

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

CONTROL DE CAMBIOS

ENTREGA DE INFORMES	ENTIDAD	Unidades
Original	CAM	1

CAMBIOS REALIZADOS

Versión	Cambios realizados respecto a la versión anterior	Fecha

APROBACIÓN CAMBIOS

Versión	Realizó	Revisó	Aprobó	Observaciones	Fecha
V0	JLN	MAV	FSS	Versión Inicial	06-06-18

Realizó: JENNY LORENA NIÑO (JLN)

Revisó: MILTON ANDRÉS VIEDA (MAV)

Aprobó: FLAVIO SOLER SIERRA (FSS)

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	26
2	OBJETIVOS.....	27
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	27
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
3	LOCALIZACIÓN.....	28
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN	29
4	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	30
4.1	ESTUDIOS PREVIOS	30
4.2	NOTICIAS DESTACADAS RESPECTO A LA ZONA DE ESTUDIO	40
5	TOPOGRAFÍA	42
5.1	REGISTRO FOTOGRÁFICO LOCALIZACIÓN DE LOS GCP.....	42
5.2	IMAGEN SATELITAL	42
5.3	OPERACIONES DE CAMPO	44
5.4	PROCESAMIENTO Y RESULTADOS.....	45
5.5	INFORME Y POST-PROCESO	45
5.6	PROCESAMIENTO DE ORTOFOTO Y DEM.....	46
5.6.1	Lanzamiento de zonas escogidas:	46
5.6.2	Revisión inicial de las imágenes de campo	48
5.6.3	Pre-posicionamiento.	48
5.6.4	Georreferenciación de los puntos de fotocontrol	49
6	GEOLOGÍA.....	50
6.1	METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	50
6.2	GEOLOGÍA REGIONAL.....	51
6.2.1	Estratigrafía.....	53
6.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	58
6.3.1	Falla de Algeciras.....	59
6.3.2	Sistema de Fallas Acevedo	60
6.3.3	Falla de Suaza	60
6.3.4	Sinclinal Suaza	61
6.4	GEOLOGÍA LOCAL	61
6.4.1	Caracterización de las unidades geológicas de ingeniería	61
6.4.2.	Unidades de Geología para Ingeniería (UGI)	63

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

7	GEOMORFOLOGÍA.....	77
7.1	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	77
7.2	GEOMORFOLOGÍA LOCAL	77
7.2.1	Unidades Morfogenéticos de Ambiente Antropogénico	78
7.2.2	Unidades Morfogenéticos de Ambiente Fluvial	81
7.2.3	Unidades Morfogenéticas de Ambiente Mixto Denudacional – Agradacional.....	89
7.2.4	Unidades Morfogenéticos de Ambiente Mixto Estructural – Denudacional	90
7.3	MORFODINÁMICA.....	94
7.3.1	Erosión.....	94
7.3.2	Movimientos en masa	97
7.4	ANÁLISIS MULTITEMPORAL.....	100
8	CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS.....	107
8.1	HIDROGEOLOGÍA REGIONAL	107
8.2	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL.....	108
8.2.1	Clasificación de las Unidades Hidrogeológicas	109
9	CONDICIONES SISMOLÓGICAS	111
10	COBERTURA DE SUELO.....	112
10.1	METODOLOGÍA.....	112
10.1.1	Caracterización de la cobertura vegetal	113
10.1.2	Revisión Información Primaria.....	113
10.1.3	Estudio general de mosaico y ortofoto	114
10.1.4	Sistema de clasificación	116
10.1.5	Unidades de cobertura	116
10.1.6	Fase de campo	116
10.2	CARACTERIZACIÓN DE COBERTURAS	116
11	HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA.....	141
11.1	CLIMATOLOGÍA.....	141
11.1.1	Precipitación	141
11.1.2	Temperatura.....	142
11.1.3	Humedad Relativa.....	145
11.1.4	Brillo solar	145
11.1.5	Punto de Rocío.	146
11.2	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	146
11.3	IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS DE DRENAJE.....	147
11.4	TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS.....	148
11.5	ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS	149

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

11.6	ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA	151
11.6.1	Curvas PDF e IDF	159
11.7	CAUDALES MÁXIMOS	163
11.7.1	Caudales Máximos.....	166
12	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	169
12.1	EXPLORACIÓN INDIRECTA	172
12.2	EXPLORACIÓN DIRECTA	178
12.2.1	Ensayos de laboratorio.....	178
12.3	UNIDADES GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS SUPERFICIALES.....	179
12.3.1	Suelo Transportado fluvial, Aluvial Reciente, (Stfar)	180
12.3.2	Suelo Transportado fluvial, Abanico Fluviotorrencial Subreciente, Sftaft1.....	184
12.3.3	Suelo Transportado Fluvial, Depósito Aluvial Activo, Stfaa	188
12.3.4	Formación Gigante.....	192
12.4	PERFIL GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO MUNICIPIO DE ACEVEDO	200
13	ANÁLISIS DE AMENAZA.....	202
13.1	AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	202
13.1.1	Mapa de laderas	204
13.1.2	Análisis de Estabilidad de Taludes	209
13.1.3	Análisis de Equilibrio Límite.....	210
13.1.4	Método Probabilístico De Análisis De Estabilidad De Taludes- Simulación de Montecarlo.....	212
13.1.5	Definición de las distribuciones de probabilidad de las variables Independientes	214
13.1.6	Análisis de la amenaza por movimientos en masa.	216
13.1.7	Categorización de la Amenaza.....	217
13.1.8	Resultados de los Análisis de Estabilidad.....	218
13.1.9	Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa	229
13.2	AMENAZA POR INUNDACIÓN	237
13.2.1	Área de estudio	237
13.2.2	Estudio hidráulico tránsito de crecientes	240
13.2.3	Definición de geometría.	242
13.2.4	Calibración del Modelo.....	248
13.2.5	Caudales para los periodos de retorno.....	249
13.2.6	Análisis de Creciente para un período de retorno de 100 años	249
13.2.7	Categorización de la Amenaza Por Inundación	263
13.2.8	Evaluación de la amenaza	264
13.2.9	Resultados	266
13.2.10	Recomendaciones:.....	267

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

13.3	AVENIDA TORRENCIAL.....	268
14	VULNERABILIDAD	275
14.1	METODOLOGÍA APLICADA PARA LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL	276
14.1.1	Metodología AHP	276
14.1.2	Obtención de los pesos ponderados	277
14.1.3	Fuzzificación de la matriz de comparaciones	279
14.1.4	Combinación lineal ponderada (WLC).....	282
14.1.5	Ponderación promedio ordenada (OWA).....	283
14.2	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA.....	284
14.2.1	Vulnerabilidad física por movimientos en masa	285
14.2.2	Vulnerabilidad física por Inundaciones	294
14.2.3	Vulnerabilidad física por Avenidas Torrenciales	302
14.2.4	Análisis de resultados vulnerabilidad física por movimientos en masa	320
14.2.5	Análisis de resultados vulnerabilidad física por inundaciones.....	324
14.2.6	Análisis de resultados vulnerabilidad física por avenida torrencial	327
14.3	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL	330
14.3.1	VULNERABILIDAD CULTURAL	330
14.3.2	VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA	332
14.3.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	348
14.4	VULNERABILIDAD TOTAL.....	350
14.4.1	Categorización de la vulnerabilidad Total	351
14.4.2	Análisis de resultados vulnerabilidad total por movimientos en masa.....	351
14.4.3	Análisis de resultados vulnerabilidad total por inundaciones	354
14.4.4	Análisis de resultados vulnerabilidad total por avenida torrencial	356
15	RIESGO.....	358
15.1	GENERALIDADES	358
15.2	COSTO DIRECTO DE LOS ELEMENTOS EN RIESGO.....	358
15.3	MÉTODO DE ANÁLISIS	361
15.4	CÁLCULO DEL RIESGO GLOBAL POR ZONA.....	363
15.5	CRITERIOS APLICADOS.....	364
15.6	RESULTADOS OBTENIDOS DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA	366
15.7	RESULTADOS OBTENIDOS DEL RIESGO POR INUNDACIÓN.....	370
15.8	RESULTADOS OBTENIDOS DEL RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL.....	374
16	MITIGABILIDAD DEL RIESGO ALTO	378
16.1	MITIGABILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	378
16.2	MITIGABILIDAD POR INUNDACIÓN	378

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

16.3	MITIGABILIDAD POR AVENIDA TORRENCIAL	378
17	OBRAS DE MITIGACIÓN	380
17.1	MOVIMIENTOS EN MASA	380
17.1.1	Medidas no Estructurales.....	380
17.1.2	Medidas Estructurales.....	381
17.2	INUNDACIÓN.....	406
17.2.1	Medidas Estructurales.....	406
17.2.2	Medidas No Estructurales	423
17.3	AVENIDA TORRENCIAL.....	423
18	RONDA HÍDRICA Y ZONIFICACIÓN AMBIENTAL.....	429
18.1	RONDA HÍDRICA	429
18.1.1	Elementos constituyentes de la ronda hídrica	430
18.1.2	Estrategias para el manejo ambiental de las rondas hídricas.....	432
18.2	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	432
18.2.1	Metodología de zonificación	433
19	CONCLUSIONES	443
19.1	AMENAZA	443
19.1.1	AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA	443
19.1.2	AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	444
19.1.3	AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL.....	445
19.2	VULNERABILIDAD.....	446
19.2.1	VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	446
19.2.2	VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN	446
19.2.3	VULNERABILIDAD POR AVENIDA TORRENCIAL	447
19.3	RIESGO	447
19.3.1	RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA	447
19.3.2	RIESGO POR INUNDACIÓN	448
19.3.3	RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL.....	449
20	BIBLIOGRAFÍA.....	451

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

ANEXOS GENERALES

- Anexo 1. TOPOGRAFÍA
- Anexo 2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA
- Anexo 3. HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA
- Anexo 4. AMENAZA
- Anexo 5. VULNERABILIDAD Y RIESGO
- Anexo 6. MAPAS
- Anexo 7. PLANOS DE OBRAS
- Anexo 8. PRESUPUESTOS
- Anexo 9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- Anexo 10. TÉRMINOS DE REFERENCIA
- Anexo 11. GEODATABASE

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

LISTA DE PLANOS GENERALES

MAPA	NOMENCLATURA
PLANTA TOPOGRÁFICA	GE426-ACV-PSIG-TPG-001-00
MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL	GE426-ACV-PSIG-MDT-001-00
IMAGEN SATELITAL	GE426-ACV-PSIG-IDR-001-00
EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	GE426-ACV-PSIG-ES-001-00
COBERTURA Y USO DE SUELO	GE426-ACV-PSIG-CS-001-00
GEOLOGÍA LOCAL	GE426-ACV-PSIG-GE-001-00
GEOMORFOLOGÍA LOCAL	GE426-ACV-PSIG-GM-001-00
AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL	GE426-ACV-PSIG-AAT-001-00
AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA	GE426-ACV-PSIG-AMM-001-00
AMENAZA POR INUNDACIÓN	GE426-ACV-PSIG-AZI-001-00
VULNERABILIDAD AVENIDA TORRENCIAL	GE426-ACV-PSIG-VTT-001-00
VULNERABILIDAD MOVIMIENTOS EN MASA	GE426-ACV-PSIG-VTF-001-00
VULNERABILIDAD INUNDACIÓN	GE426-ACV-PSIG-VTI-001-00
RIESGO AVENIDA TORRENCIAL	GE426-ACV-PSIG-RAT-001-00
RIESGO MOVIMIENTOS EN MASA	GE426-ACV-PSIG-RRM-001-00
RIESGO INUNDACIÓN	GE426-ACV-PSIG-RPI-001-00

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Historial Reporte de emergencias en el municipio de Acevedo.	34
Tabla 2. Perfil de meteorización utilizado para agrupar los materiales geológicos en el mapa de unidades Geológicas de ingeniería.....	62
Tabla 3. Descripción de las unidades Geológicas para Ingeniería en la zona de estudio.....	74
Tabla 4. Inclinação de laderas.	78
Tabla 5. Longitud de las laderas.....	78
Tabla 6. Descripción de las unidades geomorfológicas del área de estudio.....	90
Tabla 7. Relación de fotografías aéreas e imágenes empleadas en el desarrollo de este capítulo	100
Tabla 8. Clasificación de unidades hidroestratigráficas en la zona de estudio	110
Tabla 9 Coeficientes de diseño sísmico.....	111
Tabla 10. Sistema de coordenadas utilizadas en el mapa de cobertura Municipio de Acevedo.	115
Tabla 11. Leyenda del mapa de cobertura a escala 1:2.000 para el Municipio de Acevedo.	116
Tabla 12. Leyenda de Actualización del mapa de cobertura a escala 1:2.000 del área del municipio de Acevedo. De Departamento del Huila.	118
Tabla 13. Porcentajes de las áreas correspondientes a las coberturas identificadas en el	138
Tabla 14: Estaciones representativas por municipio (casco urbano).....	141
Tabla 15: Valores de Precipitación Mensual.	142
Tabla 16: Valores Medios de Temperatura Mensual.....	143
Tabla 17: Valores Medios mensuales de Humedad Relativa.....	145
Tabla 18: Información cartográfica en el Municipio de Acevedo.....	146
Tabla 19: Información hidrometeorológica en el Municipio de Acevedo	146
Tabla 20: Parámetros morfométricos obtenidos en las cuencas de los puntos críticos del Municipio de Acevedo.....	148
Tabla 21: Estimación de los tiempos de concentración de las cuencas de los puntos críticos del Municipio Acevedo.	149
Tabla 22 Duración Lluvia en periodos de retorno.....	151
Tabla 23 Relación Lluvia.....	151
Tabla 24: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación San Adolfo.	152
Tabla 25: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Acevedo.....	152
Tabla 26: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Líbano.	152
Tabla 27: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Palestina.....	153
Tabla 28: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Tabor.	153
Tabla 29: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Villalobos Tv.	154
Tabla 30: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación San Adolfo.....	154
Tabla 31: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación Acevedo.	155
Tabla 32: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación El Líbano.	155
Tabla 33: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación El Tabor.	156

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 34: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación Villalobos tv.	157
Tabla 35: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación San Adolfo.	158
Tabla 36: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Acevedo.	158
Tabla 37: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Líbano.	158
Tabla 38: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Palestina.	158
Tabla 39: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Tabor.	159
Tabla 40: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Villalobos tv.	159
Tabla 41: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación San Adolfo.	159
Tabla 42: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación San Adolfo.	160
Tabla 43: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Acevedo.	160
Tabla 44: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Acevedo.	160
Tabla 45: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Líbano.	161
Tabla 46: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Líbano.	161
Tabla 47: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Palestina.	161
Tabla 48: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Palestina.	162
Tabla 49: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Tabor.	162
Tabla 50: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Tabor.	162
Tabla 51: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Villalobos tv.	163
Tabla 52: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Villalobos tv.	163
Tabla 53: Modelo lluvia – escorrentía utilizado y valores de N o de C empleados.	166
Tabla 54: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 1. Municipio Acevedo.	167
Tabla 55: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 2. Municipio Acevedo.	167
Tabla 56: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 3. Municipio Acevedo.	167
Tabla 57: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 4. Municipio Acevedo.	167
Tabla 58: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 5. Municipio Acevedo.	167
Tabla 59: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 6. Municipio Acevedo.	168
Tabla 60: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 7. Municipio Acevedo.	168
Tabla 61: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 8. Municipio Acevedo.	168
Tabla 62: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 9. Municipio Acevedo.	168
Tabla 63. Coordenadas Exploración Geofísica Líneas Sísmica	172
Tabla 64. Clasificación Ripabilidad Vp L1.	174
Tabla 65. Resumen Perfil simple Vp L1.	174
Tabla 66. Resumen Tomografía Vs L1.	175
Tabla 67. Clasificación Ripabilidad Vp L2.	176
Tabla 68. Resumen Tomografía Sísmica Vp L2.	176
Tabla 69. Resumen Tomografía Vs L2.	177
Tabla 70. Resumen de parámetros.	177
Tabla 71 Localización de la exploración directa.	178
Tabla 72. Normas INVIAS para ensayos de laboratorio	178

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 73 Parámetros de resistencia del Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Reciente.....	182
Tabla 74 Parámetros de resistencia Suelo Transportado Fluvial, Abanico Fluviotorrencial Subreciente, <i>Sftaft1</i>	187
Tabla 75 Parámetros de resistencia del Suelo Transportado Fluvial, Depósito Aluvial Activo ..	191
Tabla 76 Parámetros de resistencia del Macizo rocoso de acuerdo con Hoek y Brown.....	198
Tabla 77 Parámetros de clasificación geomecánica RMR Bieniawski, 1989.....	199
Tabla 78 Perfil Geotécnico del área de estudio.....	200
Tabla 79. Tipos de movimientos en masa, de acuerdo con Varnes (1978).....	202
Tabla 80. Influencia de los diferentes factores.....	203
Tabla 81. Parámetro de la distribución exponencial y valor de la aceleración horizontal para un periodo de retorno (Tr) de 475 años para la zona de estudio.....	212
Tabla 82. Escenarios de variación del nivel freático.....	215
Tabla 83 Perfil Geotécnico del área de estudio.....	215
Tabla 84. Pesos unitarios y parámetros de resistencia asignados a las unidades de suelo.	216
Tabla 85. Probabilidad de los escenarios de análisis.....	216
Tabla 86. Categorización propuesta para la amenaza por movimientos en masa por la consultoría.....	217
Tabla 87. Probabilidad de falla para las abscisas del perfil representativo P10.....	227
Tabla 88. Probabilidad de falla total para las abscisas del perfil representativo P10.....	228
Tabla 89. Distribución de las categorías de Amenaza movimientos en masa.....	231
Tabla 90. Estimación del Coeficiente de rugosidad de Manning en el río Suaza y sus afluentes, entre el casco urbano y el municipio de Acevedo.....	248
Tabla 91 Rugosidad.....	248
Tabla 92 Caudales de las Crecientes Pico esperadas en el río Suaza y sus afluentes, entre el casco urbano y el municipio de Acevedo.....	249
Tabla 93. Categorización de Amenaza por Inundación.....	263
Tabla 94 Áreas y Porcentajes de cada nivel de amenaza por inundación.....	266
Tabla 95 Manning de rugosidad av. torrencial.....	268
Tabla 96 Rugosidad.....	268
Tabla 97 Caudales Modelación Avenida Torrencial.....	268
Tabla 98 Determinación de zonas de afectación por av. torrencial en la quebrada La Guache	272
Tabla 99 Áreas y Porcentajes de cada nivel de amenaza por avenida torrencial.....	273
Tabla 100 Áreas y Porcentajes de cada nivel de amenaza por avenida torrencial.....	273
Tabla 101. Escala numérica para comparación entre pares.....	278
Tabla 102. Índices de aleatoriedad (IA) de las matrices de comparaciones por pares, según su orden (Ormazábal, 2002).....	279
Tabla 103. Valores del número difuso triangular para las diferentes categorías borrosas.....	280
Tabla 104. Criterios de resistencia de la estructura.....	286
Tabla 105. Tipología de las viviendas.....	286
Tabla 106. Clasificación de los daños según el DRM.....	286

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 107. Clasificación de la tipología de vías.	287
Tabla 108. Clasificación de los daños de la infraestructura vial.	288
Tabla 109. Rangos de velocidad utilizadas en el estudio.	289
Tabla 110. Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio.	290
Tabla 111. Matriz de daño utilizada en el estudio.	290
Tabla 112. Matriz de daño para infraestructura vial para los tipos de vías presentes en el municipio	291
Tabla 113. Categoría de Daños según materiales y estructura.	297
Tabla 114. Clasificación Difusa del índice de daño potencial de las viviendas.	301
Tabla 115. Clasificación Difusa del índice de daño potencial de la infraestructura vial.	302
Tabla 116. Categoría de Daños según materiales y estructura para avenidas torrenciales.	303
Tabla 117. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de 1 Piso.	303
Tabla 118. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Poca Altura.	303
Tabla 119. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Altura Intermedia.	304
Tabla 120. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Gran Altura.	304
Tabla 121. Clasificación Difusa del índice de daño potencial por avenidas torrenciales de las viviendas.	305
Tabla 122. Pesos ponderados - Parámetro: Edad de la Construcción.	306
Tabla 123. Pesos - Parámetro: Número de pisos.	307
Tabla 124. Pesos - Parámetro: Forma de construcción.	308
Tabla 125. Pesos – Tipo de entepiso.	308
Tabla 126. Pesos - Parámetro: Tipo de Cubierta.	309
Tabla 127. Pesos - Parámetro: Sistema Estructural.	310
Tabla 128. Pesos - Parámetro: Estado del inmueble.	311
Tabla 129. Pesos ponderados - Parámetro: Daños en toda la construcción.	312
Tabla 130. Pesos – Parámetro Localización de los Agrietamientos en la Estructura de la edificación.	313
Tabla 131. Pesos – Parámetro Localización de las Humedades en la Estructura de la edificación.	313
Tabla 132. Pesos - Parámetro: Severidad de Daños.	314
Tabla 133. Pesos - Parámetro: Tipología de la vivienda.	315
Tabla 134. Pesos de los parámetros evaluados para calcular el índice de daño actual.	318
Tabla 135. Categorización del índice de vulnerabilidad física.	318
Tabla 136. Números difusos utilizados para valorar el ID (potencial y actual) con una confianza del 100%	319
Tabla 137. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad cultural.	331
Tabla 138. Valoración de los parámetros Comunidades étnicas y Lugar de Procedencia.	332
Tabla 139. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad socioeconómica.	333

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 140. Valoración del parámetro edad vulnerable.	334
Tabla 141. Valoración del parámetro educación.	335
Tabla 142. Valoración del parámetro Limitación Física.	337
Tabla 143. Valoración del parámetro Uso Actual.....	338
Tabla 144. Valoración de Servicios Públicos.....	339
Tabla 145. Matriz de Comparación para la evaluación de las variables de la Vulnerabilidad Socioeconómica.....	341
Tabla 146. Pesos ponderados de las variables obtenidos por el método AHP para la Vulnerabilidad Socioeconómica.....	341
Tabla 147 Matriz de Comparación Borrosa para el cálculo de pesos difusos de las variables de la Vulnerabilidad Socioeconómica.....	343
Tabla 148. Vector de pesos difusos para las variables evaluadas en la Vulnerabilidad Socioeconómica.....	345
Tabla 149. Intervalos izquierdo y derecho (Pa-left y Pa-right respectivamente) del vector de pesos para la Vulnerabilidad Socioeconómica.....	345
Tabla 150. Pesos Normalizados de las Variables para la evaluación de la Vulnerabilidad Socioeconómica.....	346
Tabla 151. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad social.	347
Tabla 152. Categorización de la vulnerabilidad Total.	351
Tabla 153. Costo estimado para las vías (Valor en m/l)	361
Tabla 154. Categorización del riesgo.....	365
Tabla 155. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por movimientos en masa del municipio de Acevedo.....	367
Tabla 156. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por inundación del municipio de Acevedo.....	371
Tabla 157. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por avenida torrencial del municipio de Acevedo.....	375
Tabla 158 Construcciones con riesgo alto no mitigable por avenidas torrenciales.	378
Tabla 159. Presupuesto para el dragado aguas debajo de la quebrada la Guache.	410
Tabla 160. Presupuesto estimado para el punto crítico 3.....	414
Tabla 161. Relación de áreas de exclusión zona de estudio.....	434
Tabla 162 Relación de ronda de protección de drenajes	435
Tabla 163 Área de protección para cauces secundarios.....	436
Tabla 164 Cuñas probables de falla para un talud vertical a diferentes alturas.....	438
Tabla 165. Áreas de zonificación ambiental para la zona de estudio.	440
Tabla 166 Resumen de área de la zonificación ambiental	441
Tabla 167. Valor de la vulnerabilidad total por movimientos en masa para el casco urbano de Acevedo.	446
Tabla 168. Valor de la vulnerabilidad total por inundación para el casco urbano de Acevedo. .	447
Tabla 169. Valor de la vulnerabilidad total por avenida torrencial para el casco urbano de Acevedo.	447

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 170. Valor del riesgo por movimientos en masa para el casco urbano de Acevedo..... 447

Tabla 171. Categoría de riesgo por Movimientos en Masa de las construcciones y sus pérdidas esperadas. 448

Tabla 172. Categoría de riesgo por Movimientos en Masa de las vías y sus pérdidas esperadas 448

Tabla 173. Valor del riesgo por Inundación para el casco urbano de Acevedo..... 448

Tabla 174. Categoría de riesgo por inundación de las construcciones y sus pérdidas esperadas. 449

Tabla 175. Categoría de riesgo por inundación de las vías y sus pérdidas esperadas 449

Tabla 176. Valor del riesgo por avenida torrencial para el casco urbano de Acevedo. 449

Tabla 177. Categoría de riesgo por avenida torrencial de las construcciones y sus pérdidas esperadas. 450

Tabla 178. Categoría de riesgo por avenida torrencial de las vías y sus pérdidas esperadas.. 450

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización general municipio de Acevedo	28
Ilustración 2 Fuertes procesos erosivos sobre las unidades geomorfológicas colinas bajas alargadas y colinas medias a largadas.....	31
Ilustración 3 Vivienda ubicada en la margen derecha de la quebrada Marajó.	32
Ilustración 4 La quebrada la Guache presenta un acelerado socavamiento sobre la margen derecha aguas abajo poniendo en peligro la estabilidad de una vivienda.....	33
Ilustración 5 Movimientos en masa en el área rural del municipio de Acevedo.....	38
Ilustración 6 Sectores afectados por Inundación en área rural.	39
Ilustración 7 Evidencia de afectación por Avenidas Torrenciales en el área rural.....	40
Ilustración 8 Imagen satelital municipio de Acevedo.....	43
Ilustración 9. Procedimiento en campo toma de GCP.....	44
Ilustración 10. Líneas de vuelo Municipio de Acevedo.....	47
Ilustración 11 Perfil de las líneas de vuelo vs terreno natural.....	47
Ilustración 12. Calidad de imágenes con Dron.	48
Ilustración 13. Figura extraída del plano geológico 389, Timaná (SGC. 2003). Se indica la localización del casco urbano del municipio de Acevedo, departamento del Huila.	52
Ilustración 14. Mapa Estructural del Departamento del Huila. Tomado y modificado de la memoria del mapa de Geología de Huila, escala 1:300.000	59
Ilustración 15. Factor G.S.I para Macizos Rocosos	63
Ilustración 16. Coordenadas: E= 1132321, N= 691614, orientación al noroccidente. Depósito de escombros en la margen derecha de la quebrada Marajó.	65
Ilustración 17. Coordenadas: E= 1132367, N= 691595, orientación al oriente. Se observa deformidad en gaviones por movimiento en dirección aproximada suroriente.	66
Ilustración 18. Coordenadas: E= 1132262, N= 690985, orientación al suroriente.	67
Ilustración 19. Coordenadas: E= 1132461, N= 690746, orientación al nororiente.....	68
Ilustración 20. Coordenadas: E= 1132082, N= 690709 orientación al nororiente.....	68
Ilustración 21. Coordenadas: E= 1132321, N= 691614, orientación al suroriente. Cauce invadido, quebrada Marajó	69
Ilustración 22. Coordenadas: E= 1132032, N= 690771, orientación al nororiente. Margen derecha quebrada Guache, antes de la confluencia con el río Suaza.	70
Ilustración 23. Coordenadas: E= 1132280, N= 690821, orientación al suroriente. Terraza antigua, margen derecha río Suaza.	71
Ilustración 24. Coordenadas: E= 1132280, N= 690821, orientación al suroriente. Abanico sobre margen derecha río Suaza.	71
Ilustración 25. Coordenadas: E= 1132315, N= 691677, orientación al norte. Abanico sobre el que se construyó el casco urbano de Acevedo.....	72
Ilustración 26. Coordenadas: E= 1131420, N= 691919, orientación al suroriente. Formación Gigante.	73
Ilustración 27. Coordenadas: E= 1131139, N= 692633, orientación al suroriente. Formación Gigante.	74

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 28 Mapa de Geología local del municipio de Acevedo.....	76
Ilustración 29. Coordenadas: E= 1132280, N= 690821 orientación al suroriente. Unidades geomorfológicas.....	79
Ilustración 30. Coordenadas. E= 1132997, N= 690030, orientación al noroccidente.	80
Ilustración 31. Coordenadas. E= 1131378, N= 692186, orientación al noroccidente. Unidades geomorfológicas.....	81
Ilustración 32. Coordenadas. E= 1131780, N= 691265, orientación al norte. Vivienda afectada por inestabilidad generada por corte a media ladera.	81
Ilustración 33. Coordenadas: E= 1132461, N= 690746, orientación al nororiente. Unidades geomorfológicas.....	82
Ilustración 34. Coordenadas: E= 1132411, N= 690791, orientación al norte. Unidades geomorfológicas.....	83
Ilustración 35. Coordenadas. E= 1131688, N= 691073, orientación al oriente.....	84
Ilustración 36. Coordenadas. E= 1131878, N= 690919, orientación al suroriente.....	84
Ilustración 37. Coordenadas. E= 1131982, N= 691705, orientación al oriente. Cauce de la quebrada Marajó. Se observa vivienda en llanura de inundación.....	85
Ilustración 38. Coordenadas. E= 1132137, N= 691681, orientación al suroriente. Cauce de la quebrada Marajó. Puentes peatonales sobre la misma.	86
Ilustración 39. Coordenadas. E= 1132547, N= 691487, orientación al sur. Cauce de la quebrada Marajó. Se observa vivienda en llanura de inundación. Cruce con vía Suaza – Acevedo.....	86
Ilustración 40. Coordenadas. E= 1132829, N= 691515, orientación al noroccidente (aguas arriba). Cauce de la quebrada Cangrejo, aguas arriba del cruce con la vía Suaza – Acevedo.	87
Ilustración 41. Coordenadas: E= 1132367, N= 691595, orientación al oriente.....	90
Ilustración 42. Geomorfología local para el área de estudio, municipio de Acevedo.....	93
Ilustración 43. Coordenadas. E= 1131835, N= 691702, orientación al nor – nororiente. Vista aguas abajo, donde se indica sector afectado por socavación lateral sobre la margen izquierda del río Suaza.....	95
Ilustración 44. Coordenadas. E= 1132280, N= 690821, orientación al suroccidente. Erosión laminar y en surcos, en talud en depósito antrópico.	97
Ilustración 45. Coordenadas. E= 1132280, N= 690821, orientación al oriente. Ladera afecta por proceso rotacional.	99
Ilustración 46. Imagen extraída de Ortofoto 2018 del casco urbano del municipio de Acevedo.	100
Ilustración 47. Fotografía aérea 26, vuelo C-1420.....	102
Ilustración 48. Fotografía aérea 222, vuelo 1941.....	103
Ilustración 49. Fotografía aérea 188, vuelo C-2650.....	104
Ilustración 50. Fotografía aérea 245, vuelo C-2790.....	105
Ilustración 51. Ortofoto 2018, casco urbano del municipio de Acevedo, departamento del Huila.....	106
Ilustración 52. Mapa de Unidades Hidroestratigráficas de Colombia, IDEAM. El polígono rojo indica la ubicación de la zona de estudio.....	108

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 53. Mapa hidrogeológico de Colombia. El polígono rojo indica la ubicación de la zona de estudio.....	108
Ilustración 54. Proceso empleado para la delimitación de cobertura vegetal y uso actual de suelo.	114
Ilustración 55 Tejido urbano continuo Municipio de Acevedo.	119
Ilustración 56. Tejido urbano discontinuo Municipio de Acevedo.....	120
Ilustración 57 Colegio, zona industrial.	121
Ilustración 58 Plaza de mercado municipal.....	121
Ilustración 59. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados Municipio de Acevedo.....	122
Ilustración 60 Acueducto municipal.....	122
Ilustración 61 Extracción de materiales de construcción a cielo abierto.....	123
Ilustración 62 Escombreras Municipio de Acevedo.....	123
Ilustración 63 Parque cementerio. Parques urbanos.	124
Ilustración 64. Áreas deportivas.	125
Ilustración 65 Otros cultivos transitorios.	125
Ilustración 66 Cultivo de café.....	126
Ilustración 67. Pastos limpios Municipio de Acevedo.	127
Ilustración 68. Pastos arbolados Municipio de Acevedo.	127
Ilustración 69. Pastos enmalezados Municipio de Acevedo.	128
Ilustración 70 Mosaico de frutales, plátano y otros cultivos transitorios.	129
Ilustración 71 Mosaico de cultivos de café y plátano con relictos de bosque ripario.	130
Ilustración 72 Bosque ripario.	131
Ilustración 73 Herbazal abierto.	132
Ilustración 74 Arbustal.	132
Ilustración 75 Vegetación secundaria baja.	133
Ilustración 76 Zonas arenosas naturales ubicada en la ribera del río Suaza.	134
Ilustración 77 tierras degradadas y desnudas.	134
Ilustración 78 Lagos de almacenamiento.....	135
Ilustración 79. Representación gráfica de coberturas para el Municipio de Acevedo.	137
Ilustración 80. Porcentaje de ocupación por cobertura general de la Metodología CORINE LAND para el Municipio de Acevedo.....	139
Ilustración 81 Distribución espacial de la Precipitación Anual Total (Isoyetas de precipitación).	141
Ilustración 82 Distribución media mensual de precipitación (mm).....	142
Ilustración 83 Distribución espacial de la Temperatura media mensual (Isotherma).	143
Ilustración 84 Distribución Temperatura media mensual.....	144
Ilustración 85 Distribución espacial de la Evaporación Anual Total en mm.	144
Ilustración 86 Distribución Humedad relativa.....	145
Ilustración 87 Cuencas de los puntos críticos identificados en el Municipio de Acevedo	147

	<p style="text-align: center;">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 88 Localización de las estaciones representativas respecto a las cuencas bajo estudio en el Municipio de Acevedo. Polígonos de Thiessen.	151
Ilustración 89 Localización Exploración Geotécnica.	172
Ilustración 90 .Ubicación del tendido de la línea sísmica LRS-01.	173
Ilustración 91. Modelo Simplificado LRS-01.	173
Ilustración 92. Tomografía sísmica LRS-01.	174
Ilustración 93 Perfil bidimensional (2D) Vs MASW-01.	175
Ilustración 94. Proceso de ejecución LRS-02.	175
Ilustración 95. Modelo Simplificado LRS-02.	176
Ilustración 96. Tomografía sísmica LRS-02.	176
Ilustración 97. Perfil bidimensional (2D) Vs MASW-02.	177
Ilustración 98 Vista de la unidad geológica Sfar, del río Suaza. Municipio de Acevedo.....	180
Ilustración 99 Perfil de campo, reporte de N45 con N60.....	181
Ilustración 100 Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP y Variación granulométrica	182
Ilustración 101 Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia	183
Ilustración 102 Vista de la unidad geológica Sftaft1. Municipio de Acevedo	184
Ilustración 103 Perfil de campo, reporte de N45 con N60.....	185
Ilustración 104 Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad... ..	186
Ilustración 105 Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia	187
Ilustración 106 Unidad geológica Sfaa, del río Suaza. Municipio de Acevedo	189
Ilustración 107 Perfil de campo, reporte de N45 con N60.....	190
Ilustración 108 Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP y Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad en profundidad.....	191
Ilustración 109 Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia	192
Ilustración 110 Vista de la Formación Gigante en el cual se identifica los niveles conglomerático infrayaciendo al nivel de arenisca habana.	194
Ilustración 111 Vista de la Formación Gigante en el cual se identifican las familias de diaclasas en el nivel de arenisca.....	195
Ilustración 112 Vista de la Formación Gigante en el cual se identifican las familias de diaclasas en el nivel de arenisca.....	195
Ilustración 113 Vista de la Formación Gigante, niveles conglomeráticos.	196
Ilustración 114 Clasificación geomecánica RMR,	197
Ilustración 115 Perfil Geotécnico del área de estudio	201
Ilustración 116. Mapa de Aspectos municipio de Acevedo.	205
Ilustración 117. Mapa de pendientes municipio de Acevedo.	206
Ilustración 118. Mapa de Ladera municipio de Acevedo.	207
Ilustración 119 Perfiles típicos para los análisis de estabilidad, municipio de Acevedo	208

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 120 Distribución de probabilidad del Factor de Seguridad.....	211
Ilustración 121. Modelo geológico – geotécnico para el perfil representativo P10.	219
Ilustración 122. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P10. Escenario 1.....	220
Ilustración 123. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P10. Escenario 2.....	221
Ilustración 124. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P10. Escenario 3.....	222
Ilustración 125. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P2. Escenario 4.....	223
Ilustración 126. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P2. Escenario 5.....	224
Ilustración 127. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 1.	225
Ilustración 128. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 2.	225
Ilustración 129. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 3.	226
Ilustración 130. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 4.	226
Ilustración 131. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 5.	227
Ilustración 132. Mapa de amenaza por movimientos en masa del casco urbano del Municipio de Acevedo	230
Ilustración 133. Movimiento en masa en zona de ladera alta fuera del área de estudio.....	231
Ilustración 134. Deformación en gaviones por proceso en dirección aproximada suroriente. ...	233
Ilustración 135. Taludes expuestos del depósito aluvial subreciente- Polideportivo	233
Ilustración 136. Taludes expuestos del depósito aluvial subreciente- Polideportivo	234
Ilustración 137. Estructuras de confinamiento en zonas altas del municipio.	234
Ilustración 138. Estructuras de confinamiento en zonas altas del municipio.	235
Ilustración 139. Áreas desprovistas de vegetación generan inestabilidad en las laderas.....	235
Ilustración 140. Ortofotomosaicos de localización general del río Suaza y sus afluentes Quebradas.	238
Ilustración 141 Modelo de elevación digital del terreno –DEM del área de influencia del río Suaza, sus afluentes y secciones Transversales de análisis, del municipio de Acevedo.	239
Ilustración 142 Secciones Hidrotopográficos del Río Suaza Utilizadas En La Modelación Hidráulica.	243
Ilustración 143 Secciones Hidrotopográficos de la Quebrada la Guache Utilizadas En La Modelación Hidráulica.	243
Ilustración 144 Secciones Hidrotopográficos de la Quebrada Marajó En La Modelación Hidráulica.	244
Ilustración 145 Secciones Hidrotopográficos de la Quebrada Cangrejo Utilizadas En La Modelación Hidráulica.	244
Ilustración 146 Secciones Hidrotopográficos de la Quebrada No 1 Utilizadas En La Modelación Hidráulica.	245
Ilustración 147 Modelo hidráulico HEC-RAS del río Suaza con sus afluentes - Quebradas.....	246

