la zona afectada, las cuales presentan un grado de Vulnerabilidad medio, generando una mayor percepción de riesgo

9.3 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 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.

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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



manera dar a conocer los procedimientos a seguir ante la ocurrencia de un desastre como un flujo de material en la zona

9.3.1 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 23**.

Tabla 23. **Criterios de resistencia de la estructura**

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

Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

9.4 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, 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 24**.

Tabla 24. **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. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

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:

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

RN: Resistencia Movilizada

IR: Índice de Resistencia



IE: Índice de Exposición

9.4.1 Índice de exposición (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 solicitación 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 solicitación, 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 25. 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

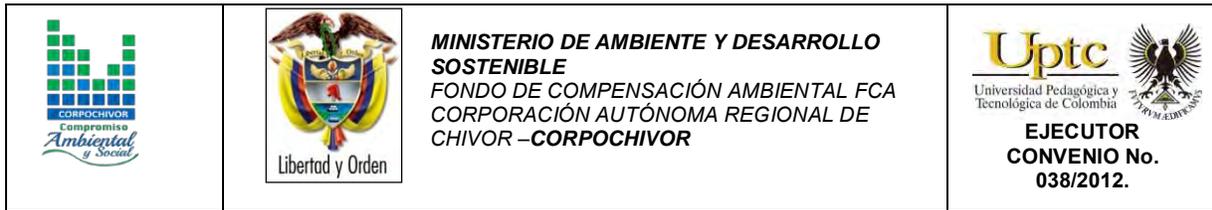
Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

9.4.2 Índice 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 41 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 aporricados 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.

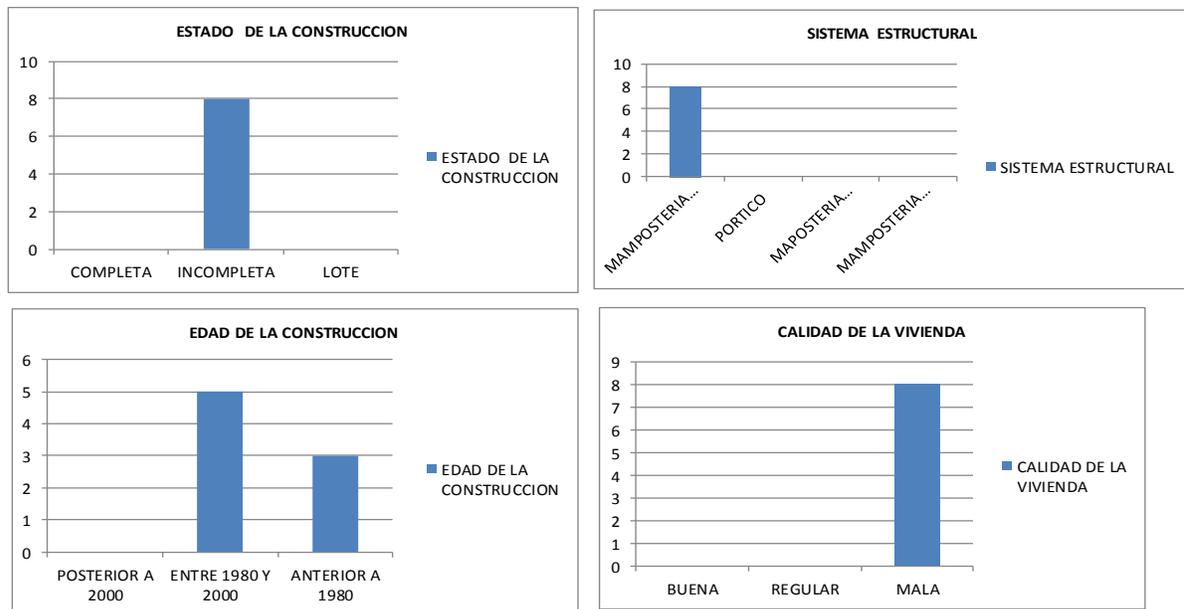
A las variables mencionadas se les asignó un grado de contribución a la resistencia, simulando que en todos los casos la sollicitación más crítica es por presiones laterales, así:

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 41**.

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 41** muestra la composición de las viviendas por sistema estructural según los datos obtenidos en la encuesta, las viviendas no cuentan con sistema estructural.

Figura 41. Tipología de viviendas



Fuente. Resultados del estudio.

La **Tabla 26** 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:

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

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

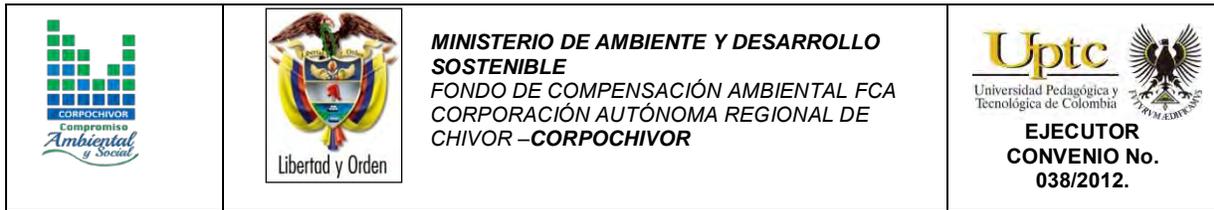
Tabla 26. Factores de Ponderación

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. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

9.4.3 Intensidad e índice 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 27**). 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 28**.