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 148 Modelo 3D Vista isométrica HEC-RAS del río Suaza con sus diferentes afluentes – Quebradas.	247
Ilustración 149. Modelo 3D Vista Isométrica HEC-RAS del Río Suaza y sus afluentes.	250
Ilustración 150. Perfil de velocidades del río Suaza, en el área de influencia ubicada en el Casco urbano -Creciente con período de retorno de 100 años.....	251
Ilustración 151. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años en el río Suaza, a la altura del Casco Urbano.	251
Ilustración 152 Puente del Río Suaza.....	252
Ilustración 153 Río Suaza, periodo de retorno de 100 años	253
Ilustración 154. Perfil de velocidades de la Quebrada la Guache en el área de influencia - Creciente con período de retorno de 100 años.....	254
Ilustración 155. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la Quebrada la Guache a la altura del Casco Urbano, en el Municipio de Acevedo - Huila.....	254
Ilustración 156 Puente quebrada La Guache.....	255
Ilustración 157 Espacialización quebrada La Guache para un periodo de retorno de 100 años.	256
Ilustración 158. Perfil de velocidades de la Quebrada Marajó, en el área de influencia ubicada en el casco urbano del municipio de Suaza - Creciente con período de retorno de 100 años.	256
Ilustración 159. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años en la Quebrada Marajó, a la altura del Casco Urbano, en el Municipio de La Suaza - Huila.....	257
Ilustración 160 Espacialización quebrada Cangrejo para un periodo de retorno de 100 años.	258
Ilustración 161. Perfil de velocidades de la Quebrada Cangrejo, en el área de influencia ubicada en el casco urbano del municipio de Suaza - Creciente con período de retorno de 100 años.	258
Ilustración 162. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años en la Quebrada Cangrejo, a la altura del Casco Urbano, en el Municipio de Suaza - Huila.....	259
Ilustración 163 Alcantarilla de la vía principal de la quebrada Cangrejo.....	260
Ilustración 164 Espacialización quebrada Cangrejo para un periodo de retorno de 100 años.	260
Ilustración 165. Perfil de velocidades de la Quebrada No 1, en el área de influencia ubicada en el casco urbano del municipio de Acevedo - Creciente con período de retorno de 100 años.	261
Ilustración 166. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años en la Quebrada No 1, a la altura del Casco Urbano, en el Municipio de Acevedo - Huila.	261
Ilustración 167 Espacialización quebrada No 1 para un periodo de retorno de 100 años.	262
Ilustración 168. Mapa de Amenaza por inundación del casco urbano del Municipio de Acevedo.	265
Ilustración 169. Parámetros Modelación FLO- 2D.	269
Ilustración 170. Resultados modelación avenida torrencial municipio de Acevedo y el casco urbano para un periodo de retorno de 100 años.....	270

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 171. Velocidades modelación avenida torrencial municipio de Acevedo y el casco urbano para un periodo de retorno de 100 años.....	271
Ilustración 172. Mapa de Amenaza por Avenida torrencial del Municipio de Acevedo	274
Ilustración 173 Diagrama para el análisis de Vulnerabilidad Total.....	275
Ilustración 174. Diagrama de flujo del proceso propuesto para la evaluación de los pesos ponderados normalizados utilizando metodología AHP-difuzza.....	277
Ilustración 175 Cálculo de vectores de peso a) Promedio aritmético y b) Promedio geométrico	278
Ilustración 176. Calificación difusa de los criterios de calificación AHP (relación directa).	280
Ilustración 177 Calificación difusa de los criterios de calificación AHP (relación inversa).....	280
Ilustración 178. Diagrama de flujo para la calificación de la susceptibilidad utilizado los métodos WLC y OWA.....	282
Ilustración 179. Esquema de deslizamiento.....	289
Ilustración 180. Modelación cinemática de movimiento para la determinación de la distancia de viaje.....	292
Ilustración 181. Estimación de la distancia de viaje a partir del ángulo de fricción aparente y el volumen deslizado.....	292
Ilustración 182. Intensidad de deslizamiento de acuerdo a la velocidad esperada y volumen estimado	293
Ilustración 183. Ejemplo de escala de velocidad para describir el potencial de daño de un deslizamiento	293
Ilustración 184. Niveles de agua y presiones que actúan sobre una casa para diferentes escenarios.....	296
Ilustración 185. Índice de Daño de las Viviendas de 1 Piso.	299
Ilustración 186. Índice de Daño de las Viviendas de Poca Altura.....	300
Ilustración 187. Índice de Daño de las Viviendas de Altura Intermedia.	300
Ilustración 188. Índice de Daño de las Viviendas de Gran Altura.	300
Ilustración 189. Índice de Daño de la Categoría de infraestructura vial	301
Ilustración 190. Distribución de las edificaciones encuestadas según su fecha de construcción.	307
Ilustración 191. Distribución de las edificaciones encuestadas según su número de pisos.	307
Ilustración 192. Distribución de las edificaciones encuestadas según su forma de construcción.	308
Ilustración 193. Distribución de las edificaciones encuestadas según su tipo de entrepiso.	309
Ilustración 194. Distribución de las edificaciones encuestadas según su tipo de cubierta.	310
Ilustración 195. Distribución de las edificaciones encuestadas según su sistema estructural. .	311
Ilustración 196. Distribución de las edificaciones encuestadas según tipo de daño.	312
Ilustración 197. Distribución de las edificaciones encuestadas según tipo de daño.....	313
Ilustración 198. Distribución de las edificaciones encuestadas según la localización de sus daños.	314
Ilustración 199. Distribución de las edificaciones encuestadas según la severidad de daños..	315

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 200. Vivienda Tipología B1 (Vivienda en materia reciclaje).....	316
Ilustración 201. Vivienda Tipología B2 (Vivienda en mampostería sin estructura).	316
Ilustración 202. Vivienda Tipología B3 (Edificaciones hasta de dos (02) niveles de buena calidad de construcción (con estructura).	317
Ilustración 203. Tipología de Viviendas.....	317
Ilustración 204. Valoración del ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos.....	319
Ilustración 205. Vulnerabilidad Física predios Acevedo- Movimientos en Masa.....	321
Ilustración 206. Vulnerabilidad Física vías Acevedo- Movimientos en masa (longitud en metros).	322
Ilustración 207. Mapa de vulnerabilidad física por movimientos en masa en el municipio de Acevedo.	323
Ilustración 208. Vulnerabilidad Física predios Acevedo- Inundaciones.	324
Ilustración 209. Vulnerabilidad Física vías Acevedo- Avenidas Torrenciales.	325
Ilustración 210. Mapa de vulnerabilidad física por inundación en el municipio de Acevedo.	326
Ilustración 211. Vulnerabilidad Física predios Acevedo- Avenida Torrencial.....	327
Ilustración 212. Vulnerabilidad Física vías Acevedo- Avenida Torrencial.....	328
Ilustración 213. Mapa de vulnerabilidad física por avenida torrencial en el municipio de Acevedo.	329
Ilustración 214 Distribución de la población por Lugar de Procedencia y por Pertenencia a una Minoría Étnica	332
Ilustración 215. Distribución de las edificaciones encuestadas según la cantidad de menores de edad que viven en el inmueble	334
Ilustración 216. Nivel educativo.	336
Ilustración 217. Limitación física.	337
Ilustración 218. Uso Actual de los Predios.....	338
Ilustración 219. Servicios Públicos	339
Ilustración 220 Distribución Servicio de Alcantarillado y Acueducto	340
Ilustración 221. Vulnerabilidad Social predios Acevedo.	348
Ilustración 222. Mapa de vulnerabilidad social para el municipio de Acevedo.	349
Ilustración 223. Relación entre el índice de vulnerabilidad total con los índices de vulnerabilidad física y social.	350
Ilustración 224. Vulnerabilidad Total predios Acevedo- Movimiento en Masa.....	352
Ilustración 225. Mapa de vulnerabilidad total por movimientos en masa en el municipio de Acevedo.	353
Ilustración 226. Vulnerabilidad Total predios Acevedo- Inundación.	354
Ilustración 227. Mapa de vulnerabilidad total por inundación en el municipio de Acevedo.....	355
Ilustración 228. Vulnerabilidad Total predios Acevedo- Avenida Torrencial.	356
Ilustración 229. Mapa de vulnerabilidad total por avenida torrencial en el municipio de Acevedo.	357
Ilustración 230. Conjuntos difusos trapezoidales.	363

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 231. Categorización del nivel de riesgo el cual depende del índice de vulnerabilidad total en el eje x y la probabilidad de ocurrencia acumulada a 50 años en el eje y.....	365
Ilustración 232. Categorización del nivel de riesgo por movimientos en masa de los elementos expuestos para el escenario actual.	366
Ilustración 233. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Movimientos en Masa.	368
Ilustración 234. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Movimientos en Masa.....	368
Ilustración 235. Mapa de riesgo por movimientos en masa de Acevedo.....	369
Ilustración 236. Categorización del nivel de riesgo por inundación de los elementos expuestos para el escenario actual.	370
Ilustración 237. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Inundación.	371
Ilustración 238. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Inundación.....	372
Ilustración 239. Mapa de riesgo por inundación de Acevedo.	373
Ilustración 240. Categorización del nivel de riesgo por avenida torrencial de los elementos expuestos para el escenario actual.	374
Ilustración 241 Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por avenida torrencial.	375
Ilustración 242. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Avenida Torrencial.	376
Ilustración 243 Mapa de riesgo por avenida torrencial de Acevedo.	377
Ilustración 244 Mapa de mitigabilidad por Avenida Torrencial.....	379
Ilustración 245. Vista en planta de la curva donde se presenta Socavación por el río Suaza. .	381
Ilustración 246. Vista del puente de la curva donde se presenta Socavación por el río Suaza.	382
Ilustración 247 Presupuesto estimado para la Alternativa 1. Muro en Gavión.....	383
Ilustración 248 Presupuesto estimado para la Alternativa 2. Geoestructura	383
Ilustración 249 Presupuesto estimado para la Alternativa 3. Reubicación	384
Ilustración 250. Costos para la Alternativa 1. Gavión.....	385
Ilustración 251 Vista lateral de la estructura fallada.....	386
Ilustración 252 Vista transversal de la situación actual del gavión.....	387
Ilustración 253 Factor de estabilidad de falla FS. 1.2, en razón que el gavión se encuentra deformado en su línea inferior, la probabilidad de falla es del 3.4%.....	387
Ilustración 254 Pre dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m.....	389
Ilustración 255 Pre dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m. Evidencia de Cumplimiento a Capacidad Portante, Deslizamiento, Volcamiento dinámico y estático. Fuente: Geocing S.A.S.....	390
Ilustración 256 Vista transversal reconfiguración del gavión, con dos drenes horizontales de 8. 0 m de longitud.....	391
Ilustración 257 Factor de estabilidad de falla FS. 1.3, la probabilidad de falla es del 0.72% en condición pseudoestática	391

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 258 Factor de estabilidad de falla FS. 1.5, la probabilidad de falla es del 0 % en condición estática.....	392
Ilustración 259 Tabla costos para la alternativa 1. Muro en Gavión	392
Ilustración 260 Esquema de dren de penetración horizontal	393
Ilustración 261 Detalle de la implantación del muro de contención.....	394
Ilustración 262 Dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m.....	395
Ilustración 263 Dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m. Evidencia de Cumplimiento a Capacidad Portante, Deslizamiento, Volcamiento estático	395
Ilustración 264 Pre dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m. Evidencia de Cumplimiento a Capacidad Portante, Deslizamiento, Volcamiento dinámico.....	396
Ilustración 265 Vista transversal muro en voladizo con una batería de drenes horizontales de 12.0 m de longitud.....	397
Ilustración 266 Factor de estabilidad de falla FS. 1.56, la probabilidad de falla es del 0.1 % en condición pseudoestática	397
Ilustración 267 Factor de estabilidad de falla FS. 1.83, la probabilidad de falla es del 0 % en condición estática.....	398
Ilustración 268 Costos para Alternativa 2. Muro en concreto	398
Ilustración 269 Vista del movimiento en masa tipo deslizamiento rotacional	399
Ilustración 270 Presupuesto estimado para Alternativa 1 Reubicación de tres viviendas.....	399
Ilustración 271 Pre dimensionamiento del Muro en gavión de H: 2.0 m.....	401
Ilustración 272 Pre dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 2.0 m. Evidencia de Cumplimiento a Capacidad Portante, Deslizamiento, Volcamiento dinámico y estático.....	402
Ilustración 273 Perfil actual de movimiento en masa	403
Ilustración 274 Vista transversal reconfiguración del deslizamiento y la implantación de un muro en gavión	403
Ilustración 275 Presupuesto estimado para la Alternativa 2 Gavión	404
Ilustración 276 Localización de obras de mitigación por Movimientos en Masa.....	405
Ilustración 277 Localización de viviendas en riesgo alto por inundación de la quebrada la Guache.	406
Ilustración 278 Puntos críticos en la quebrada La Guache para un periodo de retorno de 100 años.	407
Ilustración 279 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 1	408
Ilustración 280. Perfil de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la Quebrada la Guache a la altura del puente.....	408
Ilustración 281 Presupuesto alternativa 2 punto crítico 1	409
Ilustración 282 Espacialización quebrada Marajó para un periodo de retorno de 100 años.....	410
Ilustración 283. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la Quebrada Marajó en el box culvert.....	411
Ilustración 284 Presupuesto estimado en el punto crítico 1 Qda Marajó.....	412
Ilustración 285 Alcantarilla vía principal en la quebrada la Marajó.	412

	<p style="text-align: center;">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ilustración 286. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la Quebrada Marajo alcantarilla.	413
Ilustración 287 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 2.....	413
Ilustración 288 cancha y quisco próximos a la quebrada la Marajo	414
Ilustración 289 viviendas próximos a la quebrada la Marajo N=691183.1 O=1132472.7.....	415
Ilustración 290 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 4.....	415
Ilustración 291 Presupuesto estimado para la Alternativa 2 en el punto crítico 4.....	416
Ilustración 292 Viviendas próximos a la quebrada la Cangrejo.....	417
Ilustración 293 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 1.....	418
Ilustración 294 Presupuesto estimado para la Alternativa 2 en el punto crítico 4.....	418
Ilustración 295 Alcantarilla de la vía principal de la quebrada N° 1.	419
Ilustración 296 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 1.....	420
Ilustración 297. Localización de obras de mitigación por Inundación- parte 1.....	421
Ilustración 298. Localización de obras de mitigación por Inundación-parte 2.....	422
Ilustración 299 Barrera geodinámica.	424
Ilustración 300 Vista malla para mitigación de avenida torrencial.	425
Ilustración 301 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 para el evento de avenida torrencial	427
Ilustración 302 Localización de la Malla TECCO para la mitigación de la Avenida Torrencial. .	428
Ilustración 303 Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual a 30 metros y el resto es hasta el límite de la envolvente de los tres componentes.	430
Ilustración 304 Delimitación de la ronda hídrica para los drenajes presentes en el casco urbano de Acevedo	431
Ilustración 305. Relación Entre Sensibilidad y Aptitud Frente a proyectos.....	433
Ilustración 306. Mapa de zonificación Ambiental, Casco urbano de Acevedo.	442

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

1 INTRODUCCIÓN

Por la ubicación geográfica del municipio de Acevedo, este se ha visto afectado por la ocurrencia de eventos naturales tales como movimientos en masa, inundación y avenida torrencial dejando como consecuencia al municipio incomunicado con el resto del departamento, además en temporadas de lluvias se generan inconvenientes en la vía principal que comunica al casco urbano del municipio con algunas veredas y con el resto del departamento.

Las amenazas potenciales de origen natural están relacionadas con la actividad sísmica, erosión presentes en la zona y el régimen de corrientes, así como los cambios climáticos de gran escala, a saber, el Niño y la Niña, de manera introductoria se contextualiza que, aunque en la región se presentan amenazas potenciales relacionadas con la actividad volcánica, esta no tiene impacto en el territorio del municipio de Acevedo.

De acuerdo a lo mencionado y con el fin de mitigar las consecuencias para la población ante la ocurrencia de algún evento, se realizan los “ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.” el cual es objeto del presente estudio.

Como parte de las actividades, se realizó inicialmente levantamiento topográfico, caracterización de las unidades geológicas superficiales, exploración del subsuelo (Perforaciones y líneas de refracción sísmica), estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación, análisis y caracterización geotécnica del perfil de suelo, zonificación de amenazas por movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales a escala detallada (1:2000), análisis de vulnerabilidad de las viviendas frente a cada evento a escala (1:2000), análisis de riesgo y zonificación de riesgo a escala al detalle (1:2000), finalmente determinación del riesgo mitigable o no mitigable y zona sin riesgo, planteamiento de obras de intervención así como planteamiento de alternativas estructurales y no estructurales para la mitigación del riesgo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar los “Estudios detallados de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales en el área urbana del municipio de Acevedo en el departamento del Huila, teniendo en cuenta los lineamientos del decreto 1077 de 2015”.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el municipio de Acevedo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Establecer el área de influencia del proyecto de acuerdo con la naturaleza del estudio.
- Recopilar y analizar información existente teniendo en cuenta antecedentes de ocurrencia de eventos naturales, estudios realizados e información secundaria existente.
- Realizar el levantamiento topográfico e hidrométrico en el casco urbano del municipio.
- Realizar el estudio de suelos, análisis geológico- geomorfológicos correspondiente al área de estudio.
- Realizar estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo de la zona de estudio.
- Identificar las amenazas por eventos naturales de deslizamiento de ladera, inestabilidad de cauce, inundación y/o avenidas torrenciales para el casco urbano a escala 1: 2000.
- Realizar estudio hidrológico, hidráulico y de socavación en la zona de estudio.
- Evaluar el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo frente a los movimientos en masa e inundaciones, avenidas torrenciales a escala (1: 2000)
- Elaboración de los términos de referencia correspondientes al estudio.
- Realizar las especificaciones de construcción correspondientes al estudio.
- Plantear alternativas de obras estructurales y no estructurales en la zona de estudio.
- Plantear y diseñar obras de mitigación en la zona de estudio.
- Elaborar el presupuesto de las obras a realizar en la zona de estudio.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

3 LOCALIZACIÓN

El municipio de Acevedo está situado al sur oriente del Departamento del Huila, a una altitud de 1.235 m.s.n.m. con temperaturas que oscilan entre los 12 a 24 °C y una área de 54.093,4Ha.

La Zona Urbana del municipio está dividida en seis (6) barrios: San Francisco, Avenida Pastrana, Andakí, El Centro, La Inmaculada, y José Acevedo Gómez con una extensión de 9 Km2. Existen dos Barrios más, que se propone incluirlos basados en la realidad social y funcional, estos son: La Paz y Sicandes. La zona Rural se divide en 11 Corregimientos, con 84 veredas con una extensión 603 Km2. A continuación en la Tabla 1, se presenta la localización del municipio de estudio.

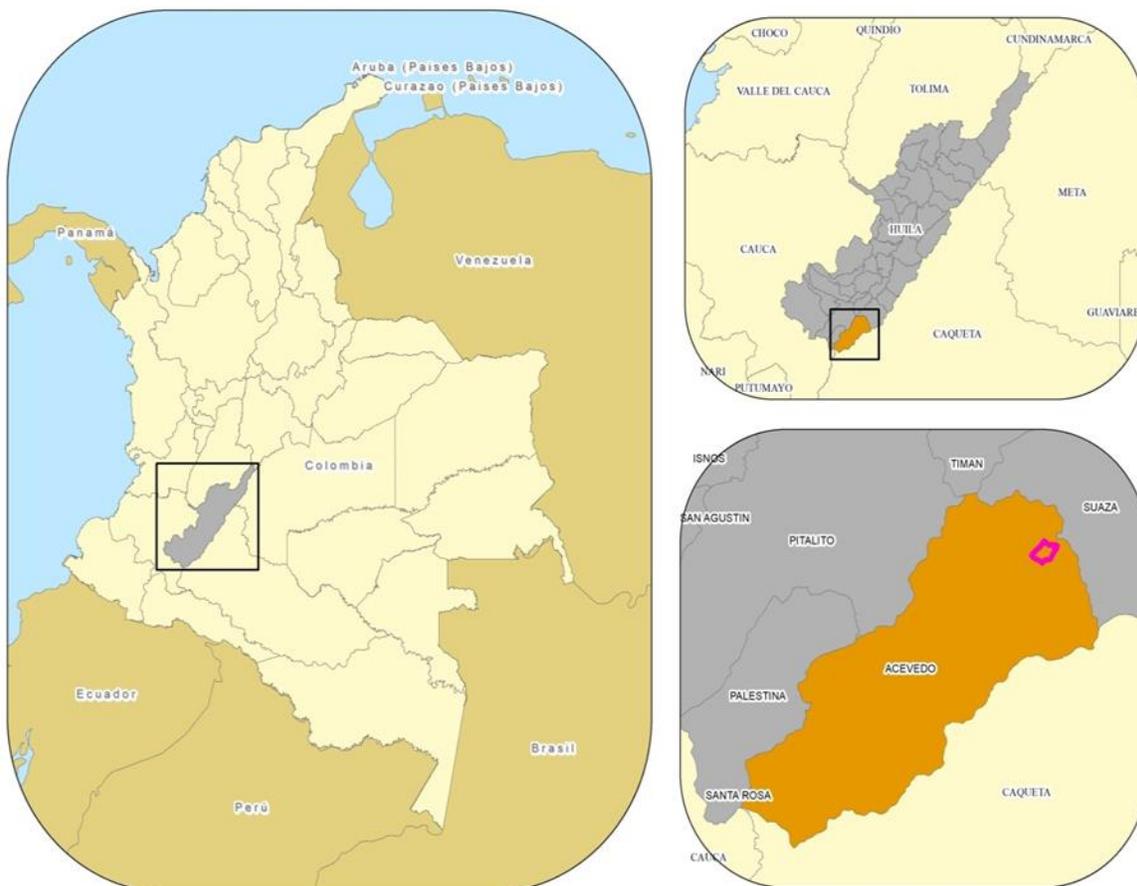


Ilustración 1 Localización general municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena -CAM- destinó recursos para la ejecución de estudios que permitan establecer las medidas de intervención para la mitigación / reducción del riesgo en zonas críticas de este municipio y de esta manera reducir el nivel de vulnerabilidad de la población, enmarcado dentro de lo estipulado en el Decreto 1077 de 2015 y en cumplimiento de la Ley 1523 de 2012 como un aporte del conocimiento del riesgo que la CAM suministra el municipio.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Para el presente estudio se recopiló información secundaria relacionada con estudios sobre amenaza, vulnerabilidad y riesgo, extraída del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, estudio de Evaluación de Amenazas realizados por la CAM y la Universidad Nacional, Noticias relevantes respecto al municipio, relacionadas con la gestión de riesgo, identificando las amenazas presentes en la zona de estudio tales como amenaza sísmica, amenazas de tipo geológico, geomorfológico, Amenazas de Origen Hidrometeorológico y a su vez problemáticas por inundaciones, movimientos en masa, erosión hídrica, entre otras que afectan a los habitantes del municipio.

A continuación se presenta la información extraída de los estudios realizados en la zona de estudio.

4.1 ESTUDIOS PREVIOS

- **Estudio evaluación de las amenazas potenciales de origen geológico (actividad sísmica y volcánica), geomorfológico (remociones en masa y erosión) e hidrometereológico (dinámica fluvial, inundaciones y sequías), y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del Departamento del Huila. (CAM-Idea UN, 1999).**

De acuerdo al estudio “Evaluación de las amenazas potenciales de origen geológico (actividad sísmica y volcánica), geomorfológico (movimientos en masa y erosión) e hidrometereológico (dinámica fluvial, inundaciones y sequías), y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del departamento del Huila” (CAM - Idea UN , 1999), se describen las amenazas potenciales de origen natural principalmente, así como las de origen antrópico que se identificaron en el área del casco urbano del municipio de Acevedo.

- ✓ **Amenazas De Origen Natural** (Geológico, Geomorfológico e Hidroclimático).
- ✓ **Amenazas de origen geológico:** La cabecera municipal de Acevedo se encuentra ubicada en una zona de amenaza sísmica alta, según el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia realizado por la Universidad de los Andes, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) e Ingeominas, cuya primera edición fue publicada en 1996 por la AIS.
- ✓ **Amenazas de origen geomorfológico:** Dentro del municipio se identificaron los siguientes.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Amenaza media por movimientos en masa (AmRM): El sector ubicado sobre la margen derecha del Río Suaza presenta graves problemas de erosión causado por el proceso de deforestación que anexado a la alta pluviosidad que presenta esta zona; se están presentando Erosión hídrica (surcos y cárcavas), así como deslizamientos rotacionales que deben ser intervenidos a tiempo para evitar problemas de mayor magnitud debido a su localización respecto al río. Estos procesos morfodinámicos se localizan en las unidades geomorfológicas de colinas bajas alargadas y colinas medias alargadas. (Ver Tabla 2).



Ilustración 2 Fuertes procesos erosivos sobre las unidades geomorfológicas colinas bajas alargadas y colinas medias a largadas.
Fuente: CAM – Idea UN, 1999

Amenaza alta por Erosión hídrica (AaEH): La unidad de colinas altas alargadas en el sector del municipio no presento procesos erosivos activos, pero hacia el occidente y el oriente del casco urbano sobre la misma unidad se localizan un alto número de cárcavas activas de gran magnitud, se deben realizar programas de reforestación y no permitir ninguna clase de actividad y proceso antrópico sobre esta unidad.

✓ **Amenazas De Origen Hidroclimático.** Dentro del municipio se identificaron los siguientes.

Amenaza alta por inundación (AaI): El Río Suaza presenta amenaza alta en el sector más cercano a su cauce activo, no es una zona muy amplia debido a que la llanura de inundación alta se localiza muy próxima al río. En el sector de la vía que conduce al

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

municipio de Suaza, se encuentran algunas viviendas que han sido afectadas por inundaciones durante crecientes normales. (Ver Ilustración 3).



Ilustración 3 Vivienda ubicada en la margen derecha de la quebrada Marajó.
Fuente: CAM – Idea UN, 1999

Amenaza media por inundación (AmI): En el municipio de Acevedo se han identificado varios sectores con problemas de inundación asociados al Río Suaza, estos sectores corresponden a zonas de pastoreo al sur del municipio, aún no se han registrado inundación de viviendas.

Amenazas de origen antrópico: Se recomienda un retiro de 15 metros como perímetro de seguridad donde no se debe permitir ningún tipo de construcción habitacional. Aproximadamente 15 m al norte del puente sobre la Quebrada La Guache ubicado a la entrada del municipio, en la vía a Pitalito, se encuentra una vivienda amenazada por un proceso de socavación lateral de la corriente que pone de manifiesto la amenaza a ser afectada por la dinámica de la quebrada. (Ver Ilustración 4).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 4 La quebrada la Guache presenta un acelerado socavamiento sobre la margen derecha aguas abajo poniendo en peligro la estabilidad de una vivienda.

Fuente: CAM – Idea UN, 1999.

- **Plan Básico De Ordenamiento Territorial (Estudio Básico De Amenaza Por Inundación, Avenidas Torrenciales Y Movimientos En Masa) Municipio De Acevedo. (Alcaldía de Acevedo, 2016)**

El Municipio de Acevedo Huila, teniendo en cuenta la necesidad y con el propósito de cumplir con los objetivos y metas del Plan Municipal de Desarrollo, adelantó el proceso de CONCURSO DE MÉRITOS ABIERTO NO 003 DE 2013 DE 2013, para la FORMULACIÓN DEL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL – PBOTM, CONFORME A LO ESTABLECIDO EN LA LEY 388 DE 1997 Y SUS DECRETOS REGLAMENTARIOS.

El Municipio de Acevedo adicionó el contrato de consultoría No. 003 de 2013, con el objetivo de adelantar las actividades exigidas por el Decreto 1807 de 2014, particularmente la realización de los estudios básicos de amenaza por inundación, avenidas torrenciales y movimientos en masa, en el suelo urbano, expansión urbana, Centros Poblados y rural, para ser incorporados en la revisión del Plan Básico de Ordenamiento Territorial – PBOT, conforme a lo establecido en el Decreto 1807 de 2014 y de conformidad con la normatividad y la tecnología que rige la materia.

Dentro del estudio se realizó la identificación de amenazas presentes en el municipio, la identificación de las amenazas se adelantó a través de inventarios de procesos, mediante el análisis de eventos, observaciones y mediciones de campo, análisis y revisión de

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

información científica disponible (mapas, fotos aéreas, informes, etc.), con el fin de conocer la probable ubicación y severidad de los eventos naturales peligrosos, así como la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específica.

De acuerdo con la información del Consolidado anual de emergencias de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres -UNGRD- de eventos y desastres naturales registrados en el Municipio de Acevedo. En la Tabla 1 los diferentes eventos sucedidos desde el año 1999 hasta 2015:

Tabla 1 Historial Reporte de emergencias en el municipio de Acevedo.

FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN
2/12/1999	Deslizamiento	Avalancha Quebrada La Guache Y Cupichi. Vereda Buenavista
7/12/1999	Deslizamiento	No Se Posee Información.
7/12/1999	Vendaval	No Se Posee Información.
24/05/2000	Inundación	No Se Posee Información.
2/07/2003	Deslizamiento	Vereda Bateas. Represamiento Quebrada La Gauche. Solicitan Radios Para Monitores De La Quebrada. Se Envía A Centros De Reserva Para Estudiar Posibilidad De Apoyo.
2/09/2004	Deslizamiento	El Crepad Informa Que Se Requiere Construir Un Muro De Contención Para Evitar Futuros Deslizamientos.
11/09/2008	Inundación	Mediante Resolución No. 103 Del 11 De Septiembre Se Declaró La Situación De Calamidad Publica
14/07/2009	Inundación	Vereda San Adolfo, Creciente Quebrada El Triunfo Y Vereda El Triunfo Desbordamiento Quebrada La Peligrosa. Vereda La Playita Quebrada La Peligrosa.
29/10/2009	Inundación	Vereda Las Minas, Finca La Esperanza
9/10/2010	Inundación	Barrió Centro Calle 3 Y 4 Barrio Avenida Pastrana Y Deslizamiento En Casco Urbano. Reporte Del Crepad.
9/10/2010	Vendaval	Vereda Martica. Reporte Del Crepad.
9/03/2011	Deslizamiento	Vereda El Mirador. Reporte Del Crepad.
26/03/2011	Inundación	Reporte Del Crepad. Afectado Casco Urbano
21/04/2011	Deslizamiento	Inspección De San Adolfo. Creciente Quebrada Guayacana. Afectada Vía Casco Urbano A Vereda Los Ángeles. Reporte Del Crepad
20/05/2011	Incendio estructural	Corregimiento San Adolfo. Reporte Del Crepad.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN
7/06/2011	Inundación	Vereda: El Encanto Alto. Reporte Del Crepad.
14/10/2011	Vendaval	Fuertes Vientos Afectaron Viviendas En La Vereda Buenavista, Sin Víctimas. Reporte Del Crepad Huila Dr. Orlando Romero Cel. 315 2942049
12/12/2011	Vendaval	Informa El Crepad Del Huila Que En El Municipio De Acevedo Se Presentó Un Vendaval, Vereda El Carmen, 5 Viviendas Perdida Del Techo.
13/01/2012	Deslizamiento	Daños En La Malla Vial Del Municipio En Las Vías: R15 La Tatacoa-San Adolfo, La Unión-La Victoria-San Adolfo, La Triviña, El Cardal, San Adolfo, Villa Fátima, Peñas Blancas, El Encanto, Bombonal, Bateas, Puente Pilatos-Llanitos-Cedral, Tramo Cedral- Minas-Recreo, Vereda Pueblo Viejo, Vereda Cedral-Las Delicias. Reporte Crepad Huila Correo Electrónico
25/01/2012	Inundación	Daños Presentados En La Vereda Pueblo Viejo, La Independencia, El Mirador, Bateas, Perdidas Cultivos De Café, Afectando A 11 Hectáreas. * Vías Afectadas Por Deslizamientos; Pueblo Viejo, Independencia-Mesa Alta, Bateas, Reporte Crepad Huila Correo Electrónico
29/03/2012	Inundación	Las Vías Afectadas: La Victoria-La Marimba, Marticas-La Barniza-La Cabaña, San Adolfo-La Tatacoa, Pitalito-Charguayaco Jurisdicción De San Adolfo, Acevedo-Cedral-Delicias, El Cedral-Cruce Las Minas-El Recreo, Cedral-San José-Llanitos, Acevedo-Bateas-Buenavista-Bombonal, Olivos-Bajo Encanto, Y La Vías De Las Veredas Recreo, Las Minas. Reporte Crepad Huila Correo Electrónico.
8/04/2012	vendaval	Vendaval En Casco Urbano. Reporte Crepad Huila Correo Electrónico.
17/04/2012	vendaval	Se Presentó Vendaval En La Vereda El Carmen. Reporte Crepad Huila Correo Electrónico.
17/01/2013	incendio forestal	Cdgrd Del Huila, Informa Incendio Forestal, Extinguido, Vereda: La Marimba, Se Consumió: 1 Hectárea De Rastrojo, 1 Semillero De Café De 2000 Palos, Apoyaron: Bomberos Acevedo.
26/01/2013	incendio forestal	Cdgrd Del Huila, Reporta, Incendio Forestal Extinguido, Noche Anterior, Vereda: Las Delicias, Afectadas: 2,5 Hectáreas De: Vegetación Nativa, Apoyaron Bomberos De Acevedo.
18/02/2013	inundación	Reporta Inundación En El Barrio Avenida Pastrana, 2 Viviendas Averiadadas, 2 Familias, 12 Personas, Perdidas De Muebles Y Enseres. Reporta Orlando Garzón Cdgrd.
4/05/2013	vendaval	Cdgrd Reporta Vendaval En Zona Rural Vereda El Cedral Afectando Una Vivienda Por Destechamiento, En Seguimiento.
9/10/2010	inundación	Barrió Centro Calle 3 Y 4 Barrió Avenida Pastrana Y Deslizamiento En Casco Urbano. Reporte Del Crepad.
14/05/2013	Accidente	Cmgrd Del Huila, Informa, Menor Ahogada En La Quebrada La Piña, Por Descuido De Los Padres.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN
15/08/2013	Inundación	Cdgrd Del Huila, Informa, Se Presentó, Creciente Del Río Suaza, Veredas: San Adolfo, San Marcos, Y Llanitos, Afectados 5 Puentes Peatonales, De Nombres: Versalles, Pueblo Viejo, Anayaco, San Marcos, 7 Viviendas Parcialmente Anegadas, Sin Afectación De La Estructura De La Vivienda, Y Sin Perdidas De Enseres, En Las Veredas De Mercedes Y San Marcos, También Afectación En 4 Viviendas Parcialmente Anegadas En La Vereda De San Martín, Realizan Edan. 519
24/11/2013	Deslizamiento	Cdgrd Del Huila, Informa, Se Presenta Deslizamiento En La Vía Acevedo-Pitalito, Sector. Alto Buena Vista, Vereda. San Isidro, Se Presume, Según Información De La Comunidad, Que Hay Una Posible Motocicleta Involucrada, Se Está Verificando Está Información, Apoyan Bomberos, Situación En Desarrollo. D.G.V. -789
2/02/2014	Incendio Forestal	Cdgrd Reporta Incendio Forestal En El Municipio De Acevedo En La Vereda Bolívar El Cual Se Encuentra En Curso Y Está Siendo Atendido Por Bomberos Quienes Continúan En Labores, Aun Sin Datos Adicionales. -086
14/02/2014	Incendio Forestal	Evento Incendio Forestal Sitio Vereda Mesa Alta Afectaciones 3 Hectáreas De Rastrojo Y 300 Palos De Café Evolución Del Evento Extinguido Acciones Tomadas Bomberos Acevedo Realizaron El Respectivo Control Y Liquidación Sin Novedad. -119
2/07/2014	Creciente Súbita	Cdgrd De Huila, Informa, Con La Novedad Que En La Tarde Del Día Anterior En El Municipio De Acevedo, Se Reportó Una Persona Desaparecida Presuntamente Arrastrada Por Creciente De La Quebrada: Aguas Claras, La Cual Se Movilizaba A Caballo Y Al Momento De Cruzar, El Afluente Se Presentó El Percance. Se Realizan Operaciones De Búsqueda Desde El Mismo Momento Hasta La Hora Sin Novedad. -491
14/05/2013	Accidente	Cmgrd Del Huila, Informa, Menor Ahogada En La Quebrada La Piña, Por Descuido De Los Padres.
15/08/2013	Deslizamiento	Reporta Seccional Huila: Deslizamiento El 15-08-2013, Cerca Vereda La Tocara Ocasionado Un Represamiento La Quebrada Riecito Que Desemboca Al río Suaza, Afectando En Diferentes Veredas Como San Marcos, Versalles Y San Adolfo. Se Rescataron 2 Personas Vivas Que Estaban Atrapadas Por La Avalancha Por El río Suaza, Destrucción De 6 Viviendas, Afectadas 6 Familias Y 18 Personas. Participación De 25 Líderes Dcc, 519. Actualización Cdgrd Del Huila, Informa Que Se Presentó, Creciente Súbita Del Río Suaza, Veredas: San Adolfo, San Marcos, Y Llanitos, Se Realizó Evacuación De 15 Personas, 14 De Ellas Menores De Edad Quienes Quedaron Aislados Por La Creciente, Al Momento Se Han Afectados 5 Puentes Peatonales Así: En La Vereda Versalles 2, Pueblo Viejo 1, Anayaco 1, San Marcos 1, 7 Viviendas Parcialmente Anegadas Ubicadas En Las Veredas Mercedes Y Sam Marcos Y Otras 4 En La Vereda San Martín, Sin Afectación De La Estructura De La Viviendas, Igualmente Se Afectó Cultivos De Maracuyá, Maíz Y Plátano, Sin Perdidas De Enseres.520
15/08/2013	Inundación	Cdgrd Del Huila, Informa, Se Presentó, Creciente Del Río Suaza, Veredas: San Adolfo, San Marcos, Y Llanitos, Afectados 5 Puentes Peatonales, De Nombres: Versalles, Pueblo Viejo, Anayaco, San Marcos, 7 Viviendas Parcialmente Anegadas, Sin Afectación De La Estructura De La Vivienda, Y Sin Perdidas De Enseres, En Las Veredas De Mercedes Y San Marcos,

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN
		También Afectación En 4 Viviendas Parcialmente Anegadas En La Vereda De San Martín, Realizan Edan. 519
5/06/2015	Deslizamiento	Cdgrd Del Huila, Informa, Municipio De Acevedo Información Preliminar Fuertes Lluvias, Con Reportes De Deslizamientos En Las Veredas Villa Fátima, Mesa Alta, Alto Encanto, Con Obstrucción De Vías Rurales. En La Vereda Pueblo Viejo Informan La Pérdida Total De Una Vivienda. Al Momento Los Organismos De Socorro Realizan Verificación De La Información. -417
15/07/2015	Deslizamiento	Cdgrd Huila Informa Que En El Municipio De Acevedo Reportan Deslizamiento De Tierra, Sitio Vereda La Cabaña Vía A Pitalito, Cierre Total De La Vía. En Espera De Atención Del Personal De Invias. -524
15/07/2015	Creciente Súbita	Cdgrd Huila Informa Que En El Municipio De Acevedo Se Presentó Creciente Súbita Por Fuertes Lluvias De La Quebrada Anayaco En La Vereda San Antonio Sector El Zanjón, Afectación Una Vivienda En Madera Inundada Sin Daños, La Cual Está Ubicada En La Ladera Del Afluente Hídrico. -524
5/06/2015	Deslizamiento	Cdgrd Del Huila, Informa, Municipio De Acevedo Información Preliminar Fuertes Lluvias, Con Reportes De Deslizamientos En Las Veredas Villa Fátima, Mesa Alta, Alto Encanto, Con Obstrucción De Vías Rurales. En La Vereda Pueblo Viejo Informan La Pérdida Total De Una Vivienda. Al Momento Los Organismos De Socorro Realizan Verificación De La Información. -417
15/07/2015	Deslizamiento	Cdgrd Huila Informa Que En El Municipio De Acevedo Reportan Deslizamiento De Tierra, Sitio Vereda La Cabaña Vía A Pitalito, Cierre Total De La Vía. En Espera De Atención Del Personal De Invias. -524
15/07/2015	Creciente Súbita	Cdgrd Huila Informa Que En El Municipio De Acevedo Se Presentó Creciente Súbita Por Fuertes Lluvias De La Quebrada Anayaco En La Vereda San Antonio Sector El Zanjón, Afectación Una Vivienda En Madera Inundada Sin Daños, La Cual Está Ubicada En La Ladera Del Afluente Hídrico. -524

Fuente: Alcaldía de Acevedo, 2016 Recuperado de:
<http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atención-de-Emergencias.aspx>

De acuerdo con el anterior inventario, en el período 1999-2015, se han presentado 35 eventos reportados al Sistema Nacional de Atención de Emergencias y Desastres, de los cuales 2 corresponden a avenidas torrenciales (creciente súbita) en las quebradas Aguas Claras y Anayaco; 11 a deslizamientos, 1 incendio estructural, 4 incendios forestales, 11 por inundaciones y 7 por vendaval. En el estudio básico de amenaza por inundación, avenidas torrenciales y movimientos en masa en el municipio de Acevedo se identificaron las siguientes amenazas:

Amenazas Por Movimientos En Masa: los más comunes en la zona son los deslizamientos traslacionales, en algunas ocasiones producto de sobrepeso en laderas e infiltración según lo evidenciado en la vereda El silencio. Los deslizamientos rotacionales son poco frecuentes, no obstante algunos se observan en el corregimiento de Riecito en la vereda Villa Fátima en la cual el movimiento en masa se va desplazando

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de manera secuencial dando al final forma de batea. Las zonas de mayor afectación se asocian a áreas de alta pendiente y tipo de material que presenta el terreno en su mayoría son material superficial y en periodos de lluvia es susceptible a deslizarse, los corregimientos que presenta tal evento son San Isidro, Bateas y el sector rural de San Adolfo. Por último, a lo largo de las márgenes de las quebradas, es usual encontrar deslizamientos por socavación lateral y desplomes como los observados en la vereda Carmelo del corregimiento de Marticas.



Ilustración 5 Movimientos en masa en el área rural del municipio de Acevedo.
Fuente: Alcaldía de Acevedo, 2016

Amenazas Por Inundación: Debido al alto gradiente del Río Suaza, se presenta una categoría de amenaza moderada a altas dependiendo del grosor del terraceo. Sin embargo, por la falta de capacidad hidráulica de las obras de canalización y puentes, junto con la invasión de la llanura aluvial por varias construcciones, recurrentemente se generan desbordamientos e inundación que afectan algunas viviendas; esta problemática se agrava por las basuras y escombros que son arrojados obstruyendo los cauces, especialmente en las quebradas Marajó, Cangrejo y La Guache para el casco urbano de Acevedo como se puede ver la Ilustración 6.



Ilustración 6 Sectores afectados por Inundación en área rural.
Fuente: Alcaldía de Acevedo, 2016

Amenaza por avenida torrencial: Múltiples factores concurren para la calificación de torrencialidad de una cuenca, principalmente en este análisis confluyen dos características: La primera relacionada con los parámetros morfométricos propios de una cuenca y la segunda con los factores geológicos y geomorfológicos regionales, y también que los factores climáticos, como lluvias intensas en un tiempo corto, juegan como agentes desencadenantes. Las cuencas torrenciales tienen susceptibilidad a movimiento en masa, están ligados a las características del relieve. Como se mencionó anteriormente las cuencas torrenciales, se asocian a frentes montañosos y zonas escarpadas; sin embargo, en el Municipio de Acevedo existen múltiples macro formas geomorfológicas, por lo que su delimitación fue significativa en la identificación de las cuencas con alta susceptibilidad. De acuerdo con lo anterior, la ocurrencia de una avenida torrencial tiene mayor probabilidad de ocurrencia y afectación en las cuencas de las quebradas Los Ángeles, Anayaco y La Negra. (Ver Ilustración 7).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 7 Evidencia de afectación por Avenidas Torrenciales en el área rural.
Fuente: Alcaldía de Acevedo, 2016

4.2 NOTICIAS DESTACADAS RESPECTO A LA ZONA DE ESTUDIO

- **Seguimiento a emergencia en Acevedo – Huila (UNGRD, 16 de Agosto del 2013)¹**

“Por las fuertes lluvias que se registraron el día de ayer se generaron inundaciones y deslizamientos en el municipio huilense. A esta hora el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Acevedo, Huila, realiza el Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades –EDAN-, para determinar la afectación real que provocó la creciente súbita del río Suaza a causa de las fuertes lluvias que se presentaron el día de ayer en este municipio. Así mismo el Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Huila con la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena y Parques Nacionales Naturales de Colombia, realizan inspección a un deslizamiento que se presentó en el Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos, con el fin de evaluar la situación y definir las acciones a seguir. La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, como coordinadora del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo monitorea la situación en el municipio de Acevedo en coordinación con el Consejo Municipal y el Departamental para la Gestión del Riesgo.”

¹UNGRD(16 de Agosto del 2013) Seguimiento a Emergencia Municipio de Acevedo – Huila Recuperado de : http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/paginas/old_noticias/1927.aspx

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Afectaciones por las lluvias en Acevedo (La voz de la región, 18 de Julio del 2016) ²**

“Las últimas horas ha llovido intensamente en el sur del Huila. En el municipio de Acevedo el invierno, ya deja los primeros estragos. Según conoció La Voz de la Región, 15 viviendas han resultado afectadas como consecuencia de las precipitaciones. Algunos cultivos de igual manera, también se han visto comprometidos. En este sentido, unidades del cuerpo de bomberos realizan un proceso de inspección para cuantificar los daños pero también, el nivel de riesgo de las personas que ya se han visto vulnerables ante las lluvias que según pronósticos del IDEAM, apenas inician. Dentro de las recomendaciones figura estar atentos principalmente en la ribera del río Suaza y demás afluentes que han aumentado su caudal de forma considerable. Reportar ante las autoridades cualquier emergencia, permitirá la reacción oportuna de los organismos de socorro, advirtieron.”

- **Alerta Naranja Por Fuertes Lluvias En 35 Municipios Del Departamento Del Huila (La Nación, 15 De Mayo Del 2017)³**

“De los 37 municipios del Huila llovió fuerte y prolongadamente, ocasionando afectaciones en el casco urbano y rural de la mayoría de los municipios.

Deslizamientos, vía taponadas, inundaciones en vías y viviendas, árboles caídos y miles de familias damnificadas, fue lo que las precipitaciones dejaron en el departamento. Las situaciones más delicadas se registran en el corregimiento La Laguna de Pitalito por el fracturamiento de una montaña, en Saladoblanco donde se han evacuado más de 60 familias y en La Argentina, donde se desbordó la quebrada Yateví. La vía Pitalito – Garzón se presentó cierre total por derrumbe en el kilómetro 34 + 400; en inmediaciones de Pericongo, rocas de gran tamaño cayeron a la vía en la curva más angosta del sector. Ayer la Concesión Aliadas se encontraba en el lugar para atender la emergencia.

2 La Voz de la Región(18 de Julio del 2016) Afectaciones por las lluvias en Acevedo – Huila Recuperado de: <http://lavozdelaregion.co/afectaciones-las-lluvias-acevedo-inundaciones-viviendas-afectadas-primeros-reportes/>

3 La Nación(15 de Mayo de 2017)Alerta Naranja por fuertes lluvias en 35 Municipios del Departamento del Huila Recuperado de :

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

5 TOPOGRAFÍA

Se desarrollaron actividades correspondientes al levantamiento topográfico detallado de los puntos críticos del municipio de Acevedo. Para la ejecución de esta actividad se amarró a las placas de control de coordenadas cartesianas locales, sistema de referencia MAGNA-SIRGAS.

5.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO LOCALIZACIÓN DE LOS GCP

Dentro de las actividades de campo realizadas en el área de estudio se ubicó un total de 30 GCP en la zona de estudio los cuales corresponde a puntos de control en la toma de las fotografías aéreas.

5.2 IMAGEN SATELITAL

La toma de imágenes aérea se realizó empleando la tecnología de Aeronaves No tripuladas UAV y la generación de ortofotomosaicos geo-referenciados. A continuación se presenta la ortofoto correspondiente para el municipio de Acevedo. Además generaron los modelos digitales de superficie (DSM), modelos digitales de terreno (DTM) con una precisión relativa de 15 cm.

Para analizar las precisiones calculadas en cada punto de la ortofoto y del modelo digital del terreno, se tomaron las posiciones exactas de quince GPS. Estos puntos sirvieron para comparar la posición XYZ calculada con su posición real milimétrica medida en terreno. Por otro lado para el cálculo de las precisiones topográficas se utilizó la norma NTC 5205 “Precisión de datos espaciales”, en la cual se define una metodología estadística para estimar la precisión de las posiciones de puntos sobre mapas y datos digitales geoespaciales con respecto a puntos terrestres de referencia, con mayor precisión. Se destaca que la precisión se presenta en distancias terrestres al 95% del nivel de confianza, esta precisión garantiza que el 95% de las posiciones en el grupo de datos tendrá un con respecto a la posición verdadera en el terreno que es igual o menor que el valor de precisión obtenido. A continuación se presenta en la Ilustración 8 la imagen digital generada para el área de estudio.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO



Ilustración 8 Imagen satelital municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

5.3 OPERACIONES DE CAMPO

Las actividades desarrolladas en la etapa de georreferenciación durante la ejecución del levantamiento topo-batimétrico fue la siguiente:

Selección del lugar: se realizó una inspección de la zona a fin de seleccionar áreas libres de obstrucciones directas a nivel de recepción de señal y visual para ubicar las placas y posteriormente iniciar la toma de datos GPS. Se evitó en su totalidad ubicar los puntos GPS en zonas que generen interferencias en la recepción de la señal, tales como cables de alta tensión, transformadores, superficies reflectoras, espejos de agua, estructuras metálicas, antenas de telecomunicación, entre otros. Se evitaron obstrucciones menores a 15°, que los dos equipos capturasen información al mismo tiempo con el fin de obtener tiempos comunes de captura de satélites y un intervalo de grabación cada 1 segundo para obtener mayor número de épocas grabadas.

Puesta en estación del sistema: para la puesta en estación del sistema GPS, primero se instaló el trípode sobre el punto seleccionado y materializado previamente, luego se procedió a montar la base nivelante, posteriormente la antena receptora se instaló sobre la base y se realizaron las conexiones de antena y de energía del equipo, por último se tomó la altura instrumental inclinada ver Ilustración 9.



Ilustración 9. Procedimiento en campo toma de GCP.
Fuente: Geocing S.A.S.

Captura de datos: El posicionamiento Geodésico fue de tipo estático. Esta labor se realizó mediante la utilización del sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global) con receptores satelitales de doble frecuencia (L1/ L2). Con este tipo de equipos se alcanza la mayor precisión hasta cada uno de los vértices proyectados. De esta manera se

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

garantiza la homogeneidad con las coordenadas y el cumplimiento con los lineamientos técnicos y normatividad.

Para la determinación de los tiempos de posicionamiento debido a la distancia que existe entre el lugar de toma de datos y las estaciones permanentes del IGAC se realiza una formula aproximada de 5 minutos inicialmente más 2 minutos adicionales por cada km de distancia entre el punto y su punto de estación permanente. Dentro de los puntos de referencia en el área se establece una base y los demás puntos con distancias menores a 2 km los cuales se corregirán con respecto a la base definida, estos puntos se ubicaron con una duración máxima de 20 minutos de toma de datos. Durante todo este proceso el punto base deberá estar recogiendo datos para poder hacer parte del postproceso.

5.4 PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Para la determinación de las coordenadas de la red geodésica, se procesó la información de los receptores GPS instalados en campo, usando como base fija el vértice CALI. Vértices pertenecientes al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC); esto para el punto base de nuestro caso.

Posterior a este paso, ya procesado, se coloca como referencia nuestra base y se procede a post procesar los demás puntos ubicados en el área.

Archivos Crudos O Nativos: Corresponde a los archivos nativos o crudos provenientes del receptor GPS, los cuales se organizaron de manera independiente en cada carpeta. Los mismos presentan extensión G####, *.DAT Y *.T0 en carpetas individuales por punto.

5.5 INFORME Y POST-PROCESO

Para el post proceso de la información GPS obtenida en campo se utilizó el software GNSS SOLUTIONS, el aplicativo Infinity de Leica.

En la descarga de datos de los receptores GPS se obtuvo los siguientes archivos nativos y Rinex:

- Datos utilizados para la red de GPS realizada el día de la toma.
- CRUDO LEICA BASE GPS 002-3.
- CRUDOS LEICA BASE GPS 002-2.
- Una vez se tiene los archivos relacionados anteriormente se utilizó el software Infinity, para la obtención de coordenadas Geográficas y Planas locales, con el siguiente flujo de trabajo:
- Selección de un sistema de coordenadas planas locales (SCP), Bogotá D.C

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Carga de datos crudos de cada sesión realizada (Red Geodésica).
- Definición de los puntos de control y rover, definición de los parámetros de cada una de las antenas.
- Revisión de información registrada, alturas de las antenas, intervalo de registro.
- Edición y generación de ventanas de exclusión para las señales intermitentes y con escasa recepción.
- Procesamiento de los vectores calculados en la red.
- Ajuste y determinación de cierres de la red.
- Generación de reportes del software GNSS SOLUTIONS y su respectivo análisis.
- Conversión de coordenadas Geodésicas WGS84 (época 2016,5) a planas locales Bogotá D.C época 1995.4, realizada en el software Concoord.
- Una vez terminado el proceso anteriormente descrito con las coordenadas de los puntos objeto de nuestro estudio.

5.6 PROCESAMIENTO DE ORTOFOTO Y DEM

De acuerdo con el nivel de resolución requerido, se realizó la programación del patrón de vuelo a las alturas deseadas, teniendo en cuenta los factores previos mencionados en la sección del planeamiento; posteriormente se ajustó con la tendencia predominante del viento y finalmente se ajustó la programación de la cámara para la toma de imágenes.

5.6.1 Lanzamiento de zonas escogidas:

En las áreas de operación escogidas, se ensambló la aeronave, se cargó el patrón de vuelo al sistema automático del avión, se realizaron las pruebas de controles de vuelo, configuración del vuelo, potencia del motor, estabilidad del centro de gravedad y de enganche del control remoto con la aeronave. Posteriormente se despegó la aeronave y una vez con la altura deseada se cambia al modo automático para que empiece a seguir el patrón de vuelo. Durante toda la fase de vuelo, se tuvo un control de la aeronave por medio de la telemetría en la Estación de Control en Tierra. Una vez se cumplió con el patrón de vuelo se aterrizó la aeronave en el campo escogido, revisando el estado de la misma y descargando los datos recogidos.

Una vez definido el polígono regular para la ejecución del vuelo, se hizo uso del Software Mission Planner especializado para generar la respectiva misión para toma de imágenes.

Posterior a esta etapa, establecida la altura de vuelo, que para el área de estudio fue de 140 m, procedió a trazar la grilla de vuelo. El Software misión planner permite ajustar el traslape deseado, tanto longitudinal como transversalmente. Para el área de estudio, se estimó un traslape lateral entre líneas de vuelo del 80% y traslape frontal entre fotos 75%.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

En la Ilustración 10 se muestra un ejemplo de las líneas de vuelo y datos de vuelo.

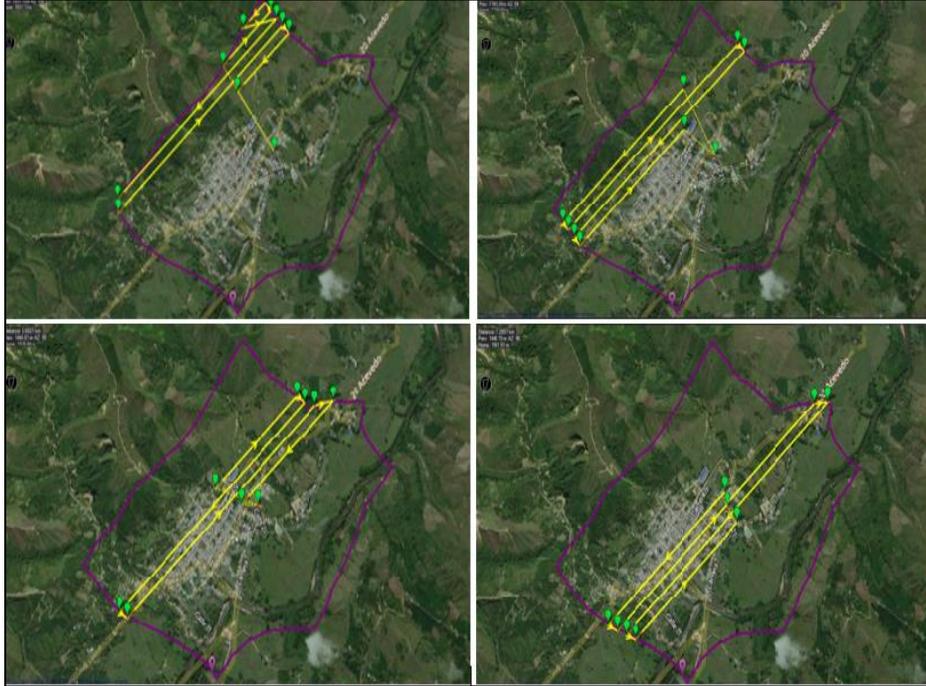


Ilustración 10. Líneas de vuelo Municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

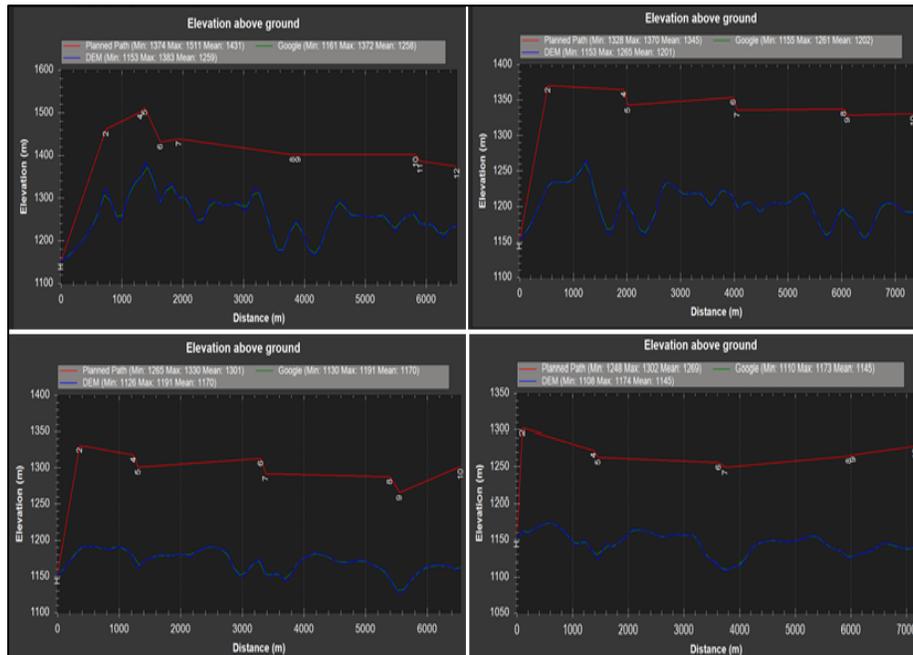


Ilustración 11 Perfil de las líneas de vuelo vs terreno natural
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Los sitios de lanzamiento y aterrizaje se escogieron en campo en lugares estratégicos para el lanzamiento y el aterrizaje, según los polígonos volados. Se hicieron los vuelos entre las 9 de la mañana y las 3 de la tarde, de modo que se redujeron las sombras en la medida de lo posible. Una vez finalizado cada vuelo, se descargaron las fotografías y el archivo de control de vuelo, con el fin de realizar la georreferenciación de las fotografías y el control de calidad de las mismas.

5.6.2 Revisión inicial de las imágenes de campo

Al descargar las imágenes en la Estación de Control en Tierra, se verificó inicialmente su georreferenciación, la calidad de estas y la cantidad de acuerdo a la programación previa, con el fin de que si se encontraba algo que corregir se pudiera realizar de inmediato.

5.6.3 Pre-posicionamiento.

Una vez se obtuvo la toma de imágenes en campo, se procedió a una fase de pre-procesamiento. Esta fase consideró la ejecución de un procesamiento rápido de las imágenes aéreas mediante un Software especializado el cual comprendió las siguientes etapas:

- Alineamiento de fotos de acuerdo con las líneas de Vuelo. En esta etapa se depuraron aquellas imágenes que debido a su desviación con respecto a la línea de vuelo no se podían alinear.
- Verificación de calidad de las imágenes. En esta etapa se determinó el número de píxeles por foto y se depuró aquellas imágenes que no tenían una calidad suficiente, en la Ilustración 12.



**Ilustración 12. Calidad de imágenes con Dron.
Fuente: Geocing S.A.S.**

- Generación de triangulación. Una vez las imágenes estuvieron alineadas se realizó una generación de grilla por medio de triangulación, estableciendo el número de vértices acorde al tamaño del área del proyecto.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Generación de la nube de puntos. Se generó una nube de puntos preliminar, con base en la generación de pares estereoscópicos por medio del Software. En este punto, el Software calculó diferencia de alturas con base en la visión tridimensional y la respectiva altura de vuelo.
- Generación de la textura. Con base en la nube de puntos se generó una textura la cual correspondió a la base para la generación de la Ortofoto, el DEM y el DTM.

5.6.4 Georreferenciación de los puntos de fotocontrol

Los puntos fueron realizados por el contratista, según las especificaciones técnicas requeridas para la realización del proyecto.

Se procedió a realizar la georreferenciación con dichos puntos de control GCP repartidos en todo el polígono para garantizar la adecuada georreferenciación del Ortomosaico.

Una vez se ubicaron los puntos de control, el Software se encargó de amarrar los modelos preliminares a las coordenadas conocidas con el fin de garantizar la precisión del modelo. Una vez se introdujeron los puntos de control el procesamiento se realizó las etapas que se presentan a continuación:

- Optimización de la nube de puntos con base en las coordenadas de los puntos de control.
- Depuración de los puntos cuya re-proyección no se da en más de 2 fotografías.
- Generación de la nueva nube de puntos.
- Generación de la textura empleando los puntos de Control.
- Generación de la Ortofoto y DEM.

Para la generación del DTM, se realizó un paso intermedio, antes de la generación de la textura, el cual consistió en clasificar los puntos de acuerdo con su naturaleza. Mediante un proceso manual o automático, el Software permitió separar puntos de viviendas, árboles, obstáculos y terreno con base en criterios de diferencia de alturas y pendientes. Una vez se clasificaron los puntos, se realizó una nueva nube de puntos incluyendo únicamente los puntos correspondientes a la superficie del terreno, para así posteriormente generar el DTM.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

6 GEOLOGÍA

En este capítulo se presenta los resultados del análisis de las condiciones geológicas regionales y locales superficiales, con los cuales se plantea y se estima el perfil Geológico – Geotécnico y de esta manera conocer las características de las unidades geológicas superficiales. El análisis geológico del área de estudio se desarrolla bajo tres aspectos fundamentales:

- A nivel regional, obtener su ubicación dentro del contexto geológico general, identificando las unidades estratigráficas regionales, al igual que los elementos estructurales presentes en el área de estudio y alrededores.
- A nivel local y/o de detalle, identificar, clasificar y cartografiar los diferentes tipos de materiales rocosos (suelos y rocas), y, si es de existir, la medición de los diferentes elementos estructurales del macizo rocoso (discontinuidades, etc.), lo cual permita su caracterización y aplicación desde el punto de vista para propósitos en la ingeniería geotécnica.
- Los mapas temáticos del estudio (geológico) así como los perfiles geológicos, se presentan en escala local (1:2.000).

6.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Para la identificación de la Unidades Geológicas Superficiales se tuvo en cuenta el análisis de la información secundaria aportada por:

- Mapas geológicos de: Departamento del Huila, Esc. 1: 300.000 (SGC, 2001), Plancha geológica 389, Timaná (SGC, 2003), con sus respectivas memorias.
- Información secundaria, tomada de la evaluación de las amenazas potenciales de origen geológico, geomorfológico e hidrometeorológico, y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del Departamento del Huila (Convenio CAM y UN, 1999), así como aerofotografías de diferentes años del IGAC y ortofotos (Anka, 2018).
- Información de reconocimientos de morfología en Google Earth.
- Información de reconocimientos de campo, elementos procesados y analizados para la obtención de los resultados temáticos correspondientes.

Para la ejecución del análisis se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de la información de referencia existente y temática básica, tales como: planos, fotografías aéreas, geología, así como estudios geotécnicos,

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

disponibles en entidades como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), Universidad Nacional de Colombia (UN), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), entre otros.

- Reconocimiento del área de estudio por parte del especialista en geología, y levantamiento cartográfico local y detallado de todos los elementos geológicos, geomorfológicos y morfodinámicos, presentes en el área y la caracterización de los mismos.
- Análisis de la información tanto secundaria como la recolectada en campo, las cuales conforman los elementos temáticos básicos de la Geología y Geomorfología aplicadas a la Ingeniería, para el planteamiento de diferentes alternativas concernientes al cumplimiento de los objetivos propuestos en el estudio.
- Elaboración de los planos geológicos regional y local y perfiles estratigráficos requeridos, para el planteamiento de las diferentes medidas de tipo ingenieril, y la elaboración de la memoria temática respectiva.

6.2 GEOLOGÍA REGIONAL

A continuación se presenta la descripción regional, de la geología y del casco urbano del municipio de Acevedo, departamento del Huila, la descripción se basa en la información plasmada en la plancha geológica 389, Timaná (SGC. 2003), su respectiva memoria, en el plano geológico del departamento del Huila escala 1:300000 del 2001; además se tiene en cuenta los estudios realizados por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y la Universidad Nacional (UN), efectuados en el año de 1999, “Evaluación de las amenazas potenciales de origen geológico, geomorfológico e hidrometeorológico, y caracterización geotécnica preliminar de las cabeceras municipales del Departamento del Huila”; así como los realizados por el INGEOMINAS (actualmente, SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, SGC).

El municipio se encuentra sobre la margen izquierda del río Suaza, sobre depósitos de abanico; además, se encuentra junto al sistema de Fallas de Acevedo y de la falla de Brasil, la cual pone en contacto rocas Jurásicas con rocas del Paleógeno, como se observa en la Ilustración 13, el Casco Urbano del Municipio de Acevedo reposa sobre depósitos de abanico antiguo, este asociado a un tributario del río Suaza y posiblemente asociado a la quebrada Guache y/o Marajó y rocas pertenecientes a la Formación Gigante.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

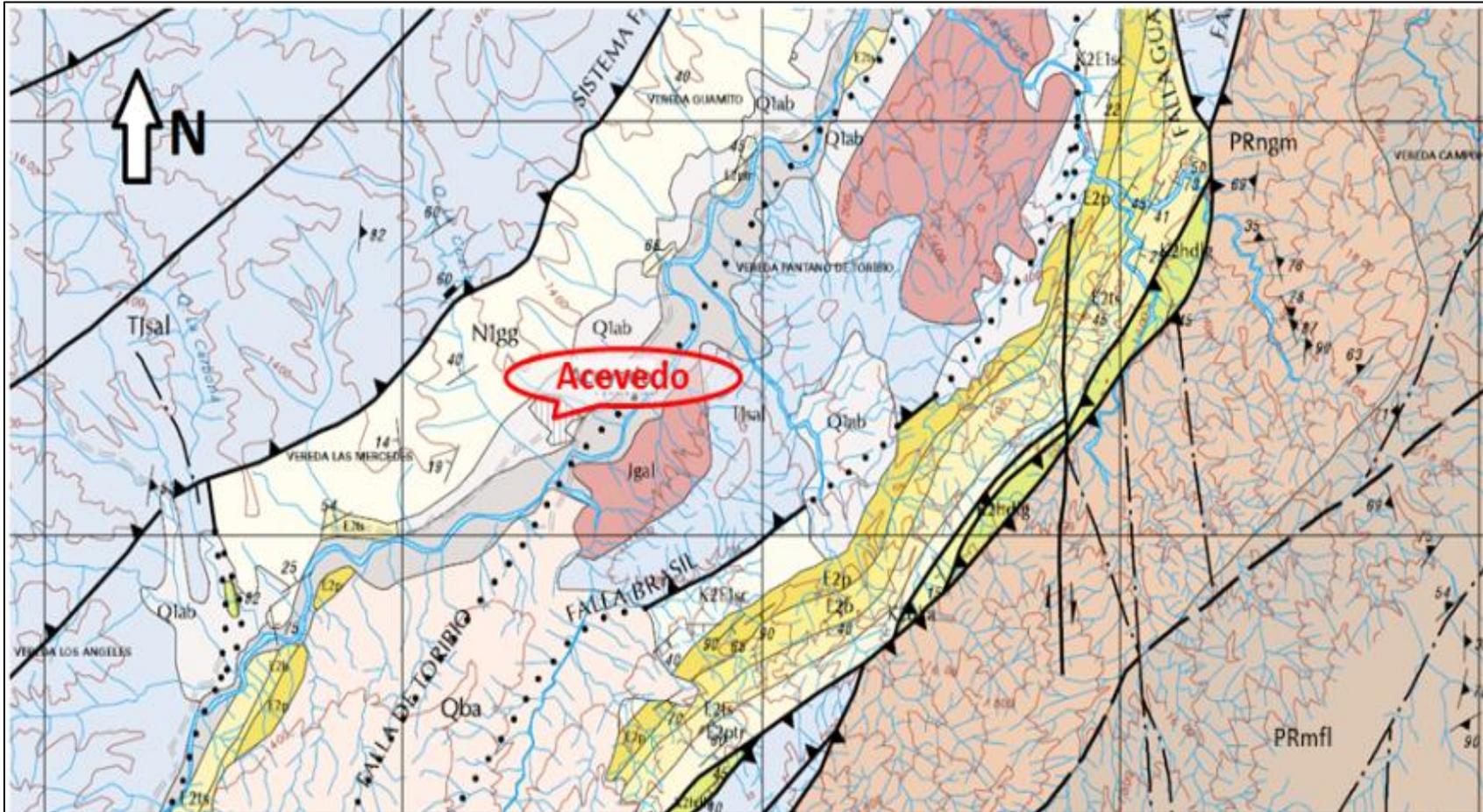


Ilustración 13. Figura extraída del plano geológico 389, Timaná (SGC. 2003). Se indica la localización del casco urbano del municipio de Acevedo, departamento del Huila.

Fuente: SGC, 2003.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

6.2.1 Estratigrafía

Con base en la Ilustración 13, el plano geológico 389 Timaná y su memoria (SGC. 2003), el plano geológico del departamento del Huila y su respectiva memoria (SGC. 2001), se describen las unidades geológicas dentro y en cercanías del casco urbano del municipio de Acevedo, de acuerdo a la geo cronología desde la más antigua a la más reciente:

- **Neis de Guapotón (Prngm)**

El Neis de Guapotón-Mancagua, denominado así para conservar la descripción de Kroonenberg (1982a) consta de tres cuerpos metamórficos con estructura néisica, que poseen formas elongadas en dirección Noreste – Suroeste, dos de los cuales afloran en el flanco occidental del Macizo de Garzón y otro al oriente del mismo aunque sus diferencias litológicas no son marcadas, algunas diferencias geográficas y tectónicas sí lo son (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

El Neis de Guapotón está constituido por una roca característica de color rojo y rosado moteada de negro. A escala mesoscópica, la roca es fanerítica de grano medio a grueso, similar a un granito y microscópicamente presenta una mineralogía constituida por feldespato alcalino, cuarzo, plagioclasa, biotita y anfíbol, como minerales principales, con orientación que demuestran el metamorfismo generado y estructuras propias del mismo. Todo esto también debido al protolito ígneo félsico que presentan estas rocas, posiblemente granítico.

El neis de Guapotón – Mancagua presenta la edad más antigua y que corresponde a la isócrona Rb/Sr de 1,6 Ga obtenida por Priem *et al.* (1989). Restrepo-Pace *et al.* (1997) reportan una edad modelo Nd de 1,55 Ga, la comparación de estos dos resultados confirmaría la hipótesis de que estas rocas se formaron durante el Evento de Parguaza. La mayoría de los resultados radiométricos realizados poseen un rango que varía entre los 0,9 y los 1,2 Ga (Álvarez & Cordani, 1980; Álvarez, 1981; Priem *et al.*, 1989; Restrepo *et al.*, 1997); que permite inferir que las rocas fueron sometidas a metamorfismo durante un evento tectónico asociado al evento Grenville (Kroonenberg, 1982 a y b). Estos análisis indican que las rocas fueron afectadas por eventos posteriores a principios del Devónico, en el Pérmico-Triásico y durante el Jurásico (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000). Kroonenberg (1982a) describe un contacto concordante con las Migmatitas del Complejo Garzón, pero el antiguo INGEOMINAS & GEOESTUDIOS (2000) presentan una descripción de un contacto fallado en el lado oriental con las Migmatitas de Florencia.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Formación Saldaña (TJsal)**

El nuevo término de Formación Saldaña es designado por Cediél *et al.* (1980, 1981) para acoplar una secuencia de rocas de génesis volcánica y sedimentaria (volcano-sedimentaria), y que afloran a lo largo del Valle Superior del Magdalena, con una dirección NE, de aproximadamente 25 Km de largo y 15 Km de ancho en su superficie. Este término reemplaza las denominaciones de Formación Post-Payandé *red beds* (Nelson, 1959, en Julivert, 1968); posteriormente Mojica & Llinás (1984) y Mojica & Dorado (1987) reemplazaron esta unidad en dos miembros: el superior lo denominaron como Prado de origen volcánico, y el inferior denominado Chicalá, de origen sedimentario.

El miembro sedimentario consta de lodolitas y areniscas de grano fino a medio, pero predomina el grano fino, en su mayor proporción, los líticos son compuestos de rocas extrusivas de composición andesítica a riolítica. Contiene algunas estructuras oolíticas de 2 a 5 mm, de tono más claro, que flotan en una matriz constituida por minerales del grupo de las arcillas, con clastos mal seleccionados angulares a subangulares; adicionalmente se presentan cristales euhedrales de piritita y plagioclasa.

El miembro volcánico está compuesto por tobas vítreas, líticas y de cristales, de composición riolítica, dacítica y traquítica; aglomerados, lavas de composición riolítica y traquítica, cuerpos porfídicos de color rosado a anaranjado compuestos por plagioclasa, feldespato alcalino, cuarzo; también se encuentran lodolitas y ocasionalmente rocas sedimentarias como limolitas y arenitas rojas tobáceas.

La Formación Saldaña está suprayacida discordantemente por la Formación Caballos; se encuentra en contacto fallado con las formaciones Hondita - Loma Gorda, Seca, Palermo y Gigante. El contacto con el Neis de Guapotón - Mancagua también es fallado a lo largo de la Falla Suaza. El contacto con el Monzogranito Algeciras es intrusivo.

- **Formación Seca (K2E1sc)**

Porta (1965) propuso el nombre de esta unidad para definir una sucesión de arenitas y lutitas rojizas, que estratigráficamente está ubicada entre las formaciones Cimarrona y Hoyón, y cuya sección tipo se localiza en la quebrada Seca, ubicada al sur de la población de Cambao. La Formación Seca representa gran parte del sector noroeste de esta Plancha, en la depresión de Timaná; en el valle del río Suaza la unidad aflora al oriente del Pantano de Toribío y, en el extremo sur del valle, en la vereda El Salado (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000). En la plancha 344 se ha utilizado este nombre para describir el conjunto de lodolitas y arenitas rojizas, que se encuentran intercaladas entre las rocas sedimentarias del Grupo Olini – Formación la Tabla y la secuencia rudítica continental del Paleógeno, que conforma el Grupo Chicoral.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

En el área de estudio la unidad está constituida por lodolitas macizas de tono rojizo, color pardo y gris, con intercalaciones de capas delgadas a medias de litoarenitas, y eventualmente con delgadas capas de carbón, aunque más al norte del VSM para esta misma Formación no hay evidencias de estratos de carbón; se presenta también laminación y capas de limolitas con restos de bivalvos (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000). Esta unidad está caracterizada por la alternancia de lutitas y arcillolitas rojizas intercaladas con capas de arenitas líticas de grano fino a medio. La parte inferior de la unidad está constituida principalmente por arenitas y lodolitas, la parte superior de la unidad es más arenítica en donde se encuentran capas de hasta 5 metros de secuencias granodecrescientes.