Tabla 27. **Matriz para la determinación de la intensidad de daño**

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

SC= SUPERFICIE DE CONTACTO
SE= SUPERFICIE EXPUESTA

Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

Tabla 28. **Determinación del 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. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

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

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

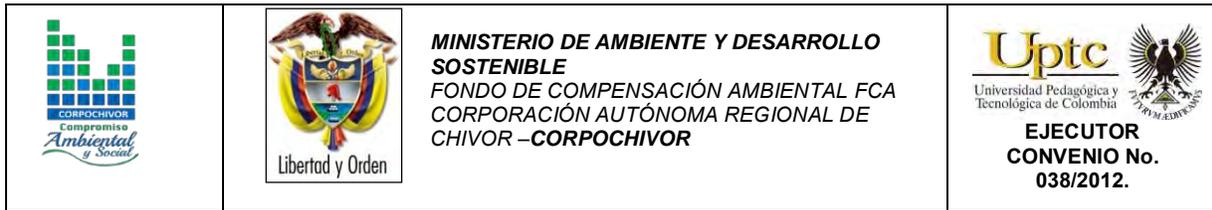
Donde,

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

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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.

9.5 EVALUACIÓN Y GENERACIÓN 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 29. Matriz para escenarios de riesgo

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

Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

9.6 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 ocho viviendas en el área de influencia del movimiento, las carreras 2ª y 3ª, salida a Turmequé. Las viviendas del sector fueron censadas.

Tabla 30. Número de integrantes por familia

FAMILIA	No. INTEGRANTES
ALIRIO MOLINA	1
MARIA DE JESU GUATAQUIVA	7
ISABEL RIVERA	1
MARIA VICENTA NARANJO	2
DANIEL ROBAYO	1
ANA LUCIA MUÑOZ	3
HECTOR CUITIVA GOMEZ	1
ELVIRA MORENO MEDINA	1

Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

Fotografía 20. **Desplazamiento del material**



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

Fotografía 21. **Tipo constructivo utilizado**



Fuente. Convenio UPTC-CORPOCHIVOR

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Fotografía 22. **Inclinación de los arboles**



En la zona en general se observa el desplazamiento del material, con formación de pequeños escarpes, agrietamientos e inclinación de árboles.



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.

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

11 CONCLUSIONES.

- Se clasifica el proceso analizado como tubificación ,se observan agrietamientos con continuidad interna, producto de una erosión mecánica por dispersión y disolución y exportación que acaece en los suelos, cuyos minerales son evacuados por flujos hídricos subsuperficiales (producto de un sistema de acueducto abandonado en el área por el cual aún direcciona aguas), especialmente cuando los materiales constituyentes son mayoritariamente finos (arena, limo y arcilla), con un alto contenido en sodio y arcillas expandibles. Los elementos granulométricos de menores dimensiones son evacuados dando lugar a un ensanche de las minigrietas previas, las cuales llevan al colapso de las estructuras presentes en el área, el proceso es activo remontante y su velocidad es lenta, presenta un área aproximada de 5457,55 m² con una profundidad promedio de 2 m, los daños presentes en área, colapso de viviendas. Se presenta entre la Formación Guaduas (Ktg) y el Deposito Coluvial (Qc) .
- Se recomienda a las entidades competentes tomar las medidas necesarias para prevenir los riesgos físicos, económicos y sociales que afecten a las familias que aun habitan el área de influencia del deslizamiento.
- 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>MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p>EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

12 RECOMENDACIONES.

- Debido a la vulnerabilidad estructural de las viviendas afectadas se deberá realizar una inspección de cada una para determinar su condición de estabilidad estructural y determinar las medidas requeridas para cada caso.
- Se recomienda la inspección de las redes de alcantarillado en funcionamiento para determinar si presentan fugas en la zona. De igual manera se debe revisar la posibilidad de la existencia de una antigua red de alcantarillado que aún se encuentre en funcionamiento y éste filtrando aguas residuales en el terreno.
- Se debe generar un sistema de captación de las aguas de riego de los cultivos presentes en la zona con el fin de mantener un nivel de humedad bajo en el terreno.
- Se recomienda la instalación de piezómetros, para monitorear la posición del nivel freático.
- De igual manera se recomienda la toma periódica de muestras de agua para determinar su nivel de contaminación.



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.

Metodología CORINELand Cover adaptada para Colombia 2010

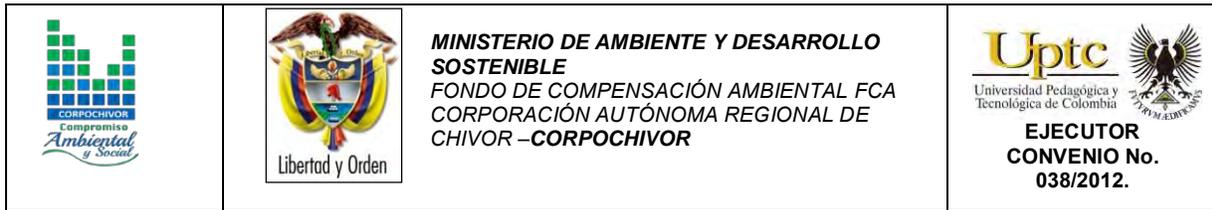
Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.

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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).



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.

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.

ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).