El contacto inferior con la Formación La Tabla es de carácter neto y se define con la aparición del primer paquete de cuarzo arenitas de la Formación La Tabla, el contacto superior es discordante, marcado en la última capa de arenisca de color gris que infrayace la arenisca de grano medio conglomerático de tono rojizo con que inicia el Grupo Chicoral. Según Porta (en Julivert, 1968) incluido en Velandia *et al.* (1996) la edad de la formación es Maastrichtiano – Paleoceno.

- **Formación Palermo (E2p)**

La Formación Palermo corresponde a una sucesión de conglomerados de matriz de arena y presencia de cemento silíceo-ferruginoso, con intercalaciones de lentes de arena de grano grueso; la composición de los conglomerados es principalmente fragmentos de cuarzo y chert, de color negro y gris. Se encuentran esporádicamente fragmentos de rocas ígneas.

La unidad fue diferenciada en la mitad occidental de la Plancha 389 Timaná, en la depresión de Timaná al sur de la población del mismo nombre y en el valle del río Suaza en los flancos de esta depresión (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000). Los conglomerados presentan guijarros que gradan normalmente hacia el tope; están compuestos de chert de color negro, gris y pardo, y cuarzo, con esporádicos fragmentos de origen ígneo (intrusivo - extrusivo); la matriz, en general, es tamaño arena gruesa, cuarzosa; el cemento es silíceo - ferruginoso. Están dispuestos en capas muy gruesas, en cuña y lenticular, y con estratificación cruzada de bajo ángulo a gran escala; los contactos son erosivos y la separación entre capas está marcada por niveles muy delgados de lodolitas rojizas. El límite superior de la unidad, con la Formación Baché es concordante y con la Formación Seca, disconforme. En el sector sur de la depresión del río Suaza se observó sobre la unidad los Basaltos de Acevedo, en relación de discordancia angular (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Formación Gigante (N1gg)**

Para el trabajo del SGC en 2002, se adoptó el nombre de Formación Gigante con tres nomenclaturas propuesta por van der Wiel (1991) y se acoge la división realizada en los miembros Neiva, Los Altares y Garzón pero no se hace ninguna separación o subdivisión en la cartografía. Guerrero (1993) propone formalmente el nombre de Grupo Huila para esta secuencia y subdivide la unidad en las formaciones Neiva y Gigante.

La Formación Gigante está constituida hacia la base por una sucesión espesa de conglomerados con intercalaciones de areniscas, arcillolitas y limolitas. Los conglomerados se presentan en capas muy gruesas, con clastos de entre 2 y 40 cm de diámetro, compuesto principalmente por chert negro y pardo, cuarzo y fragmentos volcánicos de la Formación Saldaña y rocas del Complejo Garzón. Las areniscas son lodosas y conglomeráticas, con mala selección; las arcillolitas tienen tonalidades rojizas generalmente en capas más delgadas que los conglomerados y las areniscas. En la parte media se presenta una secuencia volcano-clástica constituida por capas medias a muy gruesas de tobas de cristales, tobas pumíticas, tobas, areniscas tobáceas, conglomerados pumíticas, arcillolitas y areniscas líticas ricas en material volcánico.

La parte superior presenta una sucesión espesa de capas muy gruesas de conglomerados con intercalaciones y lentes de areniscas de grano fino a grueso en ocasiones ligeramente conglomeráticas. Los conglomerados presentan mala selección, matriz soportados en material que presenta tanto tamaño arena como lodo; los clastos son de granodioritas, granitos, granulitas, migmatitas, ignimbritas, pórfidos andesíticos y dacíticos, tobas, chert y cuarzo.

En el sector del valle del río Suaza, INGEOMINAS & GEOESTUDIOS (2000) describen la unidad constituida por conglomerados clasto-soportados de cantos y bloques finos (5 – 40 cm), los clastos son de rocas ígneas (monzonitas, sienitas), volcánicas de la Formación Saldaña y, en menor proporción, metamórficas del Complejo Garzón; en general, presentan mala selección, los bloques son de baja esfericidad y los guijarros de alta; la matriz es areno-lodosa, guijosa y conglomerática, localmente llega hasta el 20%; se encuentran esporádicos lentes de litoarenitas lodosas de finas a conglomeráticas, con cuarzo, chert y fragmentos de rocas ígneas, macizas y algunos lentes de conglomerados de guijarros y lodolitas arenosas.

Desde un punto de vista cartográfico y geomorfológico no existen rasgos notorios en superficie que faciliten la separación en el campo de los miembros que componen la Formación Gigante, por el contrario, toda la unidad se caracteriza por una morfología de colinas bajas y redondeadas, y zonas planas a moderadamente onduladas.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

El contacto inferior de la unidad es discordante sobre las formaciones Saldaña, Potrerillo y Doima, aunque también se encuentra en contacto fallado con la Formación Saldaña. Le suprayacen discordantemente abanicos recientes y depósitos coluviales (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000). Se presenta en contacto fallado con las rocas del Macizo de Garzón; localmente está cubierta discordantemente por el Lahar de Altamira y reposa discordantemente sobre el Grupo Honda. La edad de la Formación Gigante a partir de huellas de fisión, en una muestra de ignimbrita colectada al sur del Municipio de Suaza, dio $6,6 \pm 1,4$ Ma, que corresponde al Mioceno tardío (van der Wiel, 1991).

- **Abanicos Antiguos y Recientes (Q1ab, Q2ab)**

Los abanicos aluviales son depósitos sedimentarios que están constituidos por conglomerados de origen torrencial. Se pueden dividir en dos categorías: abanicos antiguos (Q1ab) y recientes (Q2ab). Los abanicos antiguos comúnmente se muestran cortados por ríos y quebradas, y sus canales rellenos por otras unidades aluviales, re trabajadas o por depósitos aluviales recientes. En general, estos depósitos son conglomerados de bloques y cantos, matriz y clasto-soportados; la matriz es arenoguijosa. Los clastos son de mucha diversidad lítica dependiendo del área de aporte. Además, se observan algunos niveles de arenas guijosas deleznable con erosión en surcos (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000). Aquellos depósitos ubicados en la desembocadura de corrientes y en los que es posible definir un arreglo radial de pequeños canales, se han denominado depósitos de abanico recientes (Q2ab) (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

- **Depósitos aluviales y terrazas bajas – (Q2al)**

Los depósitos aluviales corresponden a los formados por la actividad reciente de los agentes erosivos como los ríos junto con la gravedad, que transportan los respectivos materiales previamente erodados para ser depositados en llanuras, islas o sitios dispuestos para ello según el tipo de drenaje, caudal y otros aspectos físicos del drenaje. Los depósitos coluviales (Q2c) son los materiales erodados y redepositados en la base de los taludes, se caracterizan por una textura con pobre calibrado y por no tener estructuras sedimentarias; en general, están compuestos por gravas polimícticas de bloques angulares clasto o matriz soportadas según el tipo de aporte presentado y tipo de material de la fuente. En los principales ríos que drenan la región se han identificado depósitos aluviales recientes (Qal) que incluyen los depósitos de canal y llanuras de inundación. En los canales se presentan comúnmente gravas de cantos y bloques redondeados, principalmente de rocas volcánicas, ígneas y metamórficas (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS, 2000).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

6.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El bloque tectónico del Valle Superior del Magdalena corresponde a una zona deprimida con relación a los bloques que lo delimitan (serranía de Las Minas y Cordillera Oriental), tiene un tren estructural con tendencia NE y en él afloran rocas mesozoicas y cenozoicas, principalmente.

El bloque corresponde en forma general a un sinclinal limitado en ambos costados por fallas de cabalgamiento que levantaron y montaron rocas más antiguas sobre unidades sedimentarias más jóvenes, y el sinclinal está conformado en el núcleo por las unidades más recientes y en los bordes por las más antiguas. Hacia el sur, la culminación del sinclinal se confunde con el levantamiento de bloques que hacen parte de las cordilleras Central y Oriental, se presenta el cierre del sinclinal y algunas depresiones y valles tectónicos como el valle de Pitalito y la depresión de Suaza - Acevedo que son las partes finales del Valle Superior del Magdalena y el inicio del Macizo Colombiano. Los eventos orogénicos han dado lugar a un intenso fracturamiento, fallamiento y plegamiento que se manifiestan en dos sistemas mayores, uno de dirección predominante al noreste que es el más notorio y otro hacia el noroeste.

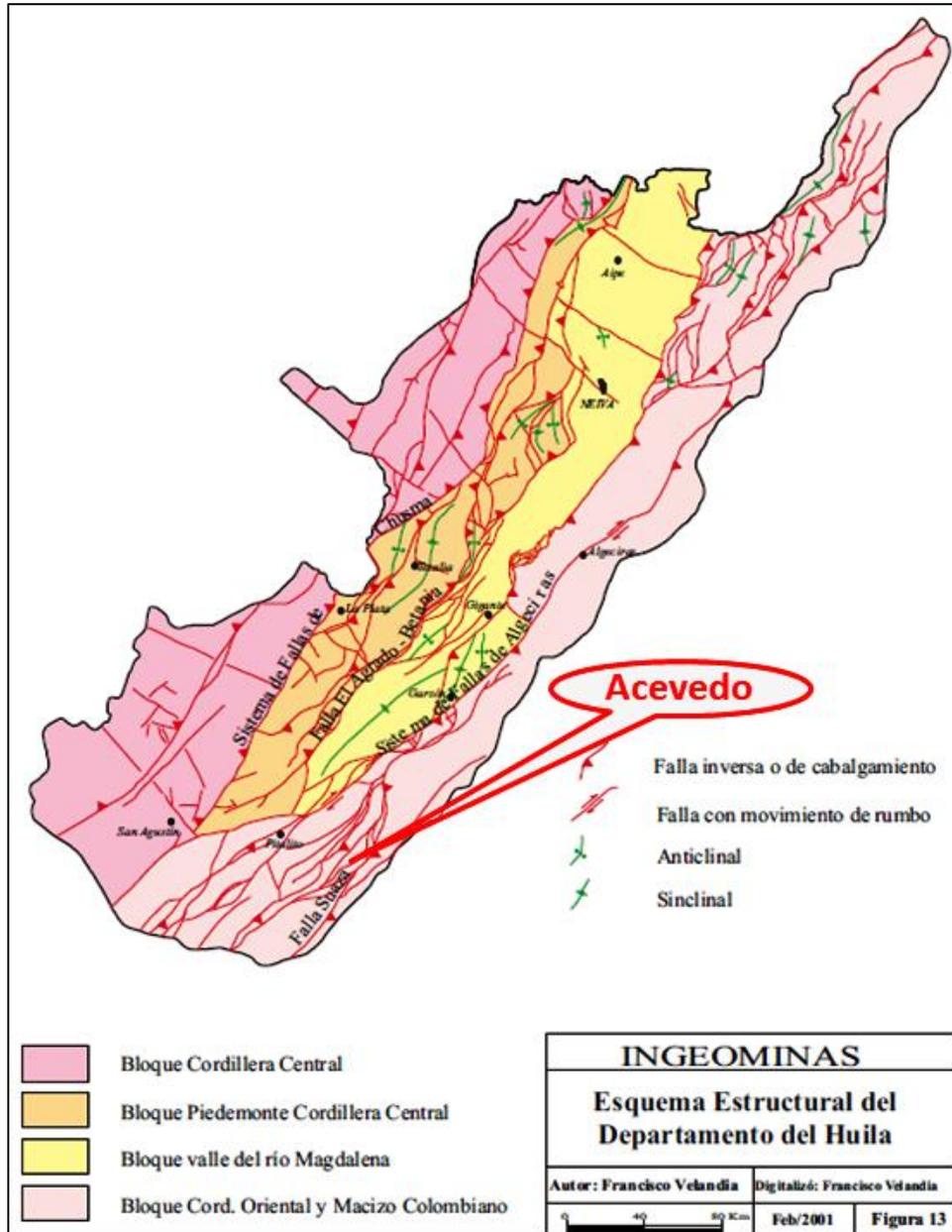


Ilustración 14. Mapa Estructural del Departamento del Huila. Tomado y modificado de la memoria del mapa de Geología de Huila, escala 1:300.000

Fuente: SGF, 2001.

6.3.1 Falla de Algeciras

La Falla de Algeciras representa el límite tectónico entre el Valle Superior del Magdalena y la Cordillera Oriental, es una estructura de rumbo deslizante, con un movimiento relativo dextral y con una componente inversa de ángulo alto, la vergencia es hacia el

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

noroccidente; por medio de esta falla rocas precámbricas y paleozoicas cabalgan sobre rocas del Cretácico y el Paleógeno, pone en contacto las rocas del Complejo de Garzón con el Monzogranito Algeciras, la Formación Saldaña y rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas que se encuentran cubiertas por abanicos aluviales.

6.3.2 Sistema de Fallas Acevedo

El nombre de Sistema de fallas Acevedo fue tomado del Municipio de Acevedo en el Departamento del Huila, lo conforman una falla cuyo trazo principal bordea el costado occidental del valle del río Suaza y varios lineamientos paralelos al trazo principal dispuestos en forma de echelón con despliegue divergente, posiblemente en el estilo estructural denominado “transferencia de desplazamiento” (Mojica & Franco, 1990); al norte se une con las fallas Suaza y Algeciras.

Para INGEOMINAS & GEOESTUDIOS (2000) es un sistema de fallas de cabalgamiento que tiene transporte hacia el SE, rumbo N50°E e inclinación del plano de falla al occidente; en superficie pone en contacto por más de 25 km rocas de la Formación Saldaña y el Granito Altamira con las formaciones: Baché, Tesalia, Potrerillo, Doima y Gigante. A esta falla se encuentran asociadas otras fallas menores, con el mismo despegue y afectan las rocas jurásicas - triásicas de la Formación Saldaña, y es responsable del levantamiento del bloque occidental limitado al occidente por la Falla Pitalito - Altamira y que corresponde a un bloque levantado con relación al Sinclinal Tarqui y al valle de Suaza - Acevedo.

6.3.3 Falla de Suaza

El nombre de Falla Suaza fue tomado del Municipio de Suaza en el Departamento del Huila. Topográficamente la falla se expresa con el control estructural del río Suaza en una extensión aproximada de 20 km, con un patrón rectilíneo a ligeramente curvado al norte de la Plancha 389 Timaná; forma abanicos aluviales a partir de su trazo, que indican actividad reciente; además, es el límite oriental del valle de Suaza – Acevedo, que representa un valle tectónico. Esta falla, según INGEOMINAS & GEOESTUDIOS (2000), es de tipo inverso y ángulo bajo (cabalgamiento), su vergencia es hacia el occidente, tiene una dirección sinuosa al NE, en la Plancha 366 Garzón se midió una inclinación del plano de falla de 70° a 75° al SE; al norte se une con la Falla Acevedo y se desprende de la Falla Algeciras. Para Velandia (2001) se trata de una falla de retrocabalgamiento, que parece encontrarse de frente con el cabalgamiento de un lente del Sistema de Algeciras que corresponde con la Falla Acevedo y ser sepultada más al norte por el trazo principal del sistema. En superficie hace cabalgar el bloque oriental conformado por rocas precámbricas cristalinas del Macizo de Garzón sobre el bloque occidental conformado por rocas del Mesozoico y Cenozoico como las formaciones Saldaña, Hondita – Loma

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Gorda, La Tabla, Palermo y Potrerillo. Esta falla genera el emplazamiento más occidental del Macizo de Garzón y sirve como despegue para un número de cabalgamientos escalonados que levantan las rocas cristalinas. Butler (1983) estima que la Falla Suaza cabalga sobre secuencias molásicas neógenas y desplaza todas las rocas más antiguas que el Cuaternario.

6.3.4 Sinclinal Suaza

El Sinclinal Suaza está localizado en el lado occidental del valle del río Suaza, cerca de la población del mismo nombre (Plancha 389 Timaná). La dirección del eje es N20E. El flanco oeste está limitado y parcialmente sepultado por la Falla Suaza y el Sistema de Fallas Acevedo. En el núcleo aparece la Formación Gigante; en el flanco oriental aparecen las formaciones Palermo, Baché, Tesalia, Potrerillo y Doima. El flanco oriental del sinclinal se encuentra cubierto por abanicos recientes y antiguos.

6.4 GEOLOGÍA LOCAL

El casco urbano del municipio de Acevedo, departamento del Huila, se ubica sobre la unidad denominada Depósitos de Abanicos Antiguos, abanicos disectados por múltiples quebradas que descienden de la ladera formada por rocas de la Formación Gigante. Adicionalmente, los cañones generados por estos drenajes se encuentran rellenos por depósitos aluviales producidos por el drenaje principal de la zona.

6.4.1 Caracterización de las unidades geológicas de ingeniería

Para la caracterización de las unidades de roca y de suelo, adicional a la descripción litológica de las materiales aflorantes y del subsuelo se usaron parámetros como: grado de meteorización e índice geológico de resistencia (GSI) que enseguida se describen.

- **Grado de meteorización**

El grado de meteorización es uno de los aspectos importantes en la caracterización de las unidades geológicas de ingeniería, se define como la descomposición física y química *In situ* de los materiales cercanos a la superficie. Influye en la formación de los suelos residuales, estabilidad de las laderas y en la acción de la erosión, al igual que sobre las propiedades físico–mecánicas de las rocas, en la Tabla 2, para definir el grado de meteorización de las rocas se utilizó el perfil generalizado de Dearman (1974, 1991).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 2. Perfil de meteorización utilizado para agrupar los materiales geológicos en el mapa de unidades Geológicas de ingeniería.

Unidad usada en el mapa	Grado de meteorización	Nombre	Descripción
Suelo residual	VI	Suelo residual	Horizonte A
			Horizonte B
			Horizonte C: Saprolito. Presencia de fragmentos y bloques de roca menor al 10% (textura original no visible)
	V	Roca completamente meteorizada	Todo el macizo rocoso está completamente descompuesto. La roca se desmenuza fácilmente con la mano; se observan estructuras de la roca original. Presencia de fragmentos. Es similar a lo llamado Saprolito.
Material intermedio (roca blanda)	IV	Roca altamente meteorizada	Más de la mitad del macizo rocoso está descompuesto o desintegrado. La roca se presenta altamente decolorada. Para obtener muestras se requiere martilleo moderado.
	III	Roca moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del macizo rocoso está descompuesto o desintegrado. La roca se presenta altamente decolorada. Para obtener muestra se requiere martilleo moderado. Es similar a lo llamado regolito.
Roca dura	II	Roca ligeramente meteorizada	Ligera decoloración del macizo rocoso indicando algo de meteorización. La roca aún es dura y resistente.
	I	Roca inalterada o fresca	Macizo rocoso si signos visibles de meteorización, superficies brillantes en las discontinuidades.

Fuente: Tomado y modificado de Dearman (1974, 1991).

- **Índice Geológico de Resistencia (G.S.I.)**

Corresponde a un parámetro de evaluación de la resistencia de la masa rocosa, que evalúa la calidad del macizo rocoso en función del grado y características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de los bloques y alteración de las discontinuidades. La determinación del G.S.I. permite calificar el macizo rocoso entre 0 y 100, dependiendo de la variación del entramamiento y la calidad de la roca en la superficie (Ilustración 15).

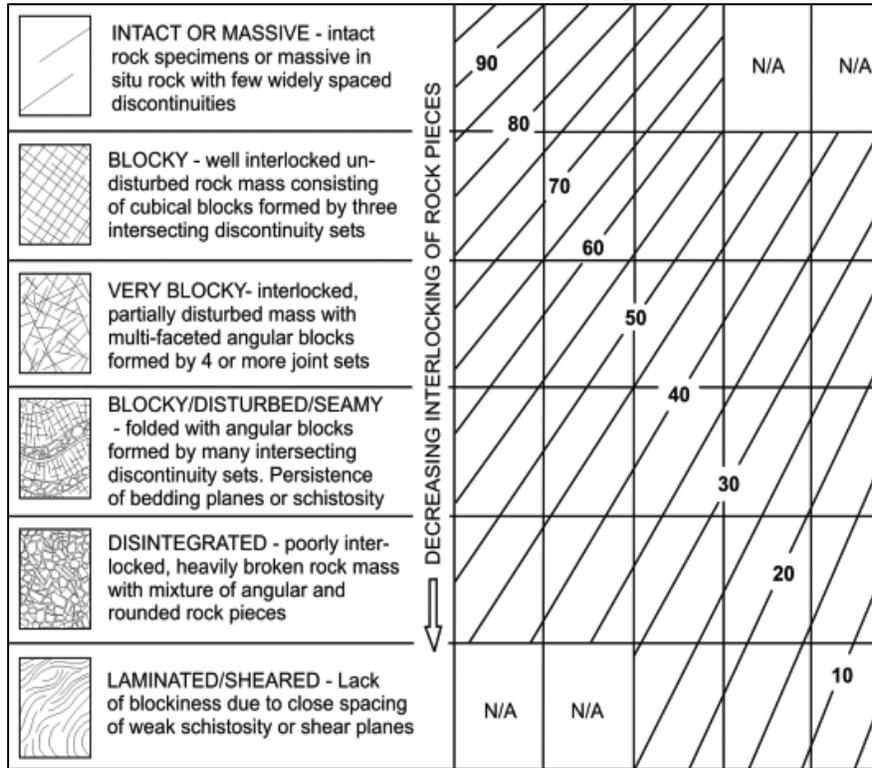


Ilustración 15. Factor G.S.I para Macizos Rocosos
Fuente: (Tomado de Hoek et al., 1998).

Los anteriores parámetros están estrechamente relacionados con la dureza la cual permite conocer la resistencia que opone una roca a la acción puntual; en ocasiones se define como la resistencia que ella ofrece a ser penetrada por un objeto duro. Se mide con el martillo o un objeto punzante.

6.4.2. Unidades de Geología para Ingeniería (UGI)

Las UGI referidas, corresponden a zonas delimitadas, teniendo en cuenta que representen alto grado de homogeneidad con respecto a las propiedades geotécnicas básicas, cumpliendo con las características de área y espesores mínimos cartografiables, de acuerdo con la escala de trabajo 1:2000 y con base en la definición de unidades litoestratigráficas.

Como base para la generación de las UGI, se propone clasificar los materiales de acuerdo con su origen, de acuerdo a la modificación realizada a partir de las unidades geológicas superficiales propuestas por Hermelín (1985) y Salazar (1995). De acuerdo a lo anteriormente descrito y teniendo en cuenta la escala de trabajo la UGI mínima será de 64 m² para cartografiar en planta, adicionalmente en escala vertical se trabajaron con materiales de espesores de 2 metros.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Origen y litología**

Se realizó una identificación preliminar de la unidad con base en su origen, que se complementó posteriormente de acuerdo con sus características litológicas (composición y estructura) de las sucesiones estratigráficas. Esta clasificación preliminar permite diferenciar entre rocas y suelos, y estos últimos diferenciados entre transportados, residuales o antrópicos. Además, es importante plasmar en la leyenda de cada UGI, el material que la subyace y suprayace, y sus características geotécnicas básicas.

- **Nomenclatura**

Una vez establecidas las posibles UGI, identificadas preliminarmente por el origen y la litología, se define la nomenclatura asociada, la cual se ajusta de acuerdo con la caracterización de los materiales en la actividad de comprobación de campo.

El sistema de nomenclatura propuesto es el siguiente:

- La primera letra, en mayúscula, indica si es roca (R) o suelo (S).
- Si es roca (R), la segunda letra, en minúscula, indica su calidad, según sus características de resistencia cualitativa, grado de meteorización y el diaclasamiento, entre otras, la cual se ajustó según la caracterización realizada cuantitativamente, que se denomina muy dura (md), dura (d), intermedia (i), blanda (b) y muy blanda (mb).
- Si es suelo (S), la segunda letra indica el origen: transportado (t), residual (r) o antrópico (a).
- La tercera letra indica el tamaño del grano predominante o la textura del material.
- Se pueden agregar al nombre otras letras que indiquen las características geotécnicas del material.

A continuación se describen la Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) descritas en la zona de estudio; su extensión se observa en el Anexo 6.

- **Unidad de suelos**

Suelo Antrópicos, Depósitos de Escombros, Sade.

Corresponde a mezclas heterogéneas de escombros de construcción, plásticos, restos de maderas, suelos, y otros, dispuestos de manera aleatoria, sin una disposición técnica (Ilustración 16). Son materiales no consolidados, muy permeables, de corta extensión y dispuestos para nivelar zonas deprimidas, o sencillamente arrojados sin control alguno.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 16. Coordenadas: E= 1132321, N= 691614, orientación al noroccidente. Depósito de escombros en la margen derecha de la quebrada Marajó.
Fuente: Geocing S.A.S.

Suelo Antrópico, Inestabilidad reciente, Stir-2

Hace referencia a los materiales originados por movimientos en masa tipo deslizamientos. Sucede al costado sur de la casa campesina y al momento ha afectado una línea de gaviones (Ilustración 17). Corresponde a un material de textura limo arenosa, no consolidado, que presenta una superficie de tumultos.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 17. Coordenadas: E= 1132367, N= 691595, orientación al oriente. Se observa deformidad en gaviones por movimiento en dirección aproximada suroriente.
Fuente: Geocing S.A.S.

Suelo Antrópico, Inestabilidad reciente, Stir-1

Son materiales originados por movimientos superficiales tipo reptación, donde se observa deformación de la parte superficial del terreno, caracterizada por la formación de terracetas o “patevas”. Se encuentran distribuidos hacia la parte noroccidental de la zona de estudio, en zona con inclinación de ladera alta, y en terrenos donde afloran rocas de la Formación Gigante. Cuando el movimiento ocurre sobre suelo residual arcillo limoso, los depósitos se encuentran principalmente conformados por una mezcla de materiales muy finos, con pequeños lentes de arenas y algunos pequeños clastos aislados, con coloraciones que van desde el gris al naranja por oxidación. Se caracterizan por suceder en terrenos dedicados al pastoreo, donde se ha eliminado el bosque nativo del sector.

- **Suelo Antrópico, Rellenos Ingenieriles, Sari.**

Hace referencia a los materiales seleccionados y compactados, donde se desarrolló la construcción de obras civiles como vías y andenes, del casco urbano del municipio de Acevedo y zonas aledañas. Este tipo de depósitos presentan espesores variables entre 0.50 y 2 m, siendo mayores, posiblemente en los sectores de rellenos en las canalizaciones realizadas en las escorrentías, que discurrían en gran parte del casco urbano. Su composición, está conformada generalmente por mezclas proporcionadas de materiales granulares y cohesivos con coloraciones café, habano y rojizas, compactados. Presentan una matriz de textura arcillo limosa a limo arenosa, con presencia de gravas y

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

bloques (de cualquier procedencia o composición) embebidos en esta. En algunas ocasiones pueden presentar materia orgánica. Los depósitos utilizados para la construcción de vías, contienen principalmente gravas, bloques y arena bien seleccionados, separados y compactados, los cuales también se utilizan para la construcción de andenes. Las subrasantes tienden a ser mejoradas con mezclas de arenas y finos.

- • **Suelo Antrópico, Rellenos Indiferenciados, Sarin.**

Son materiales seleccionados, emplazados y compactados, para la construcción de obras civiles como parques, plazas y/o viviendas, generalmente presentan una matriz arcillo limosa, con lentes de arenas, gravas, y en ocasiones materia orgánica, embebidas en esta. Con coloraciones habano claro a oscuro (Ilustración 18). Se disponen principalmente sobre depósitos de abanico y de aluviales recientes y subrecientes.



Ilustración 18. Coordenadas: E= 1132262, N= 690985, orientación al suroriente.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Suelo Transportado Fluvial, Depósito Aluvial Activo, Stfaa.**

Depósito cuaternario, conformado por material actual que es transportado, depositado y retrabajado por la dinámica fluvial del río Suaza, y de las quebradas: Guache, Marajó, y otras, que discurren principalmente por la margen izquierda del río Suaza.

El material asociado a la dinámica fluvial del río Suaza corresponde a intercalaciones e interdigitación de lentes en proporciones irregulares, de bloques, gravas, arenas y limos, con lentes de materia orgánica; Las gravas, son de composición heterogénea, donde

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

encontramos gravas de rocas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias; las gravas y bloques son heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta (Ilustración 19, Ilustración 20 e Ilustración 21) El material asociado a las quebradas: Guache, Marajó y otras, está compuesto por la intercalación e interdigitación de lentes de gravas, arenas, limos y gravas, con algunos lentes de materia orgánica; donde los niveles de gravas son menores con respecto a los niveles asociados al río Suaza.

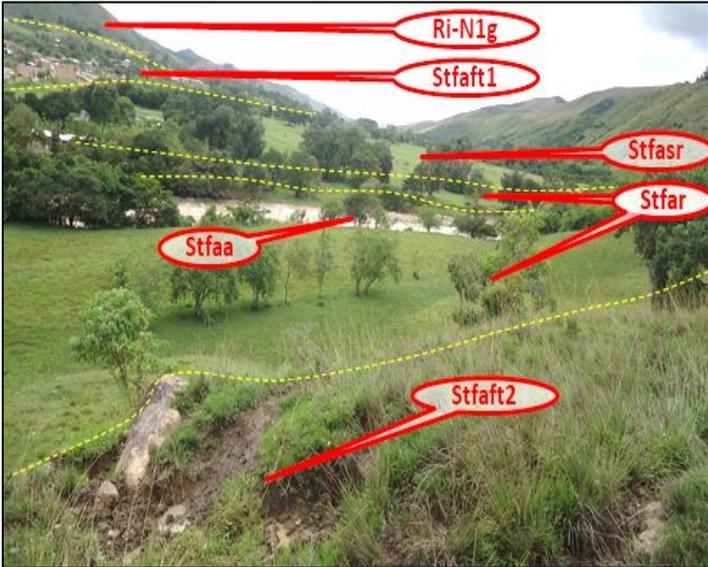


Ilustración 19. Coordenadas: E= 1132461, N= 690746, orientación al nororiente.
Fuente: Geocing S.A.S.



Ilustración 20. Coordenadas: E= 1132082, N= 690709 orientación al nororiente.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 21. Coordenadas: E= 1132321, N= 691614, orientación al suroriente. Cauce invadido, quebrada Marajó
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Suelo Transportado fluvial, Aluvial Reciente, Stfar.**

Depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial: del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza baja, corresponde a material no consolidado heterogéneo y bloques son heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta, conformado por la intercalación e interdigitación de lentes irregulares de: bloques, gravas, arenas y limos, en proporciones variables (Ilustración 22).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 22. Coordenadas: E= 1132032, N= 690771, orientación al nororiente. Margen derecha quebrada Guache, antes de la confluencia con el río Suaza.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subreciente, Stfar.**

Depósito cuaternario subreciente, conformado por material transportado y depositado por la dinámica fluvial del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza alta.

Este material corresponde a intercalaciones e interdigitación de lentes de: bloques, gravas, arenas y limos, con lentes de materia orgánica, en proporciones heterogéneas. Las gravas y bloques son de composición diversa, donde encontramos gravas de rocas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias; las gravas y bloques son heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta (Ilustración 23).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 23. Coordenadas: E= 1132280, N= 690821, orientación al suroriente. Terraza antigua, margen derecha río Suaza.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Suelo Transportado fluvial, Abanico Fluviotorrencial Reciente, Stfapt2.**

Corresponde a un depósito de abanico, depositado sobre la margen derecha del río Suaza, se observa sobre el terreno una serie de bloques competentes, heterométricos y con diámetros mayores al metro, dispuestos de forma aleatoria, y en los cuales la matriz que los contenía fue removida por Erosión hídrica (Ilustración 24).



Ilustración 24. Coordenadas: E= 1132280, N= 690821, orientación al suroriente. Abanico sobre margen derecha río Suaza.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- • **Suelo Transportado fluvial, Abanico Fluviotorrencial Subreciente, Stfaff1.**

Corresponde a un depósito de abanico depositado sobre la margen izquierda del río Suaza, cuyo material fue transportado en el cauce de la quebrada Guache. En cortes se observa una serie de gravas de material muy competente, heterométricos, pero con diámetros que no sobrepasan los 15 cm (Ilustración 25).



Ilustración 25. Coordenadas: E= 1132315, N= 691677, orientación al norte. Abanico sobre el que se construyó el casco urbano de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

- • **Unidad de Roca**
- **Roca Intermedia, Formación Gigante, Ri-N1g.**

En los taludes realizados para la conformación de la vía que sale por el costado norte del casco urbano de Acevedo, se observa un conglomerado polimíctico, clasto soportado, en matriz limo – arenosa, y que soporta cortes a 90°. Las gravas son subredondeadas, de composición heterogénea, y la matriz cerca de la superficie, se encuentra meteorizada (Ilustración 26).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 26. Coordenadas: E= 1131420, N= 691919, orientación al suroriente. Formación Gigante.
Fuente: Geocing S.A.S.

Mas al occidente y siguiendo la misma vía, se observa un conglomerado clasto soportado, con gravas y bloques angulosas a subangulares, alternando con lentes de arenas y limos. Este material en cortes a 90° se mantiene estable (Ilustración 27). Esta roca aflora infrayaciendo los depósitos de abanico y de terraza subreciente aflorantes. Con base en la LRS2, se presume que esta roca aparece a partir de los 20 metros de profundidad, con Vs cercana a los 510 m/s. Las perforaciones mecánicas 1 y 2, bajaron 15 metros c/u, y quedaron colgadas en este material.

- **Roca Dura, Granito de Altamira, Rd-J1J3ga.**

Se trata de un intrusivo que aflora sobre la margen derecha del río Suaza. De composición granitoide con variaciones a monzogranitos y cuarzomonzonitas, y ocasionalmente diorítico, presenta colores rojos y rosados claros, inequigranular de grano medio y fino, y con contenido de mineral accesorio de esfena, característico para este cuerpo que puede llegar hasta el 3%.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 27. Coordenadas: E= 1131139, N= 692633, orientación al suroriente. Formación Gigante. Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 3. Descripción de las unidades Geológicas para Ingeniería en la zona de estudio.

Periodo / Época	Unidad UGI	Símbolo UGI	Descripción
	Suelo Antrópico, depósitos de escombros	Sade	Mezclas heterogéneas de escombros de construcción, plásticos, restos de maderas, suelos, y otros, dispuestos de manera aleatoria, sin una disposición técnica.
	Suelo Antrópico, rellenos indiferenciados	Sarin	Materiales seleccionados, emplazados y compactados, para la construcción de obras civiles como parques, plazas y/o viviendas, generalmente presentan una matriz arcillo limosa, con lentes de arenas, gravas.
	Suelo Antrópico, rellenos ingenieriles	Sari	Materiales seleccionados y compactados, para la construcción de obras civiles como vías y andenes, del casco urbano y zonas aledañas.
	Suelo Transportado de Inestabilidad Reciente 1	Stir-1	Son materiales originados por movimientos superficiales tipo reptación, en donde se observa deformación de la parte superficial del terreno, caracterizada por la formación de terracetas o “patevas”.
	Suelo Transportado de Inestabilidad Reciente 2	Stir-2	Son los materiales originados por movimientos de movimientos en masa tipo deslizamientos. Sucede al costado sur de la casa campesina y al momento ha afectado una línea de gaviones.
	Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Activo	Sfaa	Depósito cuaternario conformado por material actual que es transportado, depositado y retrabajado por la dinámica fluvial del río Suaza, y de las quebradas: La Guache, Marajó y otras, que discurren principalmente por la margen izquierda del río Suaza.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Periodo / Época	Unidad UGI	Símbolo UGI	Descripción
	Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Reciente	Stfar	Depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial: del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza baja.
	Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Subreciente	Stfasr	Depósito cuaternario subreciente, conformado por material transportado y depositado por la dinámica fluvial del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza alta. Este material corresponde a intercalaciones e interdigitación de lentes de: bloques, gravas, arenas y limos, con lentes de materia orgánica, en proporciones heterogéneas.
	Suelo Transportado Fluvial, Abanico Fluviotorrencial Reciente	Stfapt2	Depósito de abanico depositado sobre la margen derecha del río Suaza, en la zona de estudio, y cuya fuente proviene de la parte alta de esta margen. Se observa sobre el terreno una serie de bloques de material muy competente, heterométricos y con diámetros mayores al metro.
	Suelo Transportado Fluvial, Abanico Fluviotorrencial Subreciente	Stfapt1	Corresponde a un depósito de abanico, depositado sobre la margen izquierda del río Suaza, en la zona de estudio, y cuyo material fue transportado en el cauce de la quebrada La Guache. En cortes se observa una serie de gravas de material muy competente, heterométricos, pero con diámetros que no sobrepasan los 15 cm.
Neógeno	Roca intermedia, Formación Gigante	Ri-N1g	En los taludes realizados para la conformación de la vía que sale por el costado norte del casco urbano de Acevedo, se observa un conglomerado polimíctico, clasto soportado, en matriz limo – arenosa, y que soporta cortes a 90°. Las gravas son subredondeadas, de composición heterogénea, y la matriz cerca de la superficie, se encuentra meteorizada.
Jurásico	Granito de Altamira	Rd-J1J3ga	Se trata de un intrusivo que aflora sobre la margen derecha del río Suaza. De composición granitoide con variaciones a monzogranitos y cuarzomonzonitas, y ocasionalmente diorítico, presenta colores rojos y rosados claros, inequigranulares de grano medio y fino, y con contenido de mineral accesorio de esfena, característico para este cuerpo que puede llegar hasta el 3%.

Fuente: Geocing S.A.S.

A continuación en la Ilustración 28, se presenta la representación gráfica de las unidades geológicas locales y en el Anexo 6. MAPAS se encuentra el mapa de unidades geológicas Superficiales GE426-ACV-PSIG-GE-001-00.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

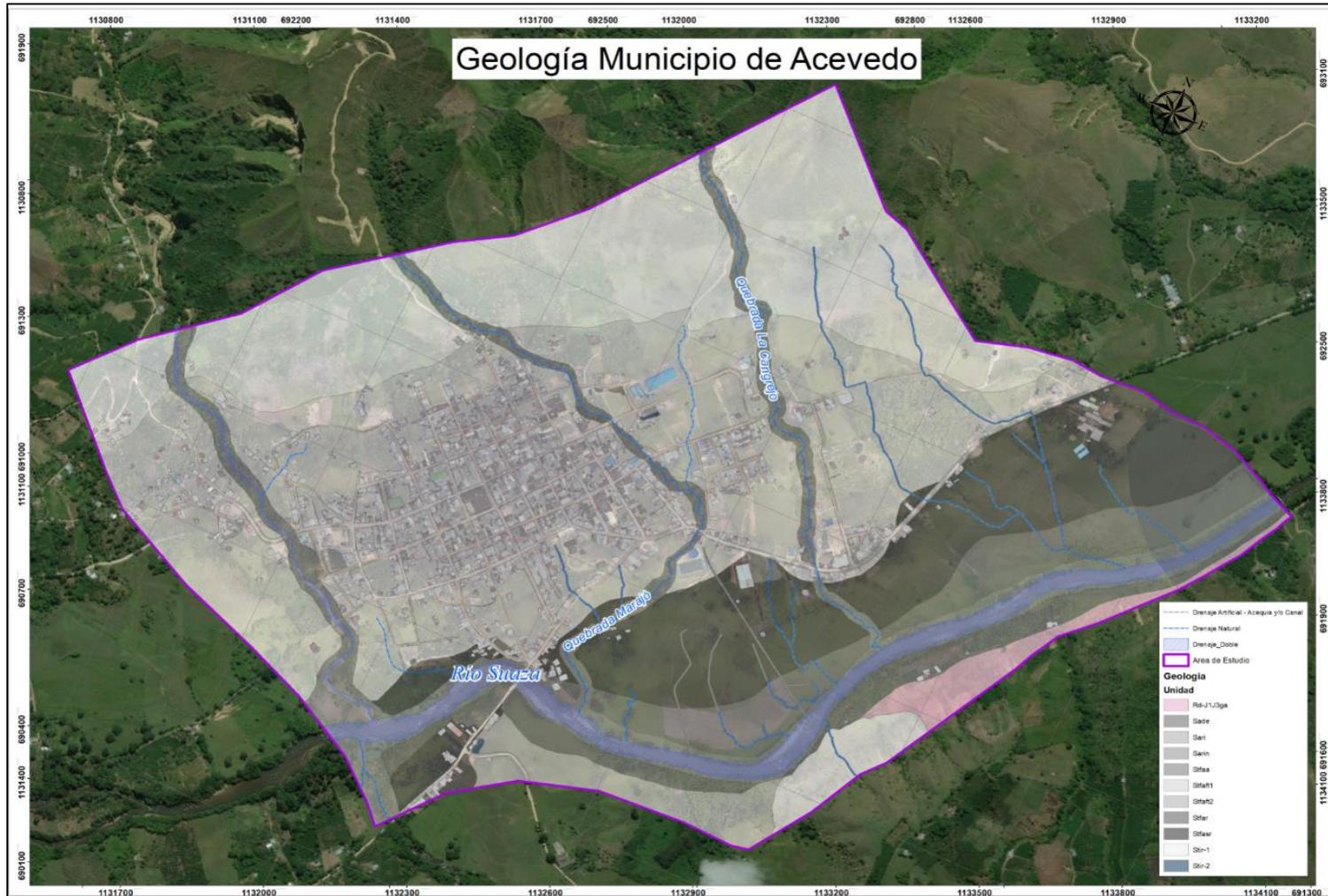


Ilustración 28 Mapa de Geología local del municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

7 GEOMORFOLOGÍA

Para la identificación y clasificación morfológica se utiliza la metodología del sistema ITC de Holanda (Verstappen y Van Zuidam, 1992), implementada en la metodología para la temática de la geomorfología aplicada a la ingeniería (Carvajal, Henry *et al*, 2005).

7.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La génesis de las formas del terreno en el área de estudio, corresponde principalmente a ambientes morfogenéticos de tipo mixto estructural – denudacional, fluvial, agradacional, y volcánico, resultado de los complejos procesos tectónicos relacionados al levantamiento de la cordillera central y el origen del valle superior del río Magdalena.

El municipio de Acevedo se encuentra ubicado sobre la margen izquierda del río Suaza, sobre depósitos de abanico, geomorfológicamente se pueden identificar dos regiones con morfologías muy diferentes debido al cambio de la litología, y del paso de la falla de Toribio. Al occidente se observa una topografía más abrupta y con pendientes mayores, según el estudio realizado por Carvajal (2012), la pendiente se puede clasificar como “Abrupta” (15-30°), y con base en el estudio de Van Zuidam (1986) la ladera se clasifica como “Muy Larga” (1000-2500 m). Por el contrario la zona oriental del municipio presenta una morfología más suavizada y una pendiente “Moderadamente Inclinada” (5-10°), y el tipo de ladera es “Larga” (500-1000 m).

El municipio de Acevedo se encuentra ubicado en el la parte baja de una serie de montañas (Formación Gigante), que en general presentan una morfología suavizada producto de la acción de sistemas hídricos (drenajes de tipo dendrítico), que moldean la superficie, dejando terrenos más suavizados y suelos residuales.

El curso del río Suaza está controlado por la falla de Toribio. Allí se logra observar que el río no se encuentra encañonado y que no genera geoformas relevantes, a pesar de que el municipio se encuentra ubicado sobre un abanico antiguo, los depósitos son de tipo aluvial con cantos bien redondeados y poco seleccionados.

7.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Entre los aspectos importantes de utilidad de la temática geomorfológica aplicada en la ingeniería se tiene la caracterización de las formas de los terrenos por su génesis y parámetros morfométricos; entre los cuales se consideran por su importancia ingenieril, la forma y la inclinación de la pendiente de dichos terrenos.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La **Inclinación de la ladera**, parámetro fundamental en los análisis de estabilidad de los terrenos, corresponde al ángulo de inclinación que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal imaginario. Los índices de inclinación se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Inclinación de laderas.

Inclinación	Tipo	Susceptibilidad a FRM
<5°	Plana a suavemente	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a FRM
6° - 10°	Inclinada	Blanda y baja FRM
11° - 15°	Muy inclinada	Moderadamente blanda y moderada susceptibilidad a FRM
16° - 20°	Abrupta	Moderadamente resistente y moderada susceptibilidad a FRM
21° - 30°	Muy abrupta	Resistente y alta susceptibilidad a FRM
31° - 45°	Escarpada	Muy resistente y alta susceptibilidad a FRM.
>45°	Muy escarpada	Extremadamente resistente y alta susceptibilidad a FRM

Fuente: Vargas. 2001.

La **longitud de la ladera** es un posible indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas, y se puede establecer una relación entre la longitud de la ladera y la homogeneidad del material (a mayor longitud mayor homogeneidad). Igualmente, la longitud de la ladera puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de procesos morfodinámicos. Las anteriores relaciones no siempre son válidas y se deben analizar en conjunto con otros atributos que califican la ladera. En la Tabla 5, se indica la categorización de las longitudes de ladera según Van Zuidam (1986).

Tabla 5. Longitud de las laderas

Longitud (metros)	Tipo
< 50m	Muy corta.
50 – 250 m	Corta.
250 – 500 m	Moderadamente larga.
500 – 1000 m	Larga.
1000 – 2500 m	Muy larga.
> 2500 m	Extremadamente larga.

Fuente: Van Zuidam (1986)

La nomenclatura y colores, de las unidades geomorfológicas locales, se realizó con base y modificada, de la Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 (SGC. 2012).

7.2.1 Unidades Morfogenéticos de Ambiente Antropogénico

Corresponden a geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno. Para este caso en particular, las actividades antrópicas para construcción de infraestructura civil y vial modifican la morfología natural del terreno. Dentro del área de estudio se ubican actualmente zonas muy modificadas e intervenidas

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

por construcciones y demás actividades asociadas, donde inciden directamente los factores antropogénicos.

- **Rellenos de Escombros y/o Escombreras, Are**

Sectores que han sido conformados con depósitos antrópicos como escombros de construcción, materiales de descapote, plásticos, muebles, electrodomésticos y otros. Los bordes de esta unidad, por ser no consolidados y estar descubiertos, son altamente susceptibles a desarrollar Erosión laminar y en surcos, que pueden originar pequeños flujos y/o deslizamientos (Ilustración 29).



Ilustración 29. Coordenadas: E= 1132280, N= 690821 orientación al suroriente. Unidades geomorfológicas. Fuente: Geocing S.A.S.

- **Superficie de Explanación, Asp.**

Es el terreno para la construcción de obras civiles como vías, andenes y otros constituidos con rellenos antrópicos técnicos. Corresponde a planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/o materiales no consolidados, con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terracedos que disminuyen la pendiente del terreno, y/o rellenos para conformar el terreno. En cuanto a las vías, gran parte de esta unidad se encuentra cubierta con pavimento rígido y flexible, sin embargo, también existen zonas sin ningún tipo de recubrimiento. La mayor parte se encuentra en buen estado, destacando sectores deteriorados por el uso y mal mantenimiento. Las vías sin cubierta protectora (pavimento) y obras de drenaje adecuadas, son susceptibles a desarrollar focos de erosión laminar y en surcos.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 30. Coordenadas. E= 1132997, N= 690030, orientación al noroccidente.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Planos y Campos de Llenos Antrópicos, Ar.**

Corresponde a los sectores donde se ha adecuado el terreno para la construcción de diferentes tipos de unidades de viviendas de diferentes niveles y zonas comerciales, utilizando material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos, y/o para mejorar los materiales de soporte de estructuras (terraplenes, y rellenos de mejoramientos de base para edificaciones). Técnicamente son gravas, bloques y arena bien a moderadamente compactados, sin embargo, también se encuentran en escombros y desechos de construcción. Puede ser susceptible a presentar hundimientos por estudios de suelos deficientes, en zonas de ladera con deficientes sistemas constructivos y/o procesos de inestabilidad actuantes.

En la calle 11 con cra 7, se realizó un corte en cajo para construir una vivienda; este corte desestabilizó el terreno superior, donde existía vivienda, la cual fue fuertemente afectada. Como solución se construyó un muro en concreto en la división de las dos viviendas para estabilizar el terreno (Ilustración 31).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

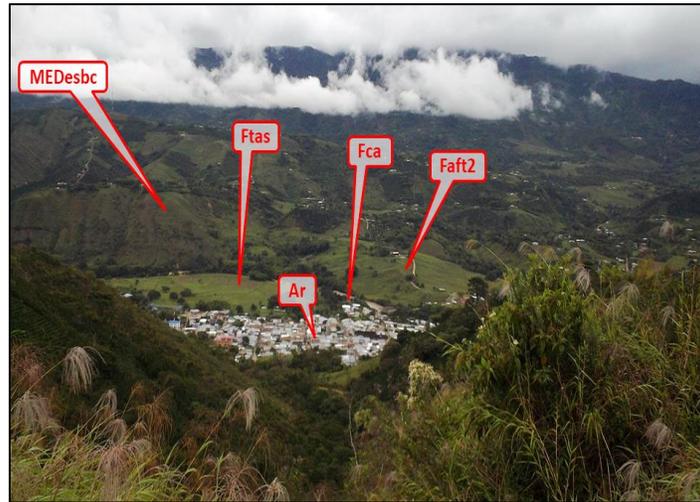


Ilustración 31. Coordenadas. E= 1131378, N= 692186, orientación al noroccidente. Unidades geomorfológicas. Fuente: Geocing S.A.S.



Ilustración 32. Coordenadas. E= 1131780, N= 691265, orientación al norte. Vivienda afectada por inestabilidad generada por corte a media ladera. Fuente: Geocing S.A.S.

7.2.2 Unidades Morfofenéticas de Ambiente Fluvial

Estas geofomas están originadas por Erosión generados por las corrientes de los ríos y quebradas, y la acumulación o sedimentación de materiales en las zonas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar geofomas aledañas a ríos y quebradas, y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Cauce Aluvial, Fca.**

Canales de forma irregular, presentan un paisaje de valle, tipo de relieve de valle estrecho, excavados por corrientes perennes y estacionales, dentro del macizo rocoso y/o sedimentos aluviales y que dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Cuando las corrientes fluyen en macizos rocosos se da un proceso básico de erosión, entallando dicho macizo y moviéndose lateralmente dentro de rocas menos resistentes. En presencia de rocas más resistentes, el curso se torna muy irregular, con la presencia de saltos, producto de cambio de resistencia de la roca, fallamiento o deslizamientos que conforman apilamientos. En la zona de estudio, esta geoforma, está asociada a la dinámica fluvial de cuatro corrientes de agua: el río Suaza, y de las quebradas: La Guache, Marajó y La Cangrejo, que confluyen sobre la margen izquierda del río Suaza, y de la quebrada Tijiña, que confluye sobre la margen derecha del río Suaza.

El cauce del río Suaza, en la zona de estudio, presenta una geometría casi que recta, con bastante pedregosidad dentro del mismo, con una pendiente moderada a baja. Este cauce discurre por una llanura aluvial amplia, donde presenta variaciones en ancho, desde los 30 metros hasta los 55 metros, en la zona de estudio. Se observan barras laterales en diferentes sectores del cauce, y un gran caudal al momento de la visita técnica a la zona de estudio (Ilustración 33 e Ilustración 34).

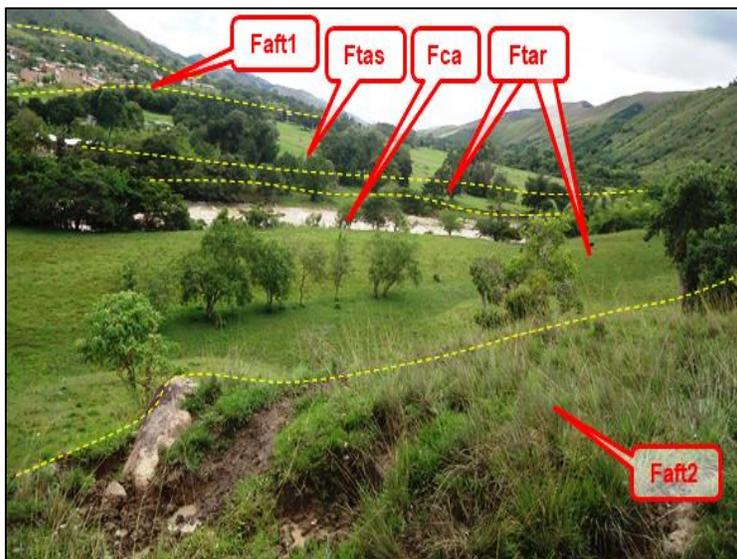


Ilustración 33. Coordenadas: E= 1132461, N= 690746, orientación al nororiente. Unidades geomorfológicas. Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

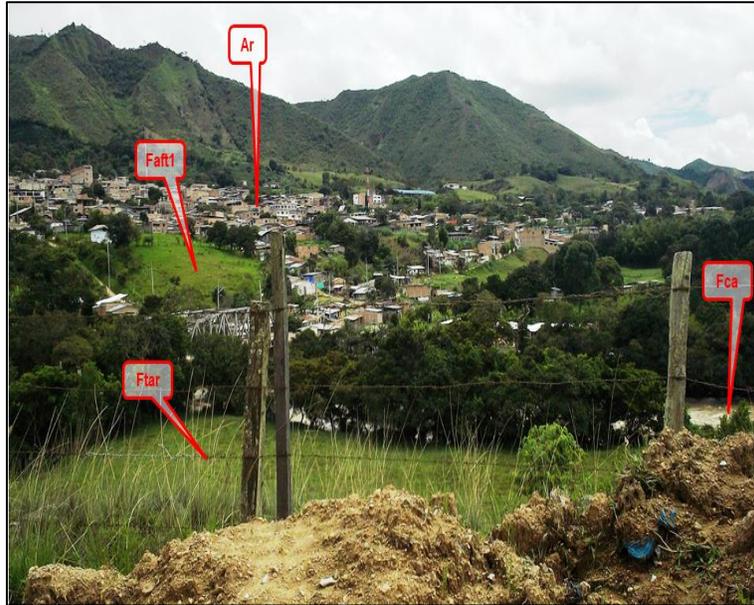


Ilustración 34. Coordenadas: E= 1132411, N= 690791, orientación al norte. Unidades geomorfológicas.
Fuente: Geocing S.A.S.

El cauce de la quebrada La Guache, corresponde a un cauce de montaña, entallado en rocas de la Formación Gigante y del Abanico Fluviotorrencial; en la disección de este cauce en rocas de la Formación Gigante, presenta laderas con longitudes de hasta 30 metros e inclinaciones cercanas a los 70°, en la disección de este cauce en la unidad de Depósito de Abanico, presenta laderas con longitudes de hasta 5 metros e inclinaciones cercanas a los 90°. En la zona de estudio, presenta una geometría casi que recta, con bastante pedregosidad dentro del mismo, donde observamos bloques de varios metros de diámetro, redondeados. Sobre este cauce se han reportado avenidas torrenciales, las cuales, según testimonios, han sobrepasado el puente de la Cra 6 (Ilustración 35 e Ilustración 36).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 35. Coordenadas. E= 1131688, N= 691073, orientación al oriente.
Fuente: Geocing S.A.S.

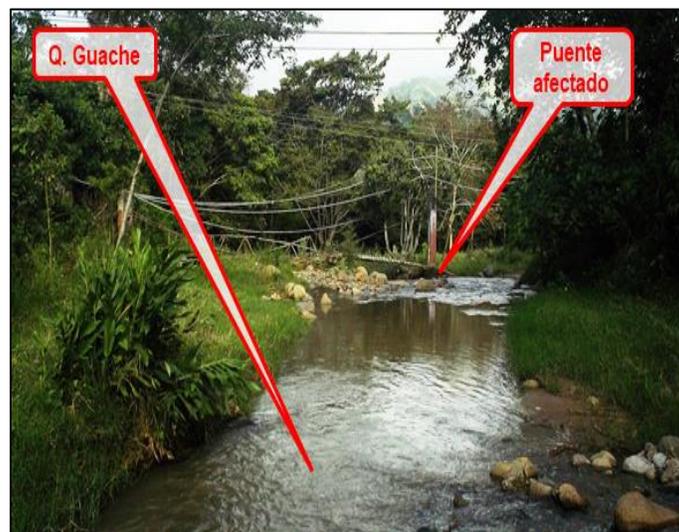


Ilustración 36. Coordenadas. E= 1131878, N= 690919, orientación al suroriente.
Fuente: Geocing S.A.S.

Los cauces de la quebradas: Marajó y La Cangrejo, corresponde a un cauce de montaña, entallado en rocas de la Formación Gigante, y unidades de: Depósitos de Abanico Fluvio-torrencial, Depósitos Aluviales Subrecientes y Depósitos Aluviales Subrecientes. En la zona de estudio, en la unidad de Formación Gigante, presenta un entallamiento con laderas que presentan longitudes de hasta 8 metros e inclinaciones cercanas a los 70°; en las unidades de Depósito, presenta la mayor longitud de laderas en sus márgenes, dentro de la unidad de Abanico Fluvio-torrencial, con longitudes de hasta 5 metros, y longitudes de hasta medio metro en la unidad de Depósito Aluvial Subreciente. En la zona

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de estudio, estos cauces presentan una geometría casi que recta, con algo de pedregosidad dentro del mismo, donde observamos bloques de varios metros de diámetro, redondeados.

Este cauce presenta una pendiente entre abrupta y moderada dentro de la zona de estudio, pero baja en vecindades de la confluencia en el río Suaza. Donde afloran las unidades de Depósito Aluvial Subreciente y Reciente, se han reportado inundaciones por pequeña sección transversal de la misma. Aguas Abajo del cruce del cauce de la quebrada Marajó, con la vía Suaza – Acevedo, el cauce fue desviado en un tramo, para construir una cancha de microfútbol.



**Ilustración 37. Coordenadas. E= 1131982, N= 691705, orientación al oriente. Cauce de la quebrada Marajó. Se observa vivienda en llanura de inundación.
Fuente: Geocing S.A.S.**

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 38. Coordenadas. E= 1132137, N= 691681, orientación al suroriente. Cauce de la quebrada Marajó. Puentes peatonales sobre la misma.
Fuente: Geocing S.A.S.



Ilustración 39. Coordenadas. E= 1132547, N= 691487, orientación al sur. Cauce de la quebrada Marajó. Se observa vivienda en llanura de inundación. Cruce con vía Suaza – Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 40. Coordenadas. E= 1132829, N= 691515, orientación al noroccidente (aguas arriba). Cauce de la quebrada Cangrejo, aguas arriba del cruce con la vía Suaza – Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Esta unidad es susceptible a generar socavación de fondo, y de socavación lateral en sus bordes contra la unidad que las limita. En temporada de lluvias, o con aguaceros de larga duración y/o alta intensidad, tienden a incrementar su nivel de agua, generando inundaciones sectorizadas en las unidades que las enmarcan. En el cauce de la quebrada La Guache, se han reportado Avenidas Torrenciales. Donde esta unidad es enmarcada en la unidad de Formación Gigante, y de Depósitos de Abanico Fluviotorrencial, es susceptible a caída de bloques, por erosión diferencial en sus escarpes.

- **Terraza de Acumulación Reciente, Ftar.**

Plano elongada con paisaje de valle, tipo de relieve de terraza, y relieve plano a suavemente ondulado, y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma paralela al cauce del río Suaza, los cuales son limitados por escarpes de diferente altura. Su origen está relacionado con Erosión y acumulación aluvial dentro de las antiguas llanuras de inundación, por donde discurre el cauce del río Suaza.

La formación de estas terrazas incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas hacen parte de cauces sinuosos, que suceden en fosas intra-montanas.

Es importante recalcar que esta terraza es una zona de divagación del cauce del río Suaza, el cual como parte de su dinámica fluvial, migra dentro de esta unidad.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Esta unidad es susceptible a ser inundada en la temporada de lluvias con aguaceros de alta intensidad y/o larga duración. También en el contacto de esta unidad con la unidad de Fca, es susceptible al desarrollo de socavación lateral.

- **Terraza de Acumulación Subreciente, Ftas.**

Unidad con paisaje de valle, tipo de relieve de terraza, y relieve plano a ondulado (0° a 5°), localmente basculada, aunque localmente puede ser mayor, y modelada sobre sedimentos aluviales. Franja remanente de terrazas de edad subreciente, asociada a actividad del río Suaza.

Su origen está relacionado cuando el río amplía el valle al ganar importancia la erosión en sus márgenes. La superficie de la anterior llanura aluvial queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que constituye la terraza. Puede estar cubierta por niveles arcillosos que pertenecen a la unidad de suelos recientes de origen fluvial. Esta unidad es susceptible a ser inundada en el contacto con la unidad de Fca asociado a las quebradas: La Guache, Marajó y La Cangrejo.

- **Abanico Fluviotorrencial 1, Faft-1.**

Superficie en forma de cono, de laderas cóncavo convexas, de morfología plana, aterrazada, formado donde una corriente desemboca en una zona plana. Su origen está asociado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial. Los depósitos aluviales se depositan radialmente desde el ápice del abanico, localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen radialmente, cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y ancho. Esta unidad se localiza sobre la margen izquierda del río Suaza, y está asociado a un material Fluviotorrencial, que al parecer descendió por el cauce de la quebrada La Guache. Susceptible a presentar socavación lateral en el contacto con la unidad Fca.

- **Abanico Fluviotorrencial 2 Faft-2.**

Superficie en forma de cono, de laderas cóncavo convexas, de morfología plana, aterrazada, formado donde una corriente desemboca en una zona plana. Su origen está asociado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial. Los depósitos aluviales se depositan radialmente desde el ápice del abanico, localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen radialmente, cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y ancho. Esta unidad se localiza sobre la margen derecha del río Suaza, y está asociado a un material Fluviotorrencial, que al parecer

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

descendió por el cauce de la quebrada La Tijiña. Susceptible a presentar socavación lateral en el contacto con la unidad Fca.

7.2.3 Unidades Morfo genéticas de Ambiente Mixto Denudacional – Agradacional

- **Ladera en Movimiento o Inestabilidad Reciente, MDAmir1.**

Hace referencia a las geoformas originadas por movimientos en masa recientes tipo reptación, en sectores con inclinación de ladera entre muy inclinada y muy escarpadas (11° a 45°. Vargas 2001) y donde afloran rocas de la Formación Gigante, sectores caracterizados por encontrarse cubiertos por pastos y rastros, reptación, corresponden a una deformación dúctil en suelos arcillosos, donde no existe plano de falla y que sucede en los estratos más superiores del terreno.

- **Ladera en Movimiento o Inestabilidad Reciente, MDAmir2.**

Hace referencia a los materiales originados por movimientos en masa; en este caso tipo deslizamiento rotacional, donde el material que se ha desplazado y posee características geomecánicas muy diferentes del material del cual se desprendió. Cuando el movimiento ocurre sobre suelo residual arcillo limoso los depósitos se encuentran principalmente conformados por una mezcla de materiales muy finos con pequeños lentes de arenas y algunos pequeños clastos aislados con coloraciones que van desde el gris al naranja por oxidación. En cambio, cuando el movimiento ocurre sobre suelo de relleno (indiferenciado o ingenieril) se observan depósitos de bloques angulosos heterogéneos y heterométricos dentro de una matriz areno arcillosa generalmente reposando en superficies moderadamente inclinadas a escarpadas. Esta unidad se observa en dos sectores: En el costado sur – oriental de la Casa Campesina, contigua al costado sur del Puesto de Bomberos. También se observa sobre la margen derecha del río Suaza, en un sector donde aflora la uidad de Stfaft2.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 41. Coordenadas: E= 1132367, N= 691595, orientación al oriente.
Fuente: Geocing S.A.S.

7.2.4 Unidades Morfogenéticas de Ambiente Mixto Estructural – Denudacional

- **Espolón Bajo de Longitud Corta, MEDesbc**

Saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicular a la tendencia estructural general de la región, desarrollado sobre rocas ígneas en este caso, y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas (20° a 6°. Vargas. 2001) por intensos procesos denudativos.

La particularidad de esta unidad radica en un relativo relieve menor de 250 metros, y la longitud del eje principal del espolón es menor de 250 metros Moderada a alta susceptibilidad a movimientos en masa. Moderada a alta susceptibilidad a Erosión hídrica en cortes o zonas desprovistas de vegetación. En la Tabla 6 se describen las unidades geomorfológicas presentes en la zona de estudio. Representación gráfica de las unidades geomorfológicas locales, y en el Anexo 6. Mapas GE426-ACV-PSIG-GM-001-00.

Tabla 6. Descripción de las unidades geomorfológicas del área de estudio

Ambiente Morfogenético	Unidad	Símbolo	Características	Procesos
Fluvial	Cauce Aluvial	Fca	Canales de forma irregular, valle estrecho, excavados por corrientes perennes y estacionales. En la zona de estudio esta geoforma está asociada a la dinámica fluvial	Unidad susceptible a generar socavación de fondo y lateral en sus bordes contra la unidad que las limita. En temporada de lluvias, o

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ambiente Morfogenético	Unidad	Símbolo	Características	Procesos
			de cuatro corrientes de agua: el río Suaza, y de las quebradas: La Guache, Marajó y La Cangrejo, que confluyen sobre la margen izquierda del río Suaza.	con aguaceros de larga duración y/o alta intensidad, tienden a incrementar su nivel de agua, generando inundaciones.
	Terraza de Acumulación Reciente	Ftar	Plano elongada con paisaje de valle, tipo de relieve de terraza, y relieve plano a suavemente ondulado, y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma paralela al cauce del río Suaza.	Es importante una zona de divagación del cauce del río Suaza, el cual, como parte de su dinámica fluvial, migra dentro de esta unidad. Susceptible a ser inundada en la temporada de lluvias.
	Terraza de Acumulación Subreciente	Ftas	Unidad con paisaje de valle, tipo de relieve de terraza, y relieve plano a ondulado (0° a 5°), localmente basculada, aunque localmente puede ser mayor, y modelada sobre sedimentos aluviales.	Esta unidad es susceptible a ser inundada en el contacto con la unidad de Fca asociado a las quebradas: La Guache, Marajó y La Cangrejo.
	Abanico Fluviotorrencial 1	Faft-1	Esta unidad se localiza sobre la margen izquierda del río Suaza, y está asociado a un material fluvio-torrencial que al parecer descendió por el cauce de la quebrada La Guache.	Susceptible a presentar socavación lateral en el contacto con la unidad Fca.
	Abanico Fluviotorrencial 2	Faft-2	Esta unidad se localiza sobre la margen derecha del río Suaza, y está asociado a un material Fluviotorrencial.	Susceptible a presentar socavación lateral en el contacto con la unidad Fca.
Mixto Denudacional - Agradacional	Ladera en movimiento o con proceso de inestabilidad reciente 1	MDAmir-1	Geoformas originadas por movimientos en masa recientes tipo reptación, en sectores con inclinación de ladera entre muy inclinada y muy escarpadas donde afloran rocas de la Formación Gigante.	Reptación.
	Ladera en movimiento o reciente 2	MDAmir-2	Materiales movilizados por movimientos en masa; en este caso tipo deslizamiento rotacional.	Deslizamiento rotacional
Antropogénico	Rellenos de Escombros y/o Escombreras	Are	Depósitos antrópicos, escombros de construcción, materiales de descapote.	Son altamente susceptibles a desarrollar Erosión laminar y en surcos, y generar pequeños

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ambiente Morfogenético	Unidad	Símbolo	Características	Procesos
				flujos y/o deslizamientos.
	Superficie de Explanación	Asp	Materiales empleados en la construcción de obras civiles como vías, andenes y otros constituidos con rellenos antrópicos técnicos.	Las vías destapadas y sin obras de drenaje adecuadas, son susceptibles a desarrollar focos de erosión laminar y en surcos.
	Planos y Campos de Llenos Antrópicos	Ar	Materiales de construcción de diferentes tipos de unidades de viviendas de diferentes niveles y zonas comerciales. Usados para acondicionar terrenos anegadizos, y/o para mejorar los materiales de soporte de estructuras.	Susceptible a presentar en zonas de ladera con deficientes sistemas constructivos y/o procesos de inestabilidad actuantes.
Mixto Estructural - Denudacional	Espolón Bajo de Longitud Corta	MEDesbc	Morfología alomada, desarrollado sobre rocas ígneas en este caso, y limitado por drenajes paralelos a subparalelos, con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas (20° a 6°. Vargas. 2001) por intensos procesos denudativos.	Moderada a alta susceptibilidad a movimientos en masa., Erosión hídrica en cortes o zonas desprovistas de vegetación.

Fuente: Geocing S.A.S.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

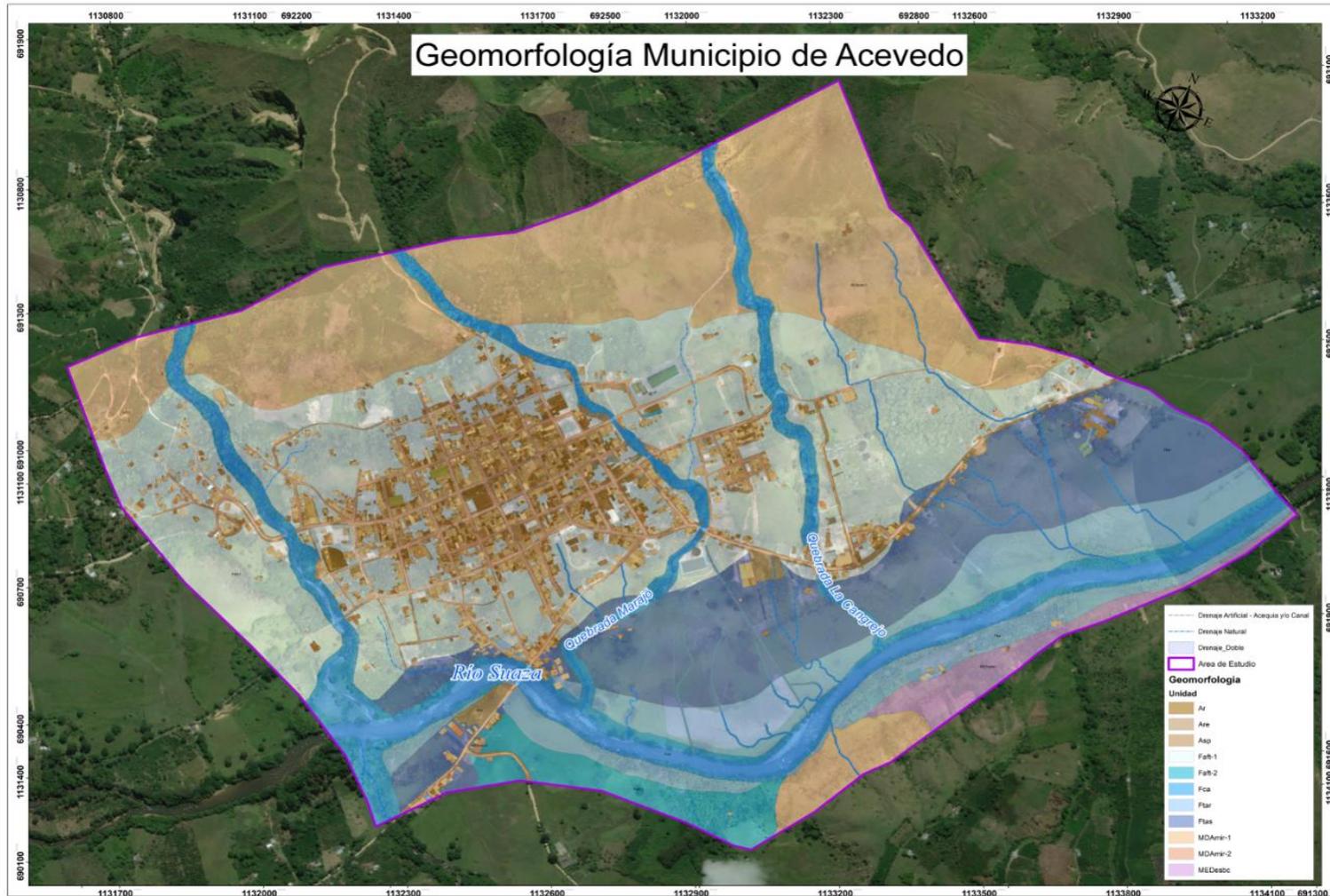


Ilustración 42. Geomorfología local para el área de estudio, municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

7.3 MORFODINÁMICA

A continuación, se describen los principales tipos erosión y de movimientos en masa observada y/o con alta posibilidad de ocurrencia en el casco urbano del municipio de Acevedo, departamento del Huila.

Es de recordar, que erosión si no son mitigados a tiempo pueden favorecer la ocurrencia de movimientos en masa de gran importancia, La probabilidad de ocurrencia de estos FRM, constituyen amenazas que al materializarse pueden generar riesgo para la infraestructura y/o población del casco urbano del municipio de Acevedo, departamento del Huila.

7.3.1 Erosión

En la región estudiada se presentan dos tipos de erosión, una que es producto de la acción natural combinada de diferentes agentes atmosféricos y geológicos sobre el paisaje que provoca el desgaste natural de la superficie del suelo, la modelación del relieve, la meteorización de las rocas y la formación de suelos; y la erosión provocada por la intervención antrópica sobre la naturaleza, por medio de la tala de bosques, las quemas, la construcción de vías de comunicación y la utilización de sistemas de explotación agropecuarios inadecuados entre otros, que ha resultado en la ruptura del equilibrio entre el suelo, la vegetación, el agua y el viento (Bahamon y Gaitán, 1.981).

- **Erosión, tipo socavación lateral.**

Este tipo de erosión se produce cuando en épocas de lluvias, el aumento de los caudales de corrientes de agua como ríos y quebradas, trae como consecuencia el aumento en la capacidad de carga y poder erosivo de las corrientes, dando lugar al socavamiento lateral de los cauces o a la profundización de los mismos (socavación de fondo) que puede llegar a inestabilizar los taludes aledaños.

Es importante anotar el socavamiento lateral del cauce se da en corrientes sinuosas o meándricas, típicas del piedemonte y el sector de bajo gradiente de las mismas cerca de su nivel base de erosión. Este tipo de erosión, excava la parte inferior de los escarpes o taludes de las márgenes de los cauces, específicamente hacia el costado convexo en los cambios de dirección del cauce. Las corrientes de alta montaña de cauces un poco más rectos e incisados rara vez presentan socavamiento lateral, en cambio, la ganancia en la capacidad de carga y poder erosivo de la corriente se invierte en la profundización de su canal, que puede llegar a desestabilizar las márgenes de las corrientes por falta de soporte, provocando movimientos en masa hacia las mismas.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La deforestación de las márgenes de los ríos y quebradas, así como el establecimiento de cultivos limpios en los taludes que dan hacia las corrientes favorece ampliamente la ocurrencia de la erosión fluvial (Bahamon y Gaitán, 1981). En la zona de estudio se observa en las siguientes zonas:

Sobre la margen izquierda del río Suaza, a la altura del cruce del puente metálico, donde finaliza una recta en sentido nor – nororiente, que siguiendo el curso aguas abajo, gira casi 90° y toma dirección aproximada oriente – nororiente. En este lugar de giro, se observa que la corriente de agua golpea fuertemente la unidad de terraza reciente (Ilustración 43).

En el curso de las quebradas: La Guache, Marajó y La Cangrejo se identificaron sectores puntuales afectados por Erosión lateral, no cartografiables a la escala de trabajo.

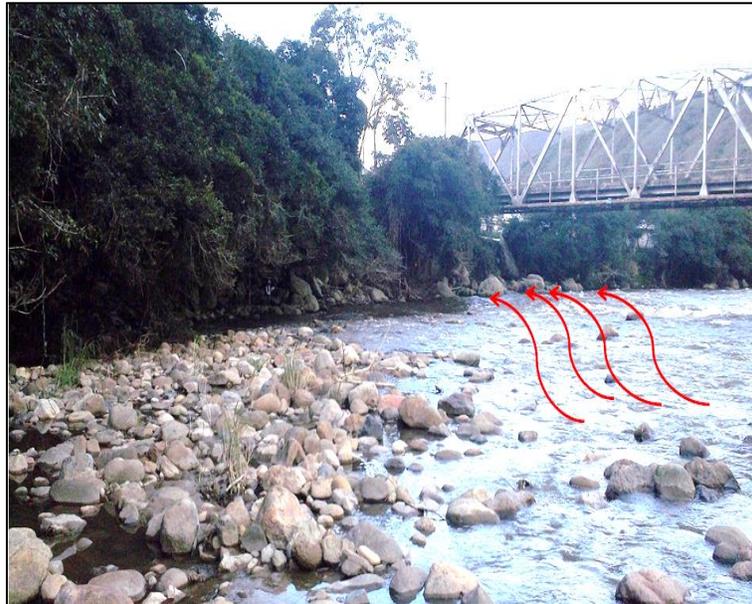


Ilustración 43. Coordenadas. E= 1131835, N= 691702, orientación al nor – nororiente. Vista aguas abajo, donde se indica sector afectado por socavación lateral sobre la margen izquierda del río Suaza.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Erosión, tipo laminar, en surcos y en cárcavas.**

El proceso tipo erosión laminar se da en zonas donde se presenta alta precipitación y altas pendientes, poca cobertura vegetal, alta erodabilidad, es decir, el sustrato está compuesto por rocas o depósitos recientes deleznable o muy fracturados, lo que permite el fácil arrastre de las partículas de suelo por el agua, y no tienen canal de drenaje definido. El agua lluvia, durante los fuertes aguaceros, ataca el suelo en su parte superficial, donde sus partículas son desprendidas por el impacto de las gotas y al

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

saturarse el suelo, son arrastradas por el agua en forma homogénea durante la fase de escurrimiento como un flujo delgado y relativamente uniforme (Van Zuidam et al, 1985).

Algunos autores se refieren a este tipo de erosión como “erosión hídrica pluvial” y “escurrimiento superficial difuso”, haciendo la separación entre el momento en que las partículas de suelo son dispuestas para el transporte como un flujo laminar y el movimiento mismo de las partículas. La costumbre que tienen muchos campesinos de efectuar quemas y cultivos limpios, juntamente con las prácticas de desyerbe con azadón favorecen este tipo de erosión (Bahamon y Gaitán, 1.981).

Los Erosión tipo surcos y cárcavas, es un tipo de erosión concentrada. Este tipo de erosión se presenta cuando el agua de escorrentía se concentra donde antes existía una zona con Erosión laminar, formando pequeños canales, que se denominan surcos, de poca profundidad y donde se produce arrastre de partículas de suelo, que pueden ser observadas dentro de los canales cuando éstos están secos. Cuando se da una mayor concentración del flujo de escorrentía, las irregularidades del terreno propician la unión de varios surcos, hasta convertirse en canales mucho más largos, amplios y profundos, conocidos con el nombre de cárcavas.

La formación de surcos y cárcavas se presenta generalmente en suelos poco permeables, en los que la escorrentía excede ampliamente a la infiltración durante las lluvias, y depende también de la pendiente del terreno, la cobertura vegetal y el régimen de lluvias.

En la zona de estudio, se observan sectores afectados por focos puntuales de erosión laminar y en surcos, generados por actividades de descapote y/o acumulación de materiales varios, en:

En los sectores donde se han dispuesto depósitos de escombros, los cuales quedan al descubierto ante la inclemencia de agentes meteorológicos (Ilustración 44).

Sectores de corte y descapote, dentro de la unidad de abanico, donde los sectores expuestos a los agentes meteorológicos son susceptibles a este tipo de erosión.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 44. Coordenadas. E= 1132280, N= 690821, orientación al suroccidente. Erosión laminar y en surcos, en talud en depósito antrópico.
Fuente: Geocing S.A.S.

7.3.2 Movimientos en masa

Este término se utiliza de manera general para designar las masas de suelo y/o roca son movidas, como una sola unidad o en pocas unidades discretas, por acción de la fuerza de gravedad, en forma rápida o lenta, de un lugar a otro.

Los principales factores que contribuyen el desencadenamiento de movimientos en masa son el relieve, la geología, condiciones meteorológicas e, indudablemente, la acción antrópica. Por lo general el detonante es el agua lluvia.

El relieve influye en la medida en que las rocas y suelos poseen propiedades mecánicas que determinan la altura y pendiente máxima a la que el material es estable, por debajo de las cuales no se presentan movimientos en masa.

La geología, incluyendo no sólo el tipo de litología, sino también la presencia estructuras tales como fallas, la actividad sísmica y la actividad volcánica, puede condicionar o no la ocurrencia de movimientos en masa.

Condiciones meteorológicas puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar grandes cantidades de agua lluvia, la cual además de aumentar la presión de poros y fisuras en el suelo y el peso del mismo, favorece erosión al formar corrientes superficiales.

Cuando la actividad humana se realiza sin ninguna planificación, especialmente en obras viales, explotación de minas, desarrollos urbanísticos, rellenos mal efectuados, cortes en

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

el perfil natural de las laderas, deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas entre otros, promueve la inestabilidad en suelos que en cierta medida son vulnerables a esta clase de eventos naturales.

- **Deslizamientos.**

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuña. Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablara de *deslizamientos compuestos* (Hutchinson, 1988) (Tomado de Movimientos en Masa en la Región Andina. Gemma. Año 2.007).

Dependiendo del tipo de superficie sobre la cual tiene lugar el movimiento, se tiene:

- **Deslizamientos planares.** Se dan a lo largo de superficies más o menos planas presentes en las rocas. Dichas superficies pueden ser planos de estratificación, diaclasas, planos de falla o planos de esquistosidad entre otros. Normalmente se producen cuando los planos estructurales se inclinan en la misma dirección de la pendiente con un ángulo peligroso. En la zona de estudio no se evidenció esta clase de proceso.

- **Deslizamientos rotacionales.** Se dan a lo largo de superficies curvas con forma de cuchara con su concavidad hacia arriba. Este tipo de deslizamiento se presenta principalmente en materiales arcillosos o no consolidados. El material se puede desplazar como un todo sobre la superficie curva o como una serie de unidades a lo largo de sucesivos desplazamientos.

En la zona de estudio, se identifican dos (2) sectores, afectados por este tipo de proceso:

En la ladera sur – suroriental de la Casa Campesina (contigua a la Estación de Bomberos). Movimiento con ancho y largo aproximados de 8 X 30 metros respectivamente con una inclinación de la ladera cercana a los 15°. Influenciado por la realización de un corte a media ladera para la construcción de unas viviendas en la parte baja del mismo. Actualmente se construyeron varias hileras de gaviones para confinar, pero estos, al momento de la comisión se observan muy deformados; pero en la

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

denominada “Casa Campesina”, que se localiza en la parte alta del proceso, no se le observan afectaciones. Como agentes contribuyentes, entre otros, tenemos: el corte a media ladera, el material aflorante que corresponde a un Abanico Fluviotorrencial, y que en su parte alta, su matriz se encuentra meteorizada, la pendiente del terreno que varía entre muy inclinada y abrupta (11° a 20° . Vargas. 2001). Y como agente detonante, la infiltración de aguas en picos de lluvias, en alguna temporada de lluvias.

Sobre la margen derecha del río Suaza, en un pequeño centro poblado existente (ver Ilustración 45), se observa un proceso de este tipo, y afecta el nivel superior de un Depósito Fluviotorrencial que allí aflora. Ancho y largo aproximado de 10 metros X 30 metros respectivamente, con una inclinación cercana a los 30° , la pendiente del terreno presente entre muy abrupta y abrupta (21° a 45° . Vargas. 2001), la litología del material aflorante, que corresponden a un depósito de Abanico Fluviotorrencial con una matriz meteorizada. Como agente detonante, la infiltración de aguas subsuperficiales en temporada de lluvias.

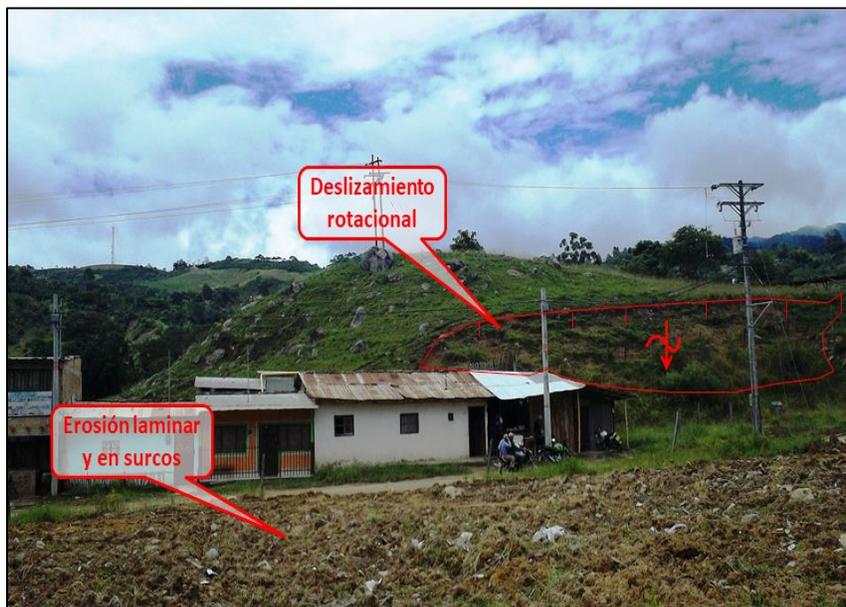


Ilustración 45. Coordenadas. E= 1132280, N= 690821, orientación al oriente. Ladera afecta por proceso rotacional.

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Reptación**

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La reptación de suelos es importante en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos superficiales.

En la zona de estudio, esta clase de proceso se observa en las laderas donde afloran rocas de la Formación Gigante, sectores caracterizados por la forma de tumultos sobre el terreno (Ilustración 46), se aprecia en los sectores que se encuentran en pastos; en los sectores cultivados, es enmascarado por el continuo trabajo de las labores agrícolas sobre el terreno. Este proceso es contribuido, entre otros, por el cambio en el uso del suelo, donde estos sectores, originalmente en bosques, fueron deforestados, el material aflorante que es de textura arcillosa, la pendiente de las laderas que varían entre inclinadas y escarpadas (6° a 45°. Vargas. 2001)



Ilustración 46. Imagen extraída de Ortofoto 2018 del casco urbano del municipio de Acevedo. Fuente: Geocing S.A.S.

7.4 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

El desarrollo del presente capítulo se realiza con base en las fotografías aéreas e imágenes relacionadas en la Tabla 7.

Tabla 7. Relación de fotografías aéreas e imágenes empleadas en el desarrollo de este capítulo

Año	Sobre	Vuelo	Escala	Fotos	Procedencia	Ilustración
1972	S-26286	C-1420	1:34.000	25-26-27	IGAC	34
1980	S-30329	C-1941	1:29400	221-222-223	IGAC	35
1998	S-38054	C-2650	1:13.550	187-190	IGAC	36
2006	S-40706	C-2790	1:11.900	241-248	IGAC	37

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Año	Sobre	Vuelo	Escala	Fotos	Procedencia	Ilustración
2018					GEOCING SAS	38

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Año 1972**

Ser observa para la epoca el casco urbano sobre la margen izquierda del río Suaza, en sector de ladera en abanico fluviotorrencial, limitado al norte por rocas de la unidad Formación Gigante, en las cuales se observan corrientes de agua con un patron drenáltico medianamente espaciado. En el deposito de abanico, el drenaje tiende a ser de tipo subparalelo. Estos drenajes se observan bien integrados.

Donde afloran rocas de la Formación Gigante, se observan escarpes de antiguos procesos de inestabilidad, al norte y fuera de la zona de estudio. Se observa de izquierda a derecha, en la Ilustración 47, dentro y limitando el casco urbano: el cauce de la quebrada La Guache, cauce semirecto, con una longitud cercana a los 10 km lineales, y que transcurre gran tramo sobre rocas de la Formación Gigante, donde genera un valle en “v” bastante profundo, y finalizando en Depósitos de Abanico. Este cauce al detalle, se observa, bastante amplio, con exhibición de pedregosidad en el cauce, y poca vegetación dentro del cauce; al parecer no hacia mucho que habia bajado una avenida torrencial y/o creciente, dentro del mismo, que dejo el cauce “limpio”. Sobre este cauce se aprecian dos puentes sobre el mismo en el casco urbano.

Le sigue el cauce de la quebrada Marajó , cauce corto, con una longitud cercana a los 2,5 km, que transcurre y bastante profundizado en rocas de la Formación Gigante. Se observa muy angosto y vegetación dentro del mismo. Le sigue el cauce de la quebrada La Cangrejo, con una longitud aproximada de 2,2 Km, y un cauce vegetado. Estas corrientes confluyen sobre la margen izquierda en el río Suaza, el cual se observa como un río de montaña, con un patron semirecto, con baja suinosidad.

El casco urbano de Acevedo, se concentraba dentro de estas dos corrientes de agua, y sobre depositos de abanico.

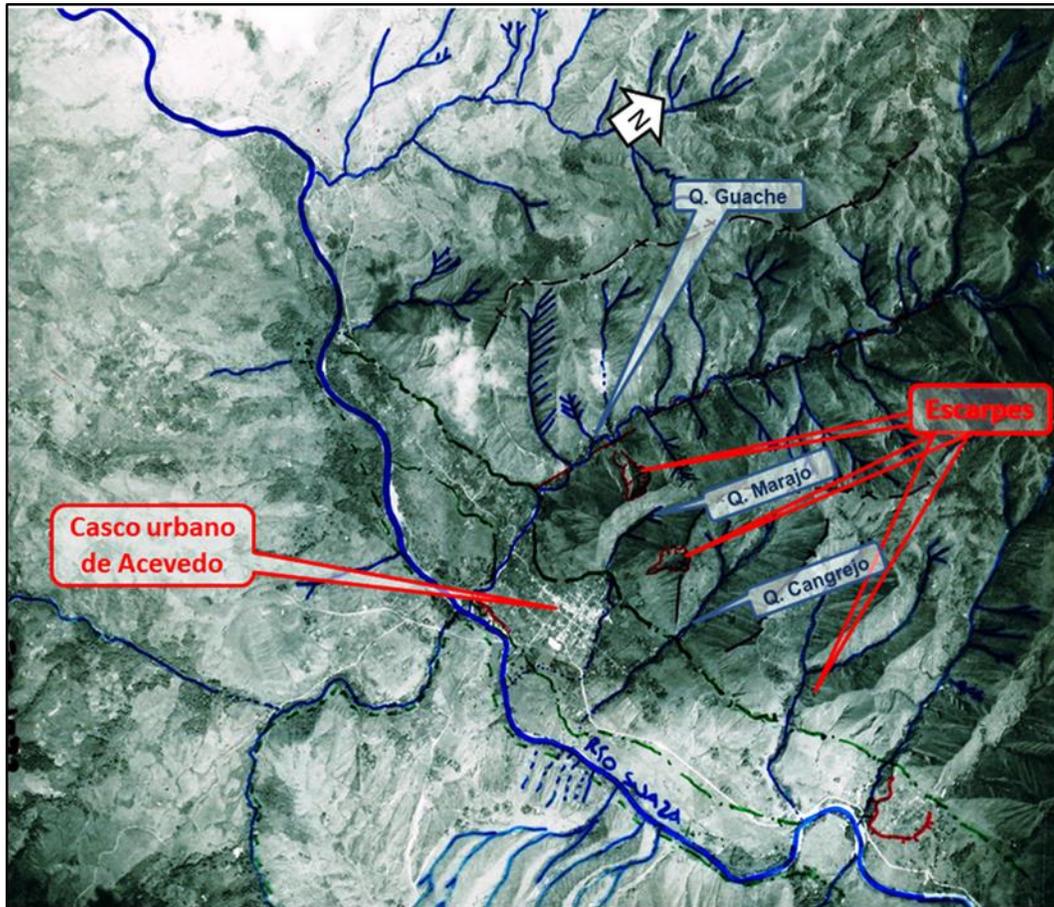


Ilustración 47. Fotografía aérea 26, vuelo C-1420
Fuente; IGAC

- **Año 1980**

Respecto a la imagen anterior, los cambios mas notorio es la vegetalización del cauce de la quebrada La Guache (Ilustración 48). El crecimiento del casco urbano en unidades de vivienda es no perceptible a la escala de las imágenes.

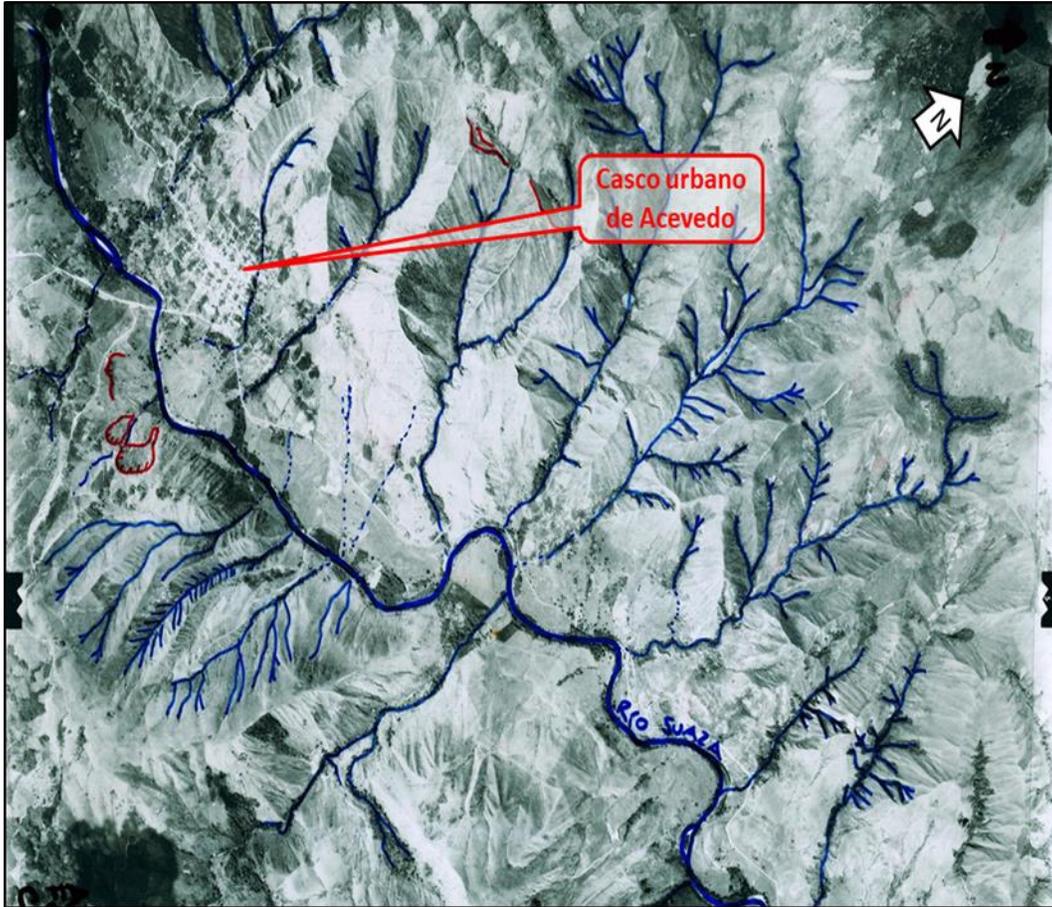


Ilustración 48. Fotografía aérea 222, vuelo 1941
Fuente; IGAC

- **Año 1988**

Para este año ya se observa una expansión del casco urbano hacia la margen izquierda de la quebrada Marajó donde se observa el trazado de vías nuevas y algunas unidades de vivienda. También se observa un crecimiento en unidades de vivienda sobre la margen izquierda de la quebrada La Guache. También se observa el pequeño centro poblado que hoy día se localiza sobre la margen derecha del río Suaza.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

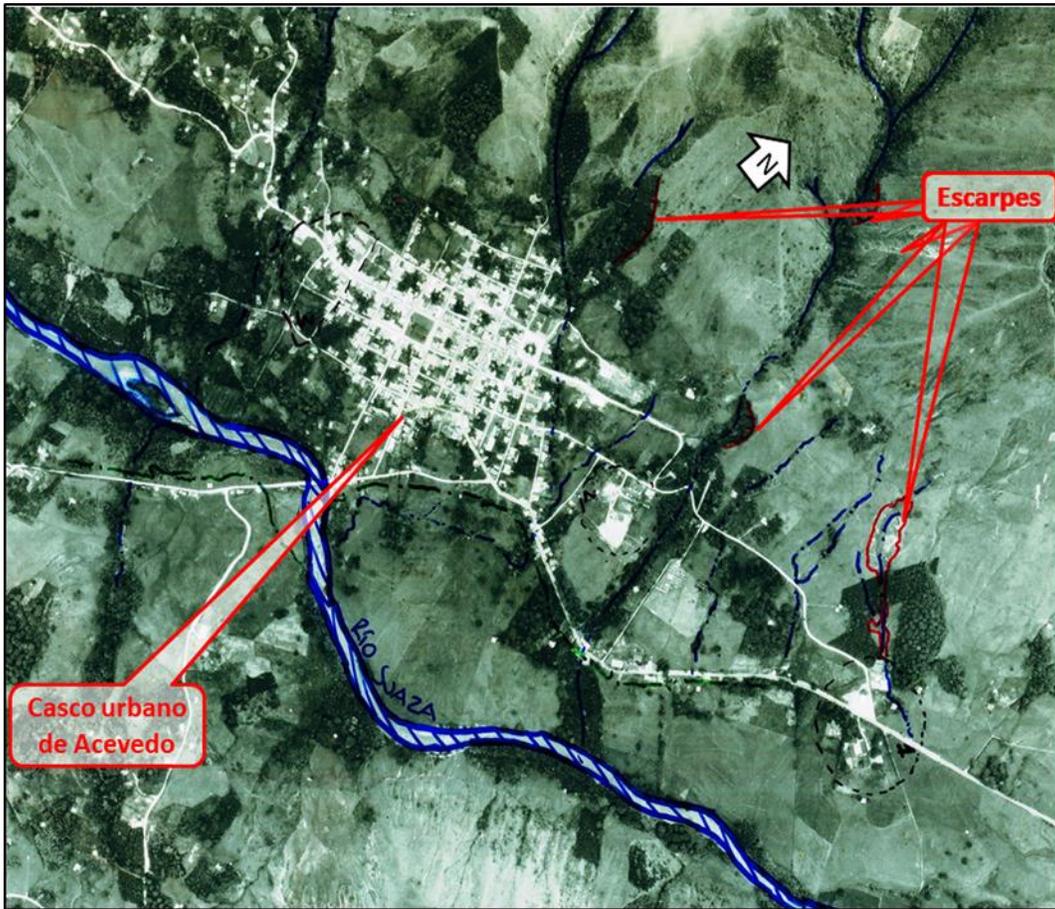


Ilustración 49. Fotografía aérea 188, vuelo C-2650
Fuente; IGAC

- **Año 2006**

Para este año, es notorio el crecimiento en densidad de unidades de vivienda en la zona urbana comprendida entre las quebradas La Guache y Marajó (Ilustración 50). El cauce de la quebrada La Guache se observa otra vez limpio, posiblemente por creciente y/o avenida torrencial que sucedió encauzada en esta, en vísperas del año 2006.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

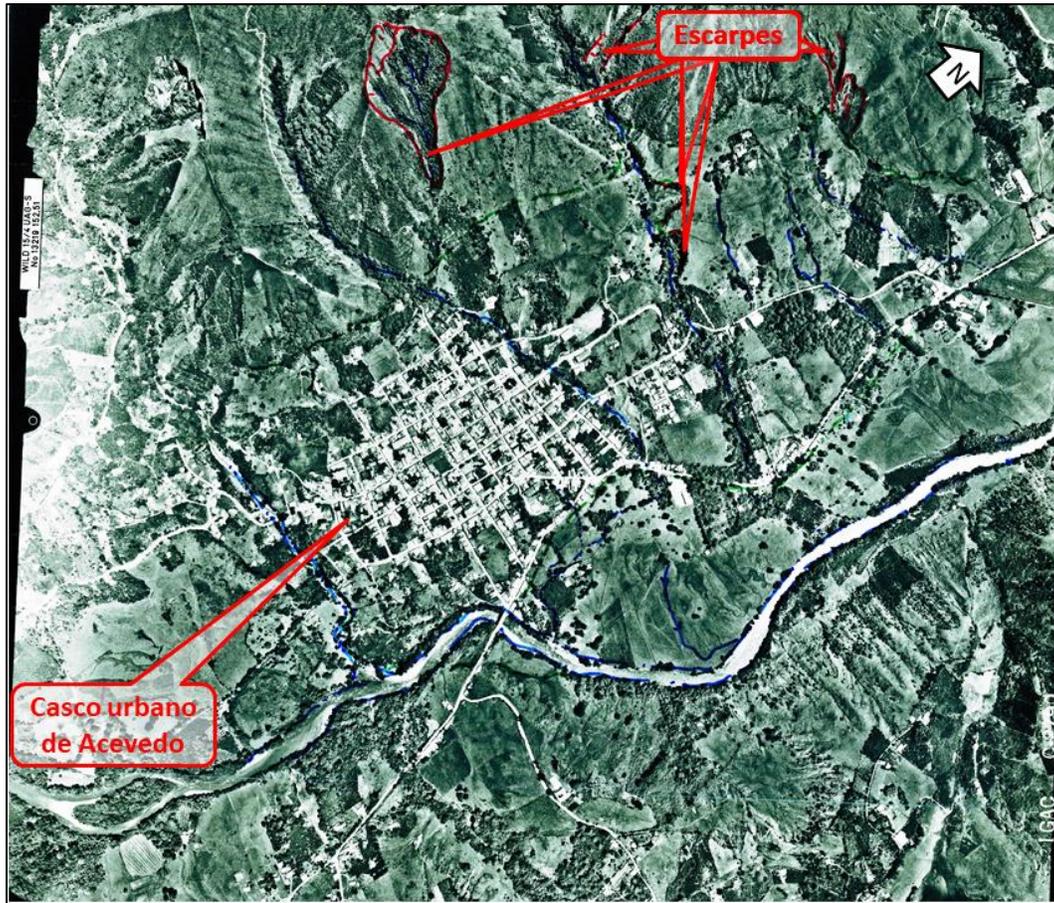


Ilustración 50. Fotografía aérea 245, vuelo C-2790
Fuente: IGAC

- **Año 2018**

Totalmente consolidado el casco urbano del municipio de Acevedo, con una alta densidad de unidades de vivienda entre los cauces de las quebradas La Guache y Marajó , y extensión también hacia la margen izquierda de la quebrada Marajó. Se observan escarpes más arriba de la parte alta del casco urbano, en rocas de la Formación Gigante, escarpes de antiguos procesos que se han observado desde la primera imagen de este multitemporal (Ilustración 51).

Importante en esta figura, la cantidad de drenajes pequeños existentes en la margen izquierda del río Suaza, en sector de llanura aluvial, lo cual indica un material que debe de anegarse en la temporada de lluvias.

En la imagen alcanza a ser interpretado un proceso, en el centro poblado localizado sobre la margen derecha del río Suaza, pasando el puente metálico.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

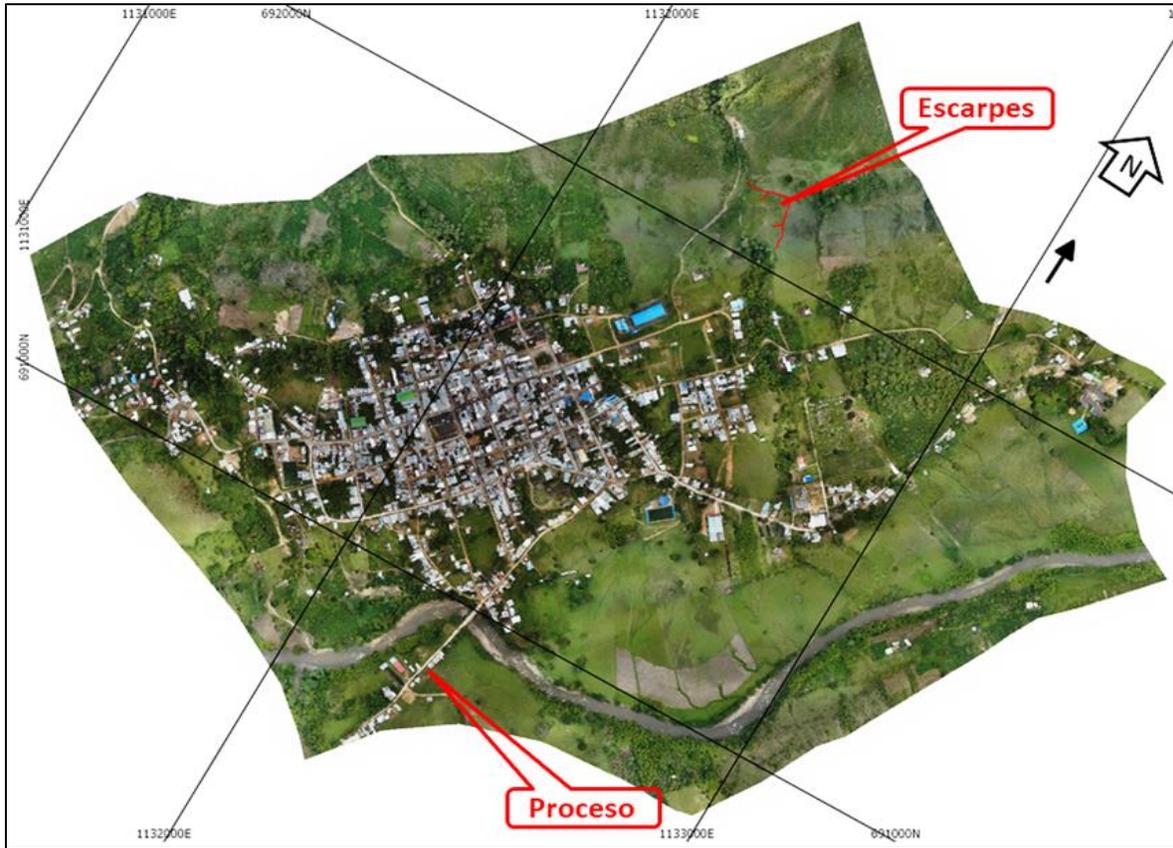


Ilustración 51. Ortofoto 2018, casco urbano del municipio de Acevedo, departamento del Huila
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Resumen Multitemporal Años 1972 – 2018**

Con base en los 46 años evaluados para el casco urbano del municipio de Acevedo, observamos un casco urbano enmarcado entre el cauce del río Suaza y de las quebradas La Guache y Marajó, en terreno de ladera donde afloran depósitos de abánico. Se observa que las quebradas que limitan y están dentro del casco urbano: La Guache, Marajó y La Cangrejo, fluyen en sentido casi paralelo de noroccidente a suroriente. La quebrada La Guache, con una longitud cercana a los 10 Km, la quebrada Marajó con una longitud cercana a los 2,5 Km, y la quebrada La Cangrejo, con una longitud cercana a los 2,2 Km. El cambio más notorio hace referencia al crecimiento de la densidad en unidades de vivienda, especialmente entre los cauces de las quebradas La Guache y Marajó. En las imágenes consultadas, en varias ocasiones, se observa el cauce de la quebrada La Guache, bastante limpio, exhibiendo pedregosidad en su lecho; esto posiblemente debido a diferentes avenidas torrenciales y/o crecientes, encausadas por el cauce de esa corriente de agua. Más arriba de la parte alta del casco urbano, en rocas de la Formación Gigante, se observan varios escarpes, de antiguos procesos, ya estabilizados.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

8 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

En 1998, la Organización de las Naciones Unidas declaró a las aguas subterráneas como un recurso "invisible", no sólo porque están ocultas -no se pueden ver directamente-, sino porque los problemas que se presentan por su escaso o excesivo uso, se deben en parte a que muchas veces no se conoce cómo están distribuidas, y además, a que se ignora la importancia de protegerlas en el marco de una gestión integral de los recursos hídricos.

8.1 HIDROGEOLOGÍA REGIONAL

Con base en la Ilustración 52 tomada del Mapa de Unidades Hidroestratigráficas de Colombia, del Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM, 2010), la zona de estudio se localiza en la transición entre dos sectores, el primero (de color gris) corresponde a acuíferos con porosidad intergranular, altamente productivos y extensos en sedimentos recientes no consolidados; y el de color crema corresponde a acuíferos locales, con recursos limitados o sin recursos por porosidad primaria, en rocas ígneas y metamórficas y en depósitos impermeables. Para el concepto de unidad hidroestratigráfica, se tomaron apartes de la Metodología para la definición de unidades hidroestratigráficas: caso del acuífero del Valle del río Yaqui, Sonora, México (Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen 63, número 1, 2011, p: 119-135).

El concepto de unidad hidroestratigráfica, fue originalmente definido por Maxey (1964) como un cuerpo de roca de extensión considerable que forma parte de un esquema geológico con un sistema hidrológico distintivo, y como unidad fundamental para describir sistemas hidrogeológicos en el campo basada en las propiedades de las rocas que afectan las condiciones del agua subterránea. Seaber (1986, 1988) definió la unidad hidroestratigráfica como un cuerpo de roca que se distingue por su porosidad y permeabilidad y consideró que esta definición está más de acuerdo con las reglas de nomenclatura estratigráfica (Salvador, 1994; NACSN, 2005) y con la idea de que las unidades litoestratigráficas, aloestratigráficas, pedoestratigráficas y litodémicas, son unificadas y delimitadas con base en sus características hidrológicas observables y que relacionan sus intersticios. Copeland *et al.*, (2009) define una unidad hidroestratigráfica como un cuerpo de roca distinguido y caracterizado por su porosidad y permeabilidad, unificada y delimitada con base en sus características hidrológicas observables relacionadas con sus intersticios. Indican que los dos términos, tanto “unidad hidroestratigráfica”, como “unidad hidrogeológica” son aceptable, pero que se recomienda el uso del primero.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

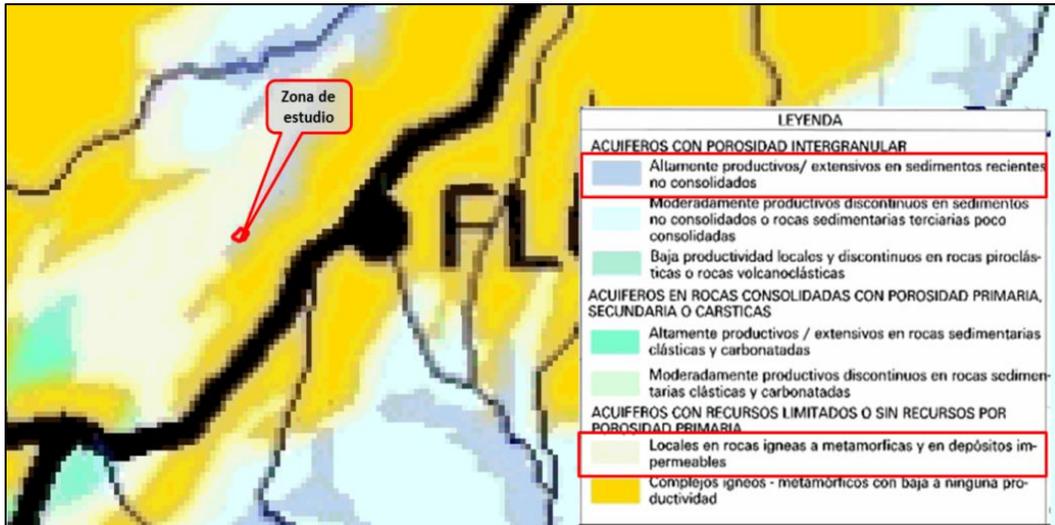


Ilustración 52. Mapa de Unidades Hidroestratigráficas de Colombia, IDEAM. El polígono rojo indica la ubicación de la zona de estudio

Con base en el Mapa Hidrogeológico de Colombia (SGC, 1989) la zona de estudio se localiza en un sector con rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológico, en rocas ígneas y metamórficas.



Ilustración 53. Mapa hidrogeológico de Colombia. El polígono rojo indica la ubicación de la zona de estudio
Fuente: SGC, 1989

8.2 MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL

Los acuíferos deben ser entendidos como formaciones geológicas subterráneas permeables, susceptibles de transmitir y almacenar el agua. Así, cabe indicar que existen

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

en la naturaleza una amplia gama de formaciones con capacidad muy diversa para almacenar y transmitir el agua; desde el punto de vista hidrogeológico, estas formaciones suelen dividirse en:

- **Acuíferos:** capaces de almacenar y transmitir el agua (formaciones permeables compuestas por gravas, arenas, materiales calcáreos, areniscas, etc.). Son formaciones con capacidad de drenaje alta en las que se pueden perforar pozos y sondeos.
- **Acuitardos:** capaces de almacenar el agua en cantidades muy importantes, pero la transmiten con dificultad; se suelen denominar con frecuencia formaciones semipermeables (materiales como limo, arena limosa, arena, arcilla, etc.) y su capacidad de drenaje es media a baja. No son de interés para la obtención de caudales pero juegan un papel importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grandes superficies.
- **Acuicludos:** pueden almacenar el agua en grandes cantidades pero no tiene posibilidad de transmitirla y se drenan con mucha dificultad; el agua se encuentra encerrada en los poros de las formaciones y no puede ser liberada (materiales como arcillas, arcillas plásticas, arcillas limosas, etc.). Se asumen como materiales impermeables.
- **Acuifugos:** formaciones incapaces de almacenar y de transmitir el agua; están representados por rocas compactas como rocas ígneas y metamórficas masivas, se muestran como impermeables salvo que exista fracturas que pueden permitir flujos.

8.2.1 Clasificación de las Unidades Hidrogeológicas

A continuación se presenta la clasificación de las unidades hidroestratigráficas de interés en la zona de estudio, siguiendo la nomenclatura propuesta por el IDEAM (2010), la cual se basa en la extensión, porosidad de la unidad y características de permeabilidad asociadas a cada unidad.

- Tipo I:** Corresponde a los acuíferos en los cuales la porosidad principal es intergranular (porosidad primaria)
- Tipo II:** Corresponde a unidades hidroestratigráficas en rocas consolidadas con porosidad primaria y fisurados con porosidad secundaria o carstificados
- Tipo III:** Corresponde a rocas granulares o fisuradas que forman acuíferos insignificantes por porosidad primaria con recursos limitados o sin recursos

En la Tabla 8 se muestra la clasificación de las Unidades Hidrogeológicas presentes en el área de estudio.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 8. Clasificación de unidades hidroestratigráficas en la zona de estudio

Unidad hidroestratigráfica	Símbolo	UGI asociada	Descripción	Comportamiento posible de la unidad hidroestratigráfica
Roca intermedia, Formación Gigante	I1	Ri-N1g	Conglomerados polimícticos, clasto-soportados en matriz limo arenosa	Acuífero libre regional (de amplia extensión), con recarga directa. Productividad alta
Depósitos aluviales no consolidados y moderadamente consolidados	I2	Stfaa Stfar	Correlaciona con depósitos aluviales activos y recientes	Su recarga es directa. Son acuíferos libres, de extensión limitada y baja productividad.
Depósitos aluviales subrecientes	I3	Stfasr	Depósitos aluviales subrecientes	Su recarga es directa. Son acuíferos libres, de extensión limitada y baja productividad.
Depósitos de abanico consolidados y moderadamente consolidados	I4	Stfaft 2 Stfaft 1	Correlaciona con depósitos de abanico	Su recarga directa. Son acuíferos libres, de extensión limitada y baja productividad.
Suelos antrópicos, rellenos de escombros	I5	Sade	Mezclas heterogéneas de escombros de construcción y otros	Constituyen Acuíferos locales, con recarga directa, de extensión limitada y productividad nula.
Suelos transportados de inestabilidad reciente	II1	Stir-1 Stir-2	Materiales originados por movimientos superficiales o por deslizamientos	Representan Acuíferos locales, con recarga directa, baja productividad y extensión
Suelos antrópicos, ingenieriles e indiferenciados	II2	Sari - Sarin	Materiales seleccionados y compactados para el desarrollo de construcciones ingenieriles	Representan acuíferos locales, con recarga directa, de corta extensión y baja productividad.
Roca dura, Granito de Altamira	III1	Rd-N1g	Rocas intrusivas de composición entre monzogranitos y cuarzomonzonitas. Se encuentran fracturadas	Rocas compactas que no permiten el almacenamiento ni la transmisión de agua. Conforman Acuíferos

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

9 CONDICIONES SISMOLÓGICAS

De acuerdo con la Norma Colombiana Sismo Resistente de Construcción NSR- 10, título A, Capítulo A.2.1 GENERAL-A.2.1.1.-Movimientos sísmicos prescritos “— Para efectos del diseño sísmico de la estructura, ésta debe localizarse dentro de una de las zonas de amenaza sísmica, baja, intermedia o alta, y además deben utilizarse los movimientos sísmicos de diseño definidos en el presente Capítulo, los cuales se pueden expresar por medio del espectro elástico de diseño definido en A.2.6, o por medio de familias de acelerogramas que cumplan los requisitos de A.2.7.”

Por lo anterior, el municipio de Acevedo de acuerdo a la NSR-10, se encuentra localizada en una zona de amenaza sísmica Alta ver con un coeficiente de Aceleración pico efectivo **Aa de 0.30 g.**

Los coeficientes de diseño sísmico para estructuras requeridas en esta zona se resumen en la Tabla 9. LA aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie A_0 , se debe obtener a partir del perfil de suelo determinado para cada estructura multiplicado por el Factor de Amplificación, F_a .

Tabla 9 Coeficientes de diseño sísmico

Zona	Aa (g)	Av (g)	Ae	Ad
Alta	0.30	0.15	0.17	0.06

Fuente: Geocing S.A.S.

Dadas las condiciones del área de estudio en términos de No contar con un estudio de Análisis de Amplificación Mínimo, además de los materiales presentes descritos como Suelos y macizos rocosos muy fracturados, de se adopta KST/A_{max} de 0.8 de la aceleración en terreno correspondiendo a un valor de **0.24g.**

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

10 COBERTURA DE SUELO

La cobertura vegetal del suelo es un componente de vital importancia en la definición de conflictos sociales y ambientales, hace referencia a las diferentes clases de vegetación existente en un área determinada cuya dinámica ha sido consecuencia de las condiciones climáticas, topográficas, edáficas y de las características socioeconómicas y culturales propias de los pobladores de la localidad (IDEAM, 1997); y comprende todo lo que ocupa un espacio en la capa superficial de la tierra, conformando un ecosistema y su conocimiento. Es indispensable sobre todo para el ordenamiento territorial a la hora de definir, cartografiar y determinar unidades ecológicas, zonas de riesgo, sustentación económica, intervención antrópica en espacios naturales, también por su influencia en la formación y evolución de los suelos. Este insumo que se utiliza para diferentes análisis, en especial para los geotécnicos, la elaboración del mapa de amenaza por movimientos en masa, mapa de incendios forestales, entre otros. La tierra comprende todos los elementos que se encuentran sobre la superficie del suelo ya sean naturales o creados por el hombre, es decir tanto la vegetación natural, como todo tipo de construcción o edificación destinada al desarrollo de las actividades humanas para satisfacer sus necesidades.

Por tal manera, este estudio tiene como objetivo clasificar las coberturas actuales del suelo existentes en el municipio de Acevedo. También identificar los usos que tienen una función de equilibrio en el ecosistema o que deterioran el suelo. En la realización de este estudio se utilizó la metodología Corine Land Cover para obtener un mapa final de coberturas a escala 1: 2 000, para obtener un análisis más detallado de la zona de estudio.

La cobertura vegetal es la expresión de las especies vegetales naturales o introducidas en determinada área y el uso que se le da, esta información es un insumo que se utiliza para diferentes análisis, en especial para los geotécnicos, la elaboración del mapa de amenaza por movimientos en masa, mapa de incendios forestales, entre otros.

10.1 METODOLOGÍA

La metodología empleada para la determinación de la cobertura y uso de suelo actual se basa en la adaptación Colombiana de los lineamientos expuestos por Corine Land Cover. Lineamientos fundamentados en el uso de técnicas de procesamiento de imágenes satelitales, fotografías aéreas y comprobación de información en campo. La Ilustración 54 indica el procedimiento empleado para llevar a cabo la cartografía temática de la cobertura vegetal.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

10.1.1 Caracterización de la cobertura vegetal

Para la realización del mapa de cobertura se desarrollo la metodología presentada de manera grafica en la Ilustración 54 la cual involucra la implementación de las siguientes cuatro (4) fases de trabajo:

1. Revisión de información secundaria.
2. Fase de oficina o fase ejecutoria.
3. Fase de campo.
4. Fase de reajuste y elaboración de informe final.

10.1.2 Revisión Información Primaria

Se procedió a adquirir información escrita y visual que aportara datos generales iniciales sobre las características de cobertura y uso de suelo de la zona de estudio, dentro de esta información encontramos los POT y/o EOT del Municipio del área de estudio, la topografía inicial y las diferentes ortofotos, y mapas temáticos e imágenes satelitales de la zona, entre otros. A partir de la adquisición de dicha información secundaria, se inició la selección de los datos más actualizados y veraces que se encontraron disponibles, y se definió la necesidad de búsqueda de información adicional, obteniendo así un mayor detalle de las áreas de estudio.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

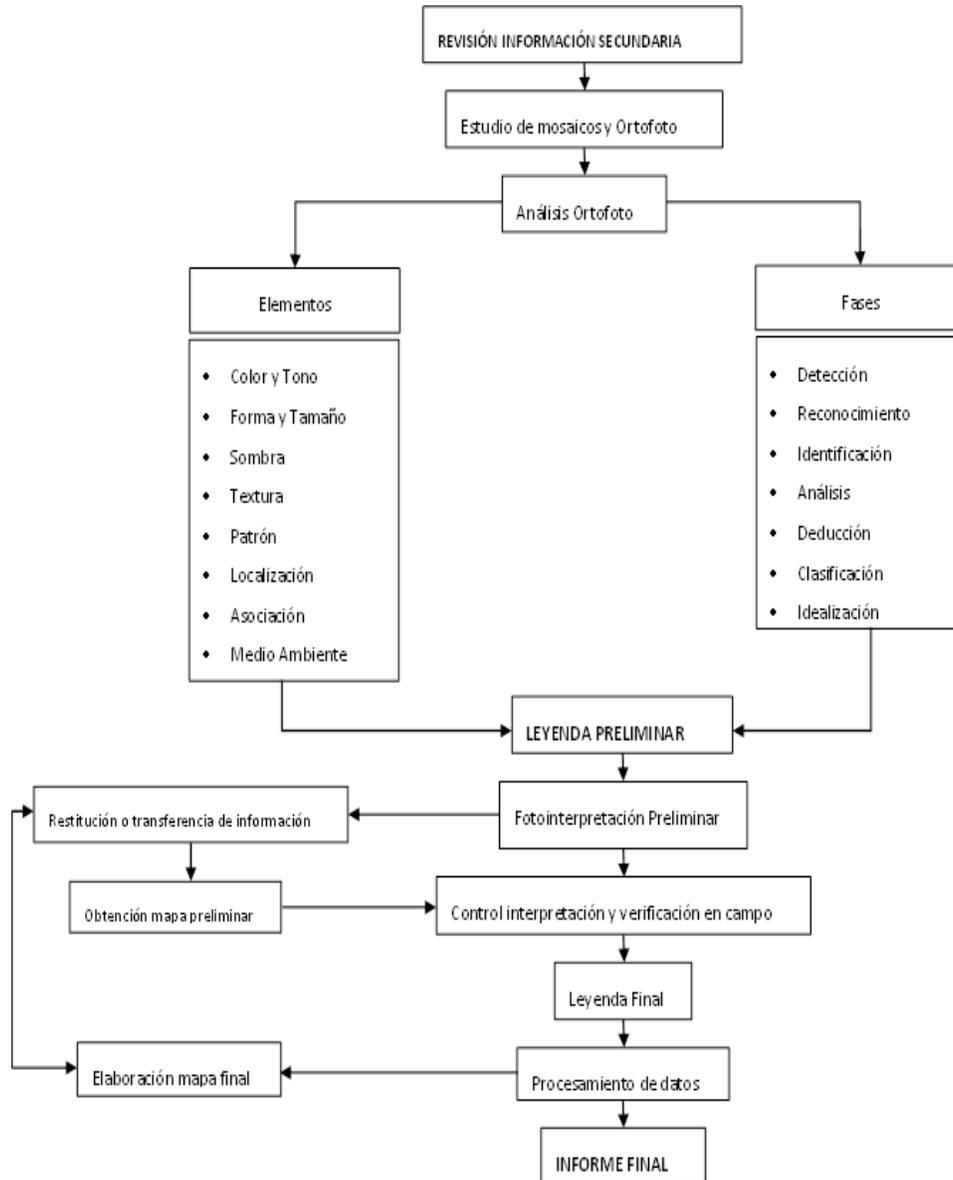


Ilustración 54. Proceso empleado para la delimitación de cobertura vegetal y uso actual de suelo.
Fuente: Geocing S.A.S.

10.1.3 Estudio general de mosaico y ortofoto

El material fotográfico que se utilizó para realizar el mapa de cobertura vegetal se relaciona a continuación:

- Tipo de Archivo: ECW.
- Coordenadas tipo: Magma_Colombia_Oeste
- Tamaño pixel (GDS) de 20cm

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Análisis de Ortofotos**

El análisis de las imágenes fotográficas, corresponde a la interpretación de ciertos rasgos de la superficie terrestre sobre las fotografías aéreas.

Es importante mencionar que el tipo de información que se obtiene depende de la escala resolución y de los foto elementos principalmente (tonos, texturas, patrón, forma y tamaño); además del procesamiento y de la interferencia con elementos atmosféricos (nubes, etc.).

Se tiene en cuenta la información geográfica el sistema de coordenadas a usar en el proyecto ha sido definido de acuerdo a los lineamientos del IGAC, los cuales establecen que debido a que la mayoría del área de estudio del proyecto se encuentra en la parte Oriental de la división cartográfica, el sistema de coordenadas corresponde a “MAGNA COLOMBIA OESTE”, la información cartográfica del proyecto se presenta en la Tabla 10).

Tabla 10. Sistema de coordenadas utilizadas en el mapa de cobertura Municipio de Acevedo.

Sistema de Coordenadas Proyecto	MAGNA COLOMBIA OESTE
Sistema de proyección:	Transversal de Mercator
Datum:	D_SIRGAS_2000
Longitud de origen:	-77.07750792
Latitud de origen:	4.59620042
Factor Escala:	1.0
Falso este:	1000000.0
Falso norte:	1000000.0
Unidad de trabajo:	Sistema métrico (metros)
Unidad Angular:	Grado

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Fotointerpretación**

A partir de la obtención de la información digital ajustada se procedió a realizar una primera interpretación, mediante la superposición de los mapas de coberturas del municipio, sobre las ortofoto ajustadas, y comparadas simultáneamente con imágenes satelitales de la zona de estudio; inicialmente se tuvo en cuenta la coloración y forma tamaño y contexto de las imágenes para diferenciar los diferentes tipos de coberturas.

Una vez identificado los elementos característicos de las fotografías aéreas, se procedió a realizar el reconocimiento de los diferentes tipos de cobertura y uso de suelo. En el caso de bosques naturales, se tuvo en cuenta el diámetro de las copas, la densidad (texturas gruesas) y el tono que presenta dicha cobertura, por lo general oscuro. Los pastos, se reconocen en las fotografías aéreas por su textura fina y tonos claros y una distribución espacialmente uniforme.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

10.1.4 Sistema de clasificación

Como ya se mencionó anteriormente para la elaboración del mapa de cobertura vegetal del suelo del área de estudio, se implementó la metodología de Corine Land Cover adaptada para Colombia, según dicha metodología existen cinco categorías generales cada una de las cuales posee diversas subcategorías para clasificar con diferente nivel de detalle los tipos de cobertura y uso actual de suelo.

10.1.5 Unidades de cobertura

Luego del proceso de verificación de campo, la información recopilada y validada fue ajustada y digitalizada, para ser nuevamente interpretada, obteniendo así una Leyenda final de cobertura. Dichos resultados fueron adjuntados a la Geodatabase del proyecto.

10.1.6 Fase de campo

Teniendo como base el mapa preliminar de cobertura del Municipio de Acevedo del Departamento del Huila; se realizó la verificación de las coberturas identificadas y/o donde se tiene alguna duda, para poder realizar su corroboración o cambio pertinente. Dicho ejercicio se desarrolló para la fase de campo; en la cual el profesional de la consultoría realizó la toma de puntos de control con ayuda de un GPS y fotografías de soporte con el fin de confirmar o ajustar la interpretación realizada; y de esta manera generar el Mapa de Coberturas definitivo para el área de interés. Con esta información los especialistas realizaron las respectivas validaciones, cambios y ajustes pertinentes al mapa preliminar de cobertura vegetal para el municipio de Acevedo.

10.2 CARACTERIZACIÓN DE COBERTURAS

Para la generación del mapa de cobertura del Municipio de Acevedo se realizó la clasificación teniendo en cuenta la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia por el IDEAM en el 2010. Se encontraron clases de coberturas las cuales se observan en la Tabla 11.

Tabla 11. Leyenda del mapa de cobertura a escala 1:2.000 para el Municipio de Acevedo.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales
			1.2.1.2. Zonas comerciales

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial	
		1.2.5. Obras hidráulicas		
	1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	
		1.3.2. Zona de disposición de residuos	1.3.2.2. Escombreras	
		1.4.1. Zonas verdes urbanas	1.4.1.2. Parques cementerios 1.4.1.5. Parques urbanos	
	1.4. Zonas verdes artificializados, no agrícolas	1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.2.2. Áreas deportivas	
	2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1. Cultivos transitorios	2.1.1. Otros cultivos transitorios	
		2.2. Cultivos permanentes	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.2. Café
		2.3 Pastos	2.3.1. Pastos limpios	
			2.3.2. Pastos arbolados	
2.3.3. Pastos enmalezados				
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		2.4.1. Mosaico de cultivos		
		2.4.5 Mosaico de cultivos con espacios naturales		
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES		3. Bosques	3.1.4 Bosque de galería y ripario	
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1 Herbazal	3.2.1.2. Herbazal abierto	
		3.2.2 Arbustal	3.2.2.2. Arbustal abierto	
		3.2.3 Vegetación secundaria o en transición.	3.2.3.2. Vegetación secundaria alta	
	3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.1. Zonas arenosas naturales		
		3.3.3 Tierras desnudas y degradadas		

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos	
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	

Fuente: adaptación de Metodología CORINE Land Cover para una escala de trabajo de 1:2.000

A continuación, se describen cada una de las coberturas encontradas en el área de estudio siguiendo la metodología de Caracterización de la cobertura vegetal descrita en el numeral 10.1. Una vez realizado lo anteriormente descrito se obtuvo la Leyenda de Actualización del mapa de cobertura a escala 1:2.00 (Ver Tabla 12). La actualización de la cobertura dio como resultado 4 coberturas generales 15 tipos de cobertura con nivel (3) y 12 tipos de coberturas con nivel (4) de detalle; Para un total de 27 coberturas del suelo en el municipio de Acevedo.

Tabla 12. Leyenda de Actualización del mapa de cobertura a escala 1:2.000 del área del municipio de Acevedo. De Departamento del Huila.

Tabla Cobertura Acevedo			
Cobertura	Código	Cobertura	Símbolo
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1.1.	Tejido urbano continuo	Tuc
	1.1.2.	Tejido urbano discontinuo	Tud
	1.2.1.1	Zonas industriales	Zi
	1.2.1.2	Zonas comerciales	Zc
	1.2.2.1	Red vial y terrenos asociados	Rv
	1.2.5	Obras hidráulicas	Obh
	1.3.1.5	Explotación de materiales de construcción	Emc
	1.3.2.2	Escombreras	Es
	1.4.1.2.	Parque cementerio	Pc
	1.4.1.5	Parques urbanos	Pur
	1.4.2	Instalaciones recreativas	Irc
2. TERRITORIOS AGRÍCOLA	1.4.2.2	Áreas deportivas	Ad
	2.1.1	Cultivos transitorios	Oct
	2.2.2.2	Café	Cfe
	2.3.1.	Pastos limpios	Pl
	2.3.2.	Pastos arbolados	Pa
	2.3.3.	Pastos enmalezados	Pe
	2.4.1.	Mosaico de cultivos	Msc
	2.4.5.	Mosaico de cultivos con espacios naturales	Mcen
3. BOSQUE Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1.4.	Bosque de galería y ripario	Bgr
	3.2.1.2	Herbazal abierto	Hza
	3.2.2.2	Arbustal abierto	Ara
	3.2.3.2.	Vegetación secundaria baja	Vsb
	3.3.1.	Zonas arenosas naturales	Zan
	3.3.3.	Tierras desnudas y degradadas	Tdd

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla Cobertura Acevedo			
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1.1.	Ríos	R
	5.1.4.	Cuerpos de agua artificiales	Caa

Fuente: Geocing S.A.S.

🚧 Descripción general de coberturas

• Territorios Artificializados

Comprende las áreas de las poblaciones y sus áreas periféricas que estén siendo incorporados a las áreas urbanas mediante el proceso gradual de urbanización hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos que se describen a continuación:

• Tejido urbano continuo (1.1.1)

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. Un ejemplo de este tipo de cobertura en el área de estudio se representa en la Ilustración 55.



Ilustración 55 Tejido urbano continuo Municipio de Acevedo.

Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Tejido urbano discontinuo (1.1.2)**

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y presentan discontinuidad, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.



Ilustración 56. Tejido urbano discontinuo Municipio de Acevedo.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Zonas industriales o zonas comerciales (1.2.1)**

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Son áreas cubiertas por infraestructura artificial sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales. Las zonas industriales (1.2.1.1) se presentan en la Ilustración 57 y las zonas Comerciales (1.2.1.2) en Ilustración 58.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 57 Colegio, zona industrial.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.



Ilustración 58 Plaza de mercado municipal.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Red vial (1.2.2.1)**

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. La superficie debe ser mayor a cinco hectáreas (ver Ilustración 59).



Ilustración 59. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados Municipio de Acevedo.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Obras hidráulicas (1.2.5.)**

Superficies que corresponden a construcciones consolidadas de carácter permanente, destinadas a instalaciones hidráulicas, y aquellas de pequeña magnitud, asociadas con infraestructura como acueductos, bocatomas, plantas de tratamiento y pequeñas presas.



Ilustración 60 Acueducto municipal.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Explotación de material de construcción (1.3.1.5)**

Son áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales a cielo abierto, se encontró explotación de materiales de construcción, arena, rocas, cemento.



Ilustración 61 Extracción de materiales de construcción a cielo abierto.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Escombreras (1.3.2.2.)**

Son espacios en los que se depositan restos de construcción, residuos urbanos, desechos industriales y material estéril de minas.



Ilustración 62 Escombreras Municipio de Acevedo.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Zonas verdes urbanas (1.4.1)**

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 que quedaron embebidas en el perímetro de la ciudad. Comprende las zonas cubiertas por vegetación dentro del tejido urbano, incluyendo parques urbanos y cementerios. Comprende las zonas cubiertas por vegetación dentro del tejido urbano, incluyendo parques urbanos y cementerios (ver Ilustración 63).



Ilustración 63 Parque cementerio. Parques urbanos.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Instalaciones recreativas (1.4.2)**

Son los terrenos dedicados a las actividades de campo, deporte, parques de atracción golf, hipódromos y otras actividades de recreación y esparcimiento, incluyendo los parques habilitados para esparcimiento, no incluidos dentro del tejido urbano. En la Ilustración 64 se presenta un ejemplo de este tipo de cobertura para el Municipio de Acevedo.



Ilustración 64. Áreas deportivas.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **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 pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.



Ilustración 65 Otros cultivos transitorios.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Otros cultivos transitorios (2.1.1)**

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo.

- **Café (2.2.2.2)**

Cobertura predominantemente compuesta por áreas dedicadas al cultivo de café (*Coffea* sp.) bajo sombrero (temporal o permanente, generado por una cobertura arbórea) o a libre exposición. Los cafetos son arbustos de las regiones tropicales del género *Coffea* de la familia Rubiaceae. Las variedades sembradas a libre exposición son Caturra y Colombia; bajo cobertura arbórea (con sombrero) se cultivan las variedades Arábica, Borbón y Típica. El cultivo a libre exposición se caracteriza por arbustos que tienen altura promedio entre 1 y 1,50 m, en tanto que los que se desarrollan bajo sombrero pueden llegar a tener alturas entre 2 y 6 m. Las condiciones ideales para el cultivo del café se encuentran en alturas comprendidas entre los 1.200 y 1.800 msnm, en su gran mayoría, sobre las laderas de montañas, lomas y colinas.



Ilustración 66 Cultivo de café.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Pastos limpios (2.3.1)**

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclamiento)

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas contempladas en la Leyenda CORINE Land Cover 2010. En la Ilustración 67 se puede observar un ejemplo de esta cobertura.



Ilustración 67. Pastos limpios Municipio de Acevedo.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Pastos arbolados (2.3.2)**

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 de ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. Ver Ilustración 68.



Ilustración 68. Pastos arbolados Municipio de Acevedo.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Pastos enmalezados (2.3.3)**

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. Ver Ilustración 69.



Ilustración 69. Pastos enmalezados Municipio de Acevedo.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Mosaico de cultivos**

Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. El mosaico de cultivos presenta en la imagen arreglos geométricos característicos que facilitan su interpretación. Igualmente, las coberturas de cultivos se aprecian en una amplia gama de tonos y colores debido a sus diferentes estados fenológicos y las variadas prácticas de manejo. Ver Ilustración 70.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



**Ilustración 70 Mosaico de frutales, plátano y otros cultivos transitorios.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.**

- **Mosaico de cultivos con espacios naturales (2.4.5.)**

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural. Ver Ilustración 71.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 71 Mosaico de cultivos de café y plátano con relictos de bosque ripario.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Bosques y áreas seminaturales**

Esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones. 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 contemplados en la Leyenda CORINE Land Cover 2010. Dentro de esta cobertura se encuentra además la siguiente unidad para territorios artificializados:

- **Bosque de galería y ripario (3.1.4.)**

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario. Como se observa en la Ilustración 72.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

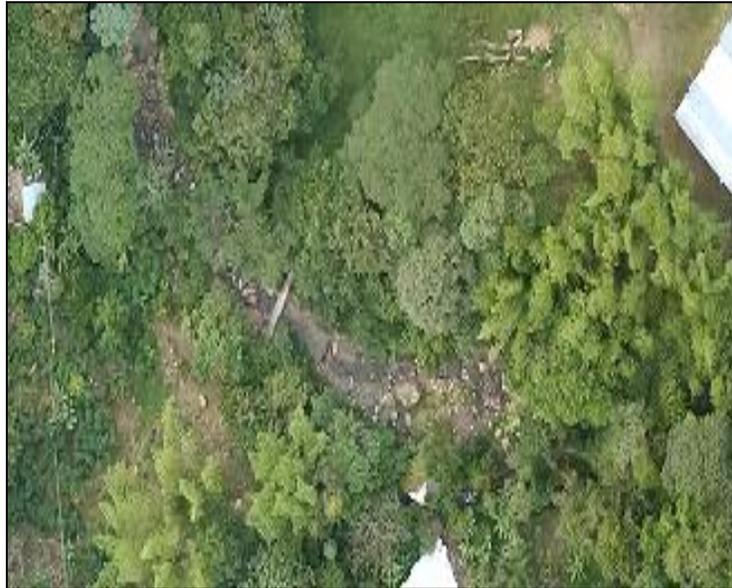


Ilustración 72 Bosque ripario.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Herbazal abierto (3.2.1.2)**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura abierta (30% a 70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IGAC, 1999). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, 1982). Ver Ilustración 73.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 73 Herbazal abierto.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Arbustal abierto (3.2.2.2.)**

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. 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 (FAO, 2001). Ver Ilustración 74.



Ilustración 74 Arbustal.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Vegetación secundaria baja (3.2.3.2)**

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o forestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies. Por lo general corresponde con una fase de colonización de inductores pre climáticos, donde especies de una fase más avanzada se establecen y comienzan a emerger. Ver Ilustración 75.



Ilustración 75 Vegetación secundaria baja.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Zonas arenosas naturales (3.3.1)**

Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas. También se incluyen las superficies conformadas por terrenos cubiertos por arenas, limos o guijarros ubicados en zonas planas de los ambientes litoral y continental, que actualmente no están asociadas con la actividad de los ríos, el mar o el viento. Ver Ilustración 76.

- **Tierras desnudas y degradadas (3.3.3)**

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas con intensos Erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas. La Ilustración 77 muestra un ejemplo de la cobertura de tierras desnudas y degradadas.



Ilustración 76 Zonas arenosas naturales ubicada en la ribera del río Suaza.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

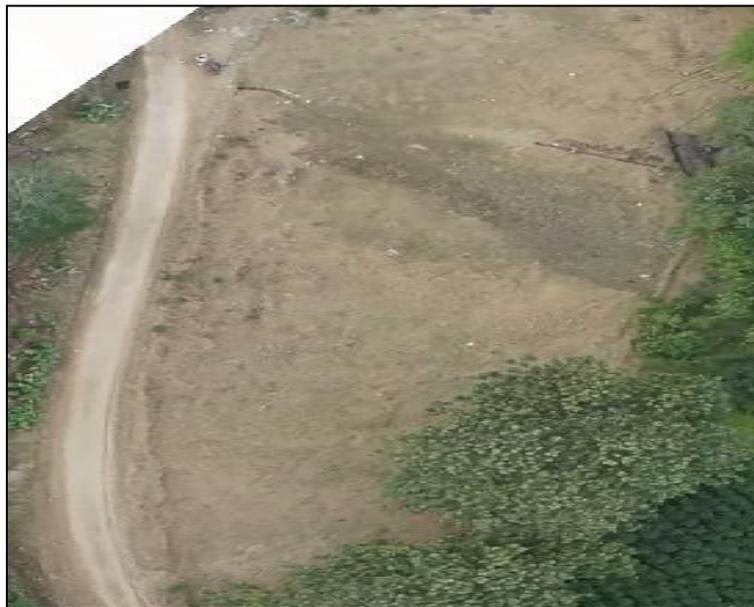


Ilustración 77 tierras degradadas y desnudas.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Superficies de agua**

Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares. Se incluyen en esta clasificación los fondos asociados con los mares.

- **Ríos**

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río.

- **Cuerpos de agua artificiales (5.1.4)**

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos



Ilustración 78 Lagos de almacenamiento.
Fuente: Ortofotografía Municipio de Acevedo.

- **Análisis de coberturas**

En la Tabla 13, se puede observar que la cobertura de pastos limpios es la que posee la mayor extensión del área de estudio con el 46,71 % que corresponde a 135,37 hectáreas, seguido de los cultivos de café con un área de 36,41 hectáreas lo que ocupa el 12,56%

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de la cabecera municipal, en tercer lugar se encuentra el tejido urbano continuo con el 7,92%. Para mayor detalle en la Ilustración 79 se encuentra el mapa final de la cobertura para el Municipio de Acevedo, Igualmente que en el Anexo 6. Mapas.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

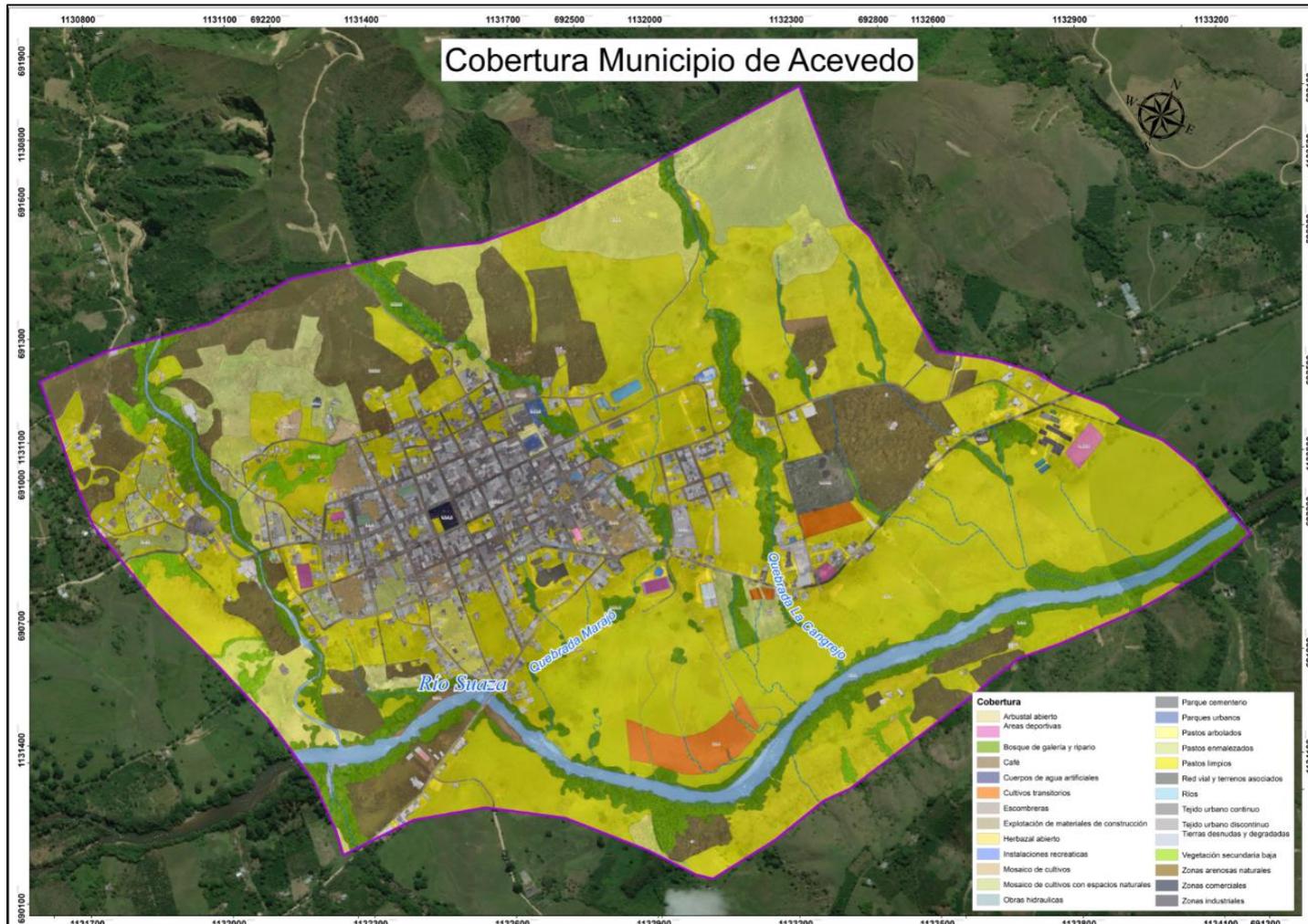


Ilustración 79. Representación gráfica de coberturas para el Municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 13. Porcentajes de las áreas correspondientes a las coberturas identificadas en el Municipio de Acevedo.

Tabla Cobertura Acevedo			
Código	Cobertura	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1.1.1.	Tejido urbano continuo	22.950.568	7.92
1.1.2.	Tejido urbano discontinuo	2.563.272	0.88
1.2.1.1	Zonas industriales	0.469161	0.16
1.2.1.2	Zonas comerciales	0.303288	0.10
1.2.2.1	Red vial y terrenos asociados	977.013	3.37
1.2.5	Obras hidráulicas	0.069689	0.02
1.3.1.5	Explotación de materiales de construcción	0.634456	0.22
1.3.2.2	Escombreras	0.326258	0.11
1.4.1.2.	Parque cementerio	1.724.452	0.59
1.4.1.5	Parques urbanos	0.378839	0.13
1.4.2	Instalaciones recreativas	0.086766	0.03
1.4.2.2	Áreas deportivas	1.071.161	0.37
2.1.1	Cultivos transitorios	3.556.164	1.23
2.2.2.2	Café	36.410.593	12.56
2.3.1.	Pastos limpios	13.537.233	46.71
2.3.2.	Pastos arbolados	17.848.746	6.16
2.3.3.	Pastos enmalezados	16.612.687	5.73
2.4.1.	Mosaico de cultivos	2.845.694	0.98
2.4.5.	Mosaico de cultivos con espacios naturales	1.059.101	0.37
3.1.4.	Bosque de galería y ripario	4.505.866	1.55
3.2.1.2	Herbazal abierto	2.279.335	0.79
3.2.2.2	Arbustal abierto	6.287.167	2.17
3.2.3.2.	Vegetación secundaria baja	12.791.453	4.41
3.3.1.	Zonas arenosas naturales	0.553802	0.19
3.3.3.	Tierras desnudas y degradadas	2.006.427	0.69
5.1.1.	Ríos	7.323.424	2.53
5.1.4.	Cuerpos de agua artificiales	0.043542	0.02

Fuente: Geocing S.A.S.

Se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 3 y el nivel 4 de la Metodología CORINE LAND COVER, con los resultados obtenidos es posible analizar que el municipio de Acevedo posee 4 coberturas generales, de las cuales los terrenos agrícolas ocupan la mayor área de la cabecera municipal con 213,7 hectáreas las cuales corresponden al 73,73%, en segundo lugar se encuentra la cobertura de territorios artificializados, la cual contiene tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo, red vial,

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

zonas industriales y comerciales, cementerios áreas recreativas, cementerios, escuelas, iglesias, entre otros; con un porcentaje del 13,92% del área de estudio lo que corresponde a 40,34 hectáreas. En el tercer lugar se encuentran los bosques y áreas seminaturales, en los cuales clasifican como áreas naturales: los herbazales, arbustales y la vegetación secundaria; y de bosque solo se obtiene el bosque ripario; esta cobertura posee 28.42 hectáreas que corresponde al 9,81% del área total. En último lugar esta las superficies de agua con el 2.54% que corresponde al río Suaza y pequeños tanques en el suelo utilizados para almacenar agua. (Ver Ilustración 80).

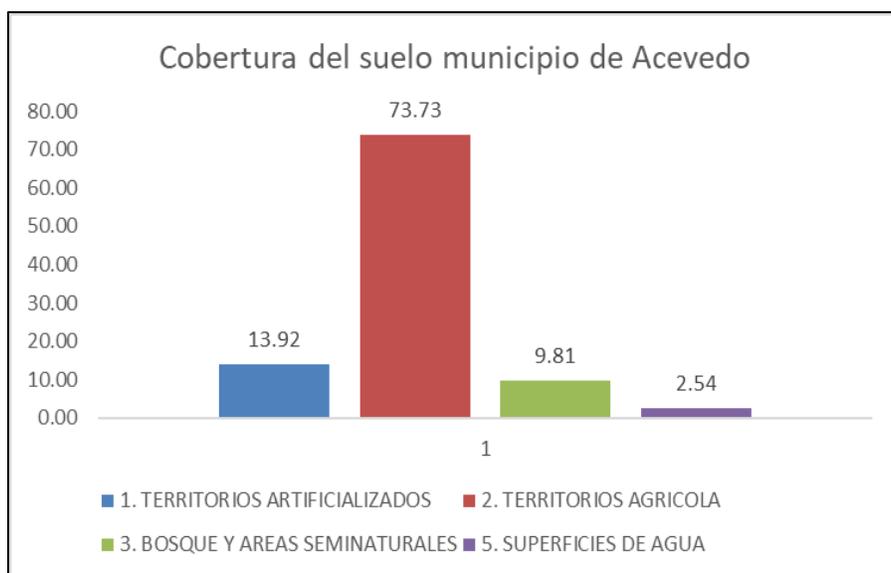


Ilustración 80. Porcentaje de ocupación por cobertura general de la Metodología CORINE LAND para el Municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

Se concluye que el bosque ripario es la cobertura encargada de proteger el margen de un río, y debe poseer un ancho mínimo de 30 metros de ronda. El río Suaza no posee este tipo de cobertura en toda su trayectoria, en algunas franjas se puede encontrar vegetación secundaria; este tipo de vegetación se encuentra en un suelo después de que haya ocurrido una intervención antrópica o natural en la cobertura original, en este caso la aparición de esta cobertura se puede dar por el cambio de curso del río y por la expansión de las fronteras agrícolas en la zona, ya sea pastos para la ganadería o cultivos.

La principal actividad agrícola en la cabecera municipal de Acevedo es la producción ganadera que se realiza bajo la cobertura de pastos limpios; y la segunda son los cultivos de café que se realizan en acompañamiento con cultivos de plátano o árboles que le brinden sombra y un escudo rompevientos de protección. Los espacios naturales que

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

posee el área de estudio corresponden a pequeñas franjas de bosques riparios, herbazales, arbustales y vegetación secundaria de corte bajo, que se pueden encontrar principalmente al margen del río Suaza.

Las coberturas de mosaico de cultivos y mosaico de cultivos con espacios naturales pertenecen a zonas que no logran ser cartográficas individualmente debido a su pequeño tamaño, los cultivos no corresponden a un orden de siembra y los espacios naturales corresponden a relictos de bosque ripario o arbustales ubicados en los patios traseros del tejido urbano continuo o discontinuo. Estos cultivos en su mayoría son de pancoger (café, plátano, frutales, maíz y algunos cultivos transitorios). En la cobertura de zonas industriales en el municipio de Acevedo se encuentran: la iglesia principal, la alcaldía, el hospital, instalaciones de red eléctrica, las instalaciones educativas y bodegas de almacenamiento y secado del grano de café. Y las zonas comerciales contienen las bodegas de compra y venta del café, también la plaza de mercado del municipio.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

11 HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

11.1 CLIMATOLOGÍA

A continuación, se presenta la caracterización del clima el municipio de Acevedo, Se buscó describir el comportamiento de las principales variables que describen el clima, tales como: precipitación total anual (mm); temperatura media anual (°C); evaporación total multianual (mm), humedad relativa media anual (%); brillo solar medio anual (horas); punto de rocío media (°C). La Tabla 14 relaciona las estaciones más cercanas los cascos urbanos de los Municipios.

Tabla 14: Estaciones representativas por municipio (casco urbano).

Municipio	Elevación (msnm)	Distancia a estación	Nombre estación	Elevación Estación (msnm)	Municipio estación	Coordenadas estación	
						Latitud (N)	Longitud (O)
Acevedo	1150	5.9 km	El Líbano	1045	Suaza	1°52'6.2"	75°49'40"

Fuente: Geocing S.A.S.

11.1.1 Precipitación

La precipitación anual total en el municipio varía entre 1225 mm y 2050 mm, la Ilustración 81 presenta con mayor detalle la distribución espacial de la precipitación anual total.

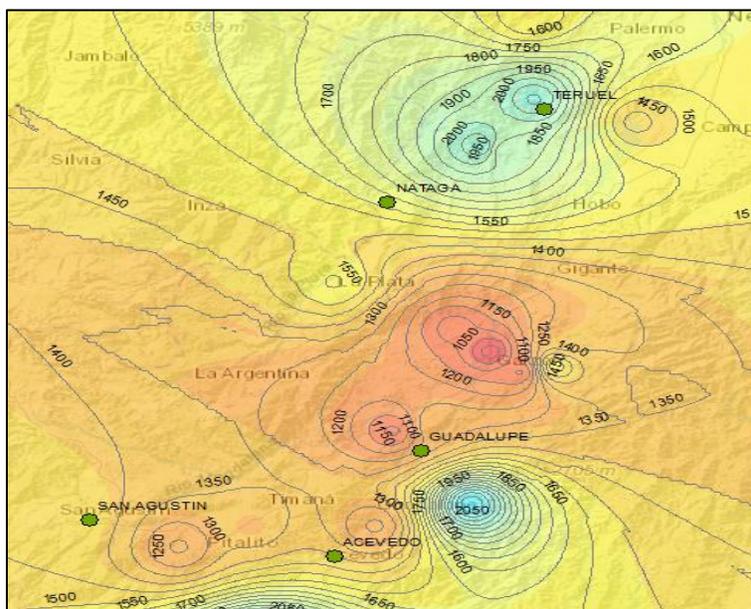


Ilustración 81 Distribución espacial de la Precipitación Anual Total (Isoyetas de precipitación).

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

En la Tabla 15 se muestra la variación temporal de la lluvia a nivel mensual, cuyo comportamiento se muestra en la Ilustración 82 Como se observa, la distribución temporal de la precipitación a lo largo del año es de tipo bimodal; es decir, se presenta al inicio y a mediados del año períodos secos y en medio de ellos se presentan períodos húmedos.

Tabla 15: Valores de Precipitación Mensual.

Precipitación media mensual (mm)													
Municipio	Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Acevedo	El Líbano	61.9	86.9	117.9	133.4	141.5	131.1	121.9	88.1	97.0	106.5	89.4	65.5

Fuente: Geocing S.A.S.

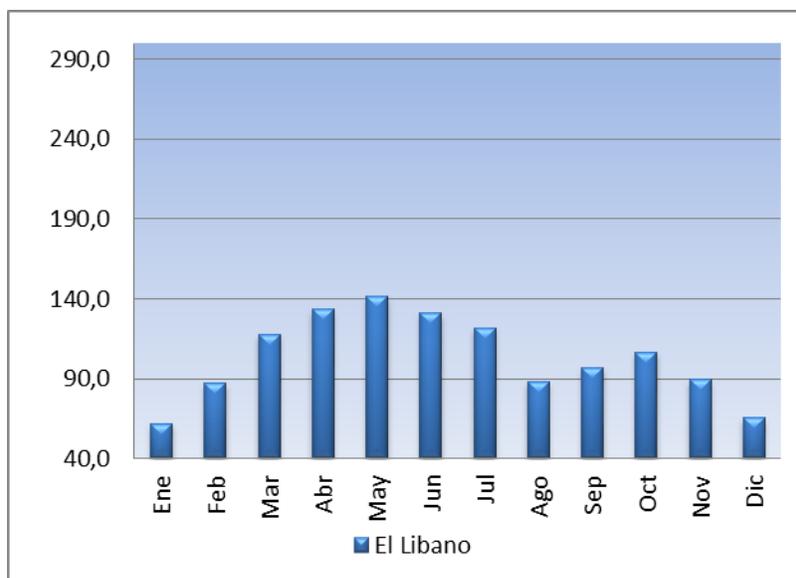


Ilustración 82 Distribución media mensual de precipitación (mm)

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Ilustración 82 se observa que los periodos secos se presentan principalmente entre junio y septiembre, y el segundo periodo menos intenso en enero y febrero. En estos municipios los picos de precipitación son muy altos así mismo los periodos secos presentan muy poca precipitación en el mes teniendo una gran diferencia entre los periodos de lluvia y los periodos secos.

11.1.2 Temperatura.

La altitud de los municipios condiciona el valor y la diferencia de temperatura entre los municipios estudiados Acevedo se encuentra entre 1480 y 1150 msnm; la distribución espacial de la temperatura media anual se observa en la Ilustración 83, mediante isotermas que se establecieron con base en la información de las estaciones con

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

información climatológica en la zona de estudio. En términos generales es más cálida la parte norte del área de estudio.

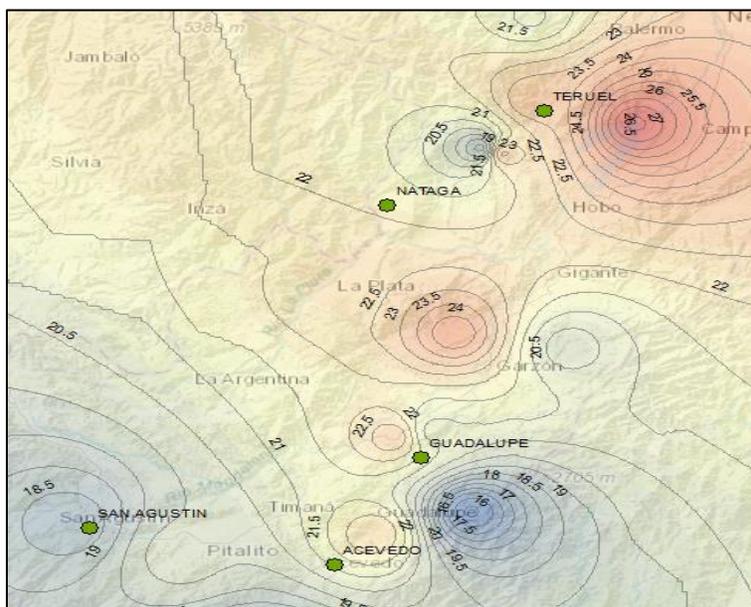


Ilustración 83 Distribución espacial de la Temperatura media mensual (Isotherma).
Fuente: Geocing S.A.S.

La variación temporal de la temperatura a lo largo del año se presenta en la Tabla 16 ; su comportamiento se puede examinar en la Ilustración 84. Se observa que la temperatura media no tiene una correlación directa con los cambios de precipitación.

Tabla 16: Valores Medios de Temperatura Mensual.

		Temperatura (°C)											
Municipio	Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Acevedo	El Líbano	23.0	22.9	22.6	22.6	22.5	22.2	22.0	22.1	22.3	22.7	22.8	22.8

Fuente: Geocing S.A.S.

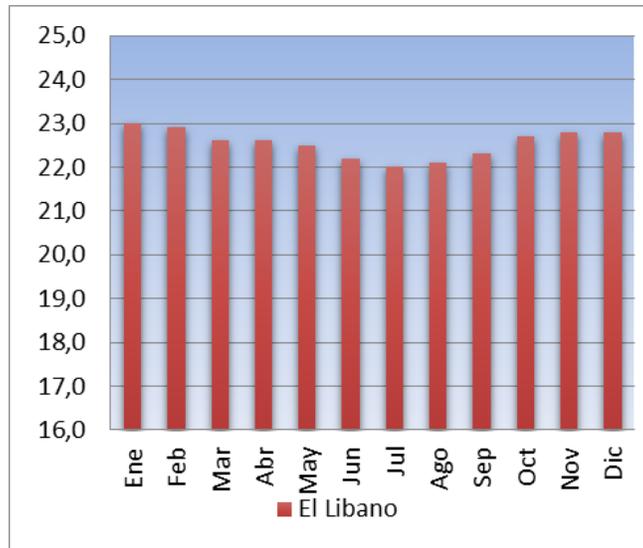


Ilustración 84 Distribución Temperatura media mensual.
Fuente: Geocing S.A.S.

La Evaporación Total anual en los municipios bajo estudio varía entre 975 mm y 1345 mm, la Ilustración 85 muestra la variación espacial de la evaporación, la cual presenta una correlación muy directa con el comportamiento de la temperatura; mientras mayor sea la temperatura media, mayor es la evaporación. De esta manera se observa, hacia el sur en la cuenca alta del río suaza se presenta la menor evaporación de la zona mientras que hacia el norte en inmediaciones a la represa de Betania se encuentra la mayor evaporación.

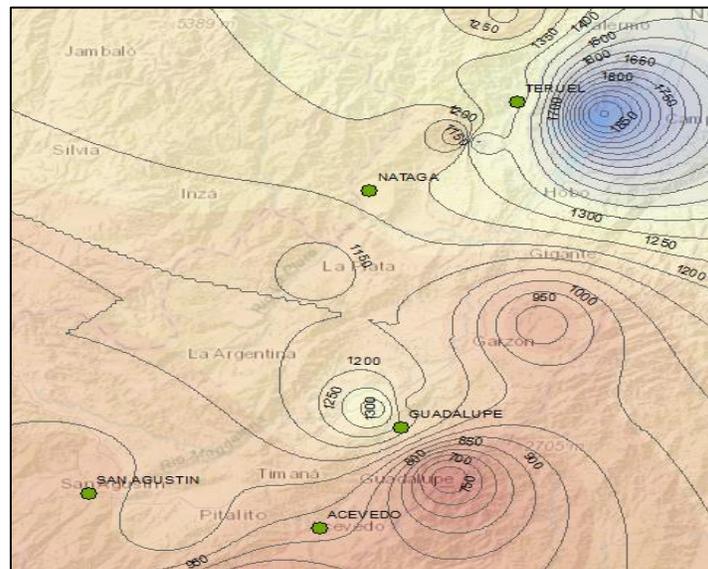


Ilustración 85 Distribución espacial de la Evaporación Anual Total en mm.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La distribución temporal de la evaporación mensual está inversamente relacionada con la distribución de precipitación, y directamente relaciona con la temperatura promedio mensual; ya que cuando comienza a aumentar la precipitación, la evaporación desciende y en caso contrario, la evaporación aumenta. La distribución temporal de la evaporación a lo largo del año se caracteriza por ser bimodal con un comportamiento inverso de la distribución de la precipitación.

11.1.3 Humedad Relativa.

Es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a temperatura ambiente. La Humedad relativa media anual en los municipios en la zona de estudio varía entre 77.2% y 81%. En la Tabla 17 presenta la variación temporal de la humedad relativa a lo largo del año y la Ilustración 86 muestra su comportamiento.

Tabla 17: Valores Medios mensuales de Humedad Relativa.

		Humedad Relativa (%)											
Municipio	Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Acevedo	El Líbano	79.0	80.0	81.0	81.0	80.0	81.0	82.0	81.0	79.0	80.0	80.0	80.0

Fuente: Geocing S.A.S.

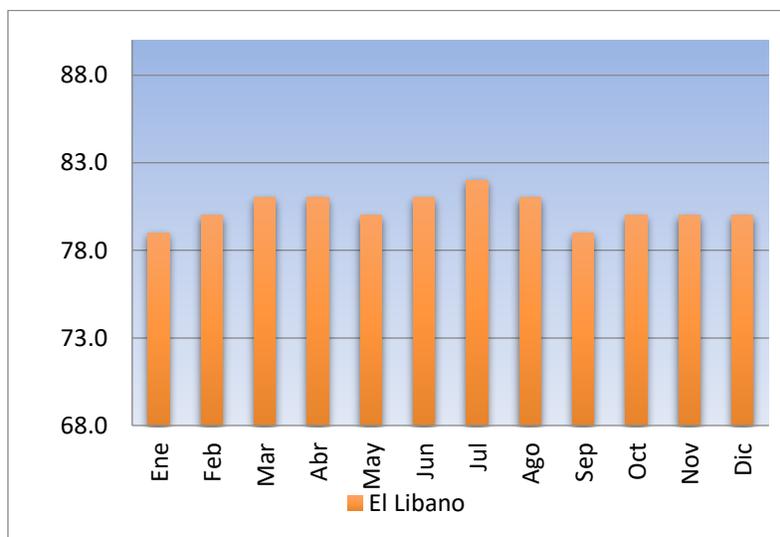


Ilustración 86 Distribución Humedad relativa.

Fuente: Geocing S.A.S.

11.1.4 Brillo solar

El brillo solar indica las horas de sol efectivo en el día, en los municipios involucrados varía entre 1340 y 1575 horas al año, en el sur oriente en la zona montañosa los registros

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de brillo solar son menores que hacia el resto del territorio especialmente en la zona baja por donde transita el río suaza y en inmediaciones de la represa de Betania.

11.1.5 Punto de Rocío.

Se define como la temperatura a partir de la cual empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire produciendo rocío, neblina, o en el caso de que la temperatura sea inferior a 0°C, escarcha. En los municipios del área de estudio el punto de rocío varía entre 14.5 y 19 °C.

11.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Con el fin de tener la información secundaria apropiada para el desarrollo del estudio hidrológico se procedió a recopilar la información cartográfica y meteorológica disponible en las áreas de estudio. La información cartográfica se obtuvo de los archivos del IGAC, buscando que está cubriera las cuencas de drenaje de las corrientes en las cuales se identificaron puntos críticos. La Tabla 18 relacionan las planchas que fueron recopiladas.

Tabla 18: Información cartográfica en el Municipio de Acevedo

PLANCHA	ESCALA
PL_389_2009	1:100000
PL_388_2008	1:100000
PL_412_2008	1:100000
PL_413_2008	1:100000
389III A	1:25000

Fuente: Geocing S.A.S.

De otra parte, en los archivos del IDEAM se buscaron las estaciones con información disponible de registros de caudal en las corrientes a estudiar o en su defecto, las estaciones con información de precipitación en las cuencas de las mismas o en su alrededor. La información anterior, se complementó con la búsqueda de las estaciones climatológicas existentes en cada Municipio. La Tabla 19, relaciona las estaciones de las cuales se solicitó la información ante el IDEAM.

Tabla 19: Información hidrometeorológica en el Municipio de Acevedo

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	MUNICIPIO
21010240	VILLALOBOS TV	PM	PITALITO
21035030	CUEVA LOS GUÁCHARO	CO	ACEVEDO
21010180	TABOR EL	PM	PALESTINA
21010210	MONTECRISTO	PM	PITALITO
21010100	PALESTINA	PM	PALESTINA
21015070	LOS GUACHAROS	CP	PALESTINA
21015010	PITALITO	CO	PITALITO
21010110	INSFOPAL	PM	PITALITO

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	MUNICIPIO
21035040	LÍBANO EL	CO	SUAZA
21020050	PTE. SALADOBLANC	PM	ELÍAS
21015020	SEVILLA	CO	PITALITO
44040020	BELEN DE ANDAQUIES	PM	BELÉN DE LOS ANDAQUÍES (CAQUETÁ)

Fuente: Geocing S.A.S.

11.3 IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS DE DRENAJE.

Con base en la información cartográfica recopilada, se identificaron y delimitaron las cuencas de drenaje en cada una de las corrientes y en cada punto crítico objeto de estudio. De cada cuenca delimitada, se midieron los siguientes parámetros morfométricos, con el propósito de estimar el tiempo de concentración de la cuenca en cada uno de los puntos críticos:

- Área de la cuenca
- Longitud del drenaje principal
- Pendiente media

Para el municipio de Acevedo, la Ilustración 87 presenta las cuencas delimitadas en cada uno de los puntos críticos estudiados y en la Tabla 20, se reportan los valores de los parámetros medidos con el propósito de estimar el tiempo de concentración de la cuenca.

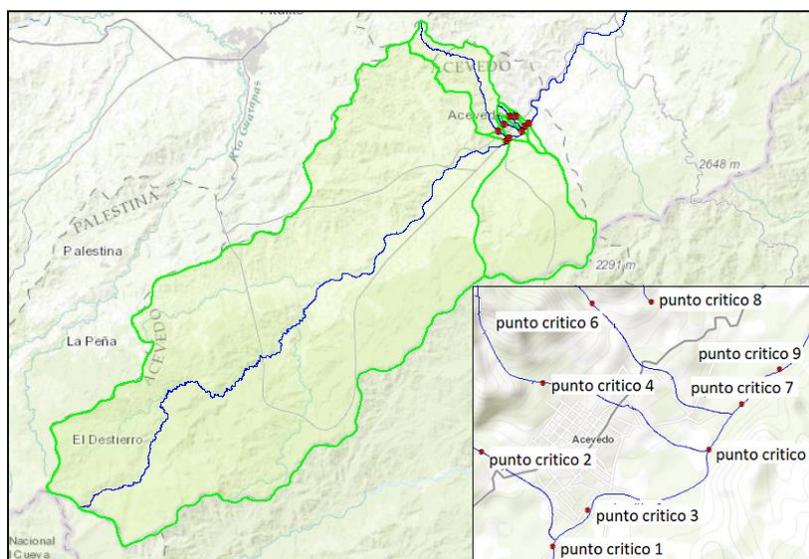


Ilustración 87 Cuencas de los puntos críticos identificados en el Municipio de Acevedo

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 20: Parámetros morfométricos obtenidos en las cuencas de los puntos críticos del Municipio de Acevedo.

Punto Crítico	Corriente	Área (km2)	L (m)	S (m/m)
1	Rio Suaza	447.14	51978.7	0.0274
2	Q. la guache	18.46	10900.1	0.0757
3	Rio Suaza	519.40	52326.0	0.0273
4	Q. maraiu	0.25	921.9	0.2712
5	Rio Suaza	521.13	53470.5	0.0269
6	Q. la cangrejo	0.59	1119.6	0.2367
7	Rio Suaza	522.50	53859.3	0.0267
8	Sin nombre	0.05	400.5	0.4369
9	Rio suaza	523.92	54261.5	0.0266

Fuente: Geocing S.A.S.

11.4 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS.

De cada una de las cuencas delimitadas, se obtuvo el tiempo de concentración utilizando los criterios de Kirpich, US Army, Kerby y SCS los cuales se pueden expresar como sigue:

Criterio de Kirpich:

$$T_c = 0.066 \frac{L^{1.155}}{H^{0.385}}$$

Dónde:

T_c: tiempo de concentración en horas.

L: longitud del cauce principal en Km.

H: desnivel total del cauce principal en Km.

Criterio del US Army:

$$T_c = \frac{0.707(1.1 - C) L^{0.5}}{S^{1/3}}$$

Dónde:

T_c.- tiempo de concentración en min.

C.- coeficiente de escorrentía.

L.- longitud del cauce principal en m.

S.- pendiente media del cauce principal en m/m.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Criterio de Kerby:

$$T_c = 1.44 \left(\frac{L m}{S^{1/2}} \right)^{0.467}$$

Dónde:

- Tc.- tiempo de concentración en min.
- m.- coeficiente que depende de la superficie.
- L.- longitud del cauce principal en m.
- S.- pendiente media del cauce principal en m/m.

El valor de los coeficientes C, m y a se obtuvieron de la observación de la cobertura y uso del suelo general de cada cuenca, en el visualizador geográfico Google Earth de uso libre.

Según lo anterior, en la Tabla 21 el valor de los coeficientes utilizados y el resultado obtenido para cada uno de los criterios expresados atrás; en la última columna se presenta el valor del tiempo de concentración adoptado, el cual corresponde al promedio de los valores que resultaron similares.

Tabla 21: Estimación de los tiempos de concentración de las cuencas de los puntos críticos del Municipio Acevedo.

Punto Crítico	C	m	a	Kirpich	Kerby	US FAA	SCS	Tc (h)
1	0.35	0.45	1.6	5.5	6.1	6.7	54.5	6.1
2	0.35	0.45	1.6	1.1	2.3	2.2	6.9	1.9
3	0.35	0.45	1.6	5.6	6.1	6.7	55.0	6.1
4	0.35	0.45	1.6	0.1	0.5	0.4	0.3	0.4
5	0.35	0.45	1.6	5.7	6.2	6.8	56.6	6.2
6	0.35	0.45	1.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.4
7	0.35	0.45	1.6	5.7	6.2	6.9	57.2	6.3
8	0.35	0.45	1.6	0.0	0.3	0.2	0.1	0.2
9	0.35	0.45	1.6	5.8	6.3	6.9	57.8	6.3

Fuente: Geocing S.A.S.

11.5 ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

El comportamiento de la precipitación máxima en 24 horas, se estudió en cada una de las estaciones recopiladas, realizando un análisis de frecuencia de las series anuales, de manera tal que se pudiese establecer la función de distribución de probabilidades que mejor se ajuste a los registros.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

En todas las estaciones, las series anuales de precipitación máxima en 24 horas se ajustaron a funciones de distribución de probabilidades Gumbel Tipo I, Normal y Log Normal.

Con el propósito de establecer la distribución de probabilidad que mejor representa las series de datos, se utilizó el criterio de Kolmogorov – Smirnov en el cual se estableció la desviación máxima entre el histograma de la serie y la función de distribución de probabilidades sometida a la prueba y se comparó con el estadígrafo crítico de la prueba. En todos los casos se obtuvo que cualquiera de las distribuciones ensayadas podría representar el comportamiento de la precipitación máxima en 24 horas; por lo tanto, para efecto de este estudio, se seleccionó como representativa, la función que presentara la menor desviación.

De esta manera con base en la función de distribución de probabilidades seleccionada, se estimó la precipitación máxima en 24 horas esperada para los períodos de retorno 2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años.

Con base en los estimativos de precipitación máxima en 24 horas para diferentes períodos de retorno, se construyeron las curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) y las correspondientes a las de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) en cada estación.

Para lo anterior, se partió de los resultados encontrados por diversos investigadores como: B.M. Reich, D.M. Hershfield, L.L. Weiss y W.T. Wilson⁴ que han encontrado que las relaciones duración – lluvia obtenidas en Estados Unidos y otros países, pueden ser aplicadas en otras regiones del mundo, cuyas localizaciones y climas son muy variados.

El Departamento Meteorológico de los Estados Unidos (U.S. Weather Bureau) y otros estudios realizados, han concluido que: “La lluvia de t minutos de duración tiene un cociente o relación estable con la lluvia de una hora y mismo período de retorno”; al respecto, F.C. Bell reporta las siguientes relaciones para duraciones cortas, indicando que tales cocientes son independientes del período de retorno (ver Tabla 22).

⁴ ARC. Goswami. “Short Duration Rainfall Depth-Duration-Frequency Map of India”. Proceedings of the Second International Symposium in Hydrology. Fort Collins, Colorado, USA 1972.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 22 Duración Lluvia en periodos de retorno

DURACIONES, EN MINUTOS						
5	10	15	30	45	60	120
0.30	0.45	0.57	0.79	0.91	1.00	1.25

Fuente: Geocing S.A.S.

De otra parte, D.M. Hershfield y W.T. Wilson establecieron las siguientes relaciones entre la lluvia de 1 hora y la de 24 horas, cubriendo una amplia variedad de climas del mundo en la Tabla 23 se observa la relación de lluvias.

Tabla 23 Relación Lluvia

Número medio de días con lluvia al año.	1	8	16	24
Relación entre la lluvia de 1 hora y 24 horas.	0.20	0.30	0.40	0.50

Fuente: Geocing S.A.S.

Utilizando las relaciones anteriores, se construyeron las curvas PDF e IDF para cada una de las estaciones.

11.6 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA

De acuerdo con la técnica de los polígonos de Thiessen, se estableció que las estaciones representativas en las cuencas delimitadas en cada sitio crítico, corresponden a las estaciones; San Adolfo, Acevedo, El Líbano, Villalobos tv, El Tabor y Palestina, cuya información básica se presenta en las Tabla 24 a la Tabla 29. En la Ilustración 88 Se presenta los polígonos de Thiessen que permitieron seleccionar las estaciones mencionadas.

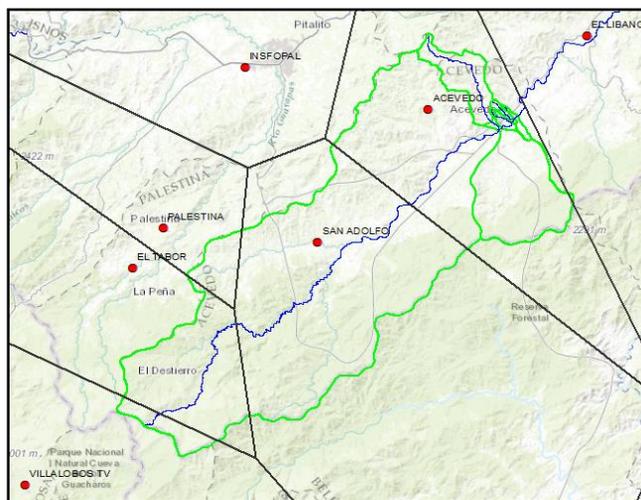


Ilustración 88 Localización de las estaciones representativas respecto a las cuencas bajo estudio en el Municipio de Acevedo. Polígonos de Thiessen.

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
 Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
 Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Con base en los registros recopilados de las estaciones mencionadas, se establecieron las series anuales de precipitación máxima en 24 horas que se presentan en las Tabla 24 a la Tabla 29.

Tabla 24: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación San Adolfo.

Año	P _{max24h} (mm)	Año	P _{max24h} (mm)
1999	77	2009	119.5
2000	58.5	2010	75
2001	80.4	2011	40
2002	73.9	2012	59
2003	65.1	2013	85
2004	93.1	2014	87
2005	62	2015	50
2006	73.2	2016	26
2007	83.1	2017	90
2008	130		

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 25: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Acevedo.

Año	P _{max24h} (mm)	Año	P _{max24h} (mm)
1998	100	2008	80
1999	70	2009	42
2000	95	2010	41
2001	60	2011	49
2002	72	2012	55
2003	60	2013	68
2004	60	2014	40
2005	110	2015	56
2006	43	2016	75
2007	80	2017	75

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 26: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Líbano.

Año	P _{max24h} (mm)	Año	P _{max24h} (mm)
1986	48.4	2001	45.6
1988	73.4	2002	120.9
1989	63	2003	28.7
1990	88.5	2004	63.5
1991	36.4	2005	48.8
1992	36.6	2006	40.6
1993	88.1	2007	39.9
1994	95.4	2008	74
1995	45.1	2009	58.6
1996	82.1	2010	47.8
1997	55	2011	46.1
1998	41.6	2012	74.3
1999	45.3	2013	85.8

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Año	P _{max24h} (mm)	Año	P _{max24h} (mm)
2000	56.7	2015	43.6

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 27: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Palestina.

Año	P _{max24h} (mm)	Año	P _{max24h} (mm)
1972	53	1995	50
1973	25	1996	71
1974	35	1997	66
1975	24	1998	60
1976	17	1999	60
1977	11	2000	58
1978	28	2001	50
1979	71	2002	50
1980	20	2003	70
1981	40	2004	57
1982	28	2005	69
1983	22	2006	50
1984	30	2007	50
1986	50	2008	70
1987	70	2009	70
1988	35	2010	100
1989	70	2011	54
1991	120	2013	112
1992	35	2015	35
1993	45	2016	80
1994	60		

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 28: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación El Tabor.

Año	P _{max24h} (mm)	Año	P _{max24h} (mm)
1981	65	2002	50.3
1983	61	2003	90
1984	61	2004	50
1990	58.7	2005	65
1991	76.5	2006	89
1992	66.4	2007	68
1993	50	2008	90
1994	72	2009	50
1995	45	2010	90
1996	73	2011	76
1997	50	2012	69
1998	75	2013	55
1999	48.5	2014	83
2000	80	2015	37

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Año	P _{max24h} (mm)	Año	P _{max24h} (mm)
2001	53	2016	76

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 29: Serie Anual de Precipitación Máxima en 24 horas. Estación Villalobos Tv.

Año	P _{max24h} (mm)	Año	P _{max24h} (mm)
1982	66	1993	46.8
1983	80	1994	52
1984	58	1995	37
1987	55.2	1997	53.3
1989	46.5	1998	80
1990	57	1999	91
1991	69	2000	71.5
1992	80	2002	46.1

Fuente: Geocing S.A.S.

Cada serie se ajustó a las funciones de distribución de probabilidad Gumbel Tipo I, Log Normal y Normal; obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 30 a la Tabla 34.

Tabla 30: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación San Adolfo.

Año	P máx.(mm)	Orden	Gumbel		Normal		Log Normal		
			y _i	P(x≤x _i)	Z	P(x≤x _i)	Log(Q)	Z	P(x≤x _i)
2016	26	1	-1.0972	0.0077	-1.9926	0.0232	1.4150	-2.7184	0.0033
2011	40	2	-0.8340	0.0691	-1.4250	0.0771	1.6021	-1.5512	0.0604
2015	50	3	-0.6403	0.1753	-1.0195	0.1540	1.6990	-0.9466	0.1719
2000	58.5	4	-0.4759	0.2981	-0.6749	0.2499	1.7672	-0.5211	0.3011
2012	59	5	-0.3266	0.3059	-0.6547	0.2563	1.7709	-0.4981	0.3092
2005	62	6	-0.1856	0.3528	-0.5330	0.2970	1.7924	-0.3637	0.3580
2003	65.1	7	-0.0486	0.4016	-0.4073	0.3419	1.8136	-0.2315	0.4085
2006	73.2	8	0.0874	0.5246	-0.0790	0.4685	1.8645	0.0863	0.5344
2002	73.9	9	0.2250	0.5347	-0.0506	0.4798	1.8686	0.1121	0.5446
2010	75	10	0.3665	0.5503	-0.0060	0.4976	1.8751	0.1521	0.5604
1999	77	11	0.5144	0.5780	0.0751	0.5299	1.8865	0.2234	0.5884
2001	80.4	12	0.6717	0.6225	0.2130	0.5843	1.9053	0.3405	0.6333
2007	83.1	13	0.8422	0.6556	0.3224	0.6264	1.9196	0.4300	0.6664
2013	85	14	1.0309	0.6775	0.3995	0.6552	1.9294	0.4912	0.6884
2014	87	15	1.2459	0.6995	0.4805	0.6846	1.9395	0.5543	0.7103
2017	90	16	1.4999	0.7303	0.6022	0.7265	1.9542	0.6461	0.7409
2004	93.1	17	1.8170	0.7594	0.7278	0.7666	1.9689	0.7379	0.7697
2009	119.5	18	2.2504	0.9149	1.7982	0.9639	2.0774	1.4143	0.9214
2008	130	19	2.9702	0.9449	2.2239	0.9869	2.1139	1.6425	0.9498

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 31: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación Acevedo.

Año	P máx.(mm)	Orden	Gumbel		Normal		Log Normal		
			yi	P(x≤xi)	Z	P(x≤xi)	Log(Q)	Z	P(x≤xi)
2014	40	1	-1.1133	0.0874	-1.3309	0.0916	1.6021	-1.5589	0.0595
2010	41	2	-0.8550	0.0992	-1.2808	0.1001	1.6128	-1.4764	0.0699
2009	42	3	-0.6657	0.1118	-1.2307	0.1092	1.6232	-1.3959	0.0814
2006	43	4	-0.5057	0.1252	-1.1805	0.1189	1.6335	-1.3173	0.0939
2011	49	5	-0.3612	0.2211	-0.8798	0.1895	1.6902	-0.8810	0.1891
2012	55	6	-0.2254	0.3342	-0.5790	0.2813	1.7404	-0.4952	0.3102
2015	56	7	-0.0940	0.3537	-0.5289	0.2985	1.7482	-0.4350	0.3318
2001	60	8	0.0355	0.4318	-0.3283	0.3713	1.7782	-0.2046	0.4189
2003	60	9	0.1657	0.4318	-0.3283	0.3713	1.7782	-0.2046	0.4189
2004	60	10	0.2985	0.4318	-0.3283	0.3713	1.7782	-0.2046	0.4189
2013	68	11	0.4360	0.5779	0.0727	0.5290	1.8325	0.2134	0.5845
1999	70	12	0.5805	0.6108	0.1729	0.5687	1.8451	0.3103	0.6218
2002	72	13	0.7349	0.6420	0.2732	0.6077	1.8573	0.4043	0.6570
2016	75	14	0.9027	0.6855	0.4236	0.6641	1.8751	0.5407	0.7056
2017	75	15	1.0892	0.6855	0.4236	0.6641	1.8751	0.5407	0.7056
2007	80	16	1.3022	0.7488	0.6742	0.7499	1.9031	0.7563	0.7753
2008	80	17	1.5544	0.7488	0.6742	0.7499	1.9031	0.7563	0.7753
2000	95	18	1.8698	0.8780	1.4262	0.9231	1.9777	1.3302	0.9083
1998	100	19	2.3018	0.9051	1.6768	0.9532	2.0000	1.5016	0.9334
2005	110	20	3.0202	0.9432	2.1781	0.9853	2.0414	1.8199	0.9656

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 32: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación El Líbano.

Año	P máx.(mm)	Orden	Gumbel		Normal		Log Normal		
			yi	P(x≤xi)	Z	P(x≤xi)	Log(Q)	Z	P(x≤xi)
1977	11	1	-1.3185	0.0156	-1.7230	0.0424	1.0414	-2.8263	0.0024
1976	17	2	-1.1133	0.0433	-1.4766	0.0699	1.2304	-1.9812	0.0238
1980	20	3	-0.9704	0.0654	-1.3534	0.0880	1.3010	-1.6657	0.0479
1983	22	4	-0.8550	0.0835	-1.2712	0.1018	1.3424	-1.4806	0.0694
1975	24	5	-0.7553	0.1043	-1.1891	0.1172	1.3802	-1.3117	0.0948
1973	25	6	-0.6657	0.1157	-1.1480	0.1255	1.3979	-1.2324	0.1089
1978	28	7	-0.5832	0.1536	-1.0248	0.1527	1.4472	-1.0124	0.1557
1982	28	8	-0.5057	0.1536	-1.0248	0.1527	1.4472	-1.0124	0.1557
1984	30	9	-0.4321	0.1817	-0.9427	0.1729	1.4771	-0.8785	0.1898
1974	35	10	-0.3612	0.2596	-0.7373	0.2305	1.5441	-0.5792	0.2812
1988	35	11	-0.2925	0.2596	-0.7373	0.2305	1.5441	-0.5792	0.2812
1992	35	12	-0.2254	0.2596	-0.7373	0.2305	1.5441	-0.5792	0.2812
2015	35	13	-0.1593	0.2596	-0.7373	0.2305	1.5441	-0.5792	0.2812
1981	40	14	-0.0940	0.3443	-0.5319	0.2974	1.6021	-0.3199	0.3745
1993	45	15	-0.0292	0.4304	-0.3266	0.3720	1.6532	-0.0912	0.4636

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Año	P máx.(mm)	Orden	Gumbel		Normal		Log Normal		
			yi	P(x≤xi)	Z	P(x≤xi)	Log(Q)	Z	P(x≤xi)
1986	50	16	0.0355	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
1995	50	17	0.1004	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
2001	50	18	0.1657	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
2002	50	19	0.2316	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
2006	50	20	0.2985	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
2007	50	21	0.3665	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
1972	53	22	0.4360	0.5605	0.0020	0.5008	1.7243	0.2264	0.5896
2011	54	23	0.5072	0.5756	0.0431	0.5172	1.7324	0.2627	0.6036
2004	57	24	0.5805	0.6189	0.1663	0.5660	1.7559	0.3677	0.6435
2000	58	25	0.6562	0.6327	0.2074	0.5821	1.7634	0.4015	0.6560
1994	60	26	0.7349	0.6592	0.2895	0.6139	1.7782	0.4673	0.6799
1998	60	27	0.8168	0.6592	0.2895	0.6139	1.7782	0.4673	0.6799
1999	60	28	0.9027	0.6592	0.2895	0.6139	1.7782	0.4673	0.6799
1997	66	29	0.9932	0.7302	0.5359	0.7040	1.8195	0.6523	0.7429
2005	69	30	1.0892	0.7610	0.6592	0.7451	1.8388	0.7386	0.7699
1987	70	31	1.1918	0.7706	0.7002	0.7581	1.8451	0.7666	0.7783
1989	70	32	1.3022	0.7706	0.7002	0.7581	1.8451	0.7666	0.7783
2003	70	33	1.4223	0.7706	0.7002	0.7581	1.8451	0.7666	0.7783
2008	70	34	1.5544	0.7706	0.7002	0.7581	1.8451	0.7666	0.7783
2009	70	35	1.7020	0.7706	0.7002	0.7581	1.8451	0.7666	0.7783
1979	71	36	1.8698	0.7799	0.7413	0.7707	1.8513	0.7941	0.7864
1996	71	37	2.0655	0.7799	0.7413	0.7707	1.8513	0.7941	0.7864
2016	80	38	2.3018	0.8497	1.1109	0.8667	1.9031	1.0258	0.8475
2010	100	39	2.6022	0.9383	1.9324	0.9733	2.0000	1.4590	0.9277
2013	112	40	3.0202	0.9644	2.4253	0.9924	2.0492	1.6791	0.9534
1991	120	41	3.7256	0.9754	2.7538	0.9971	2.0792	1.8130	0.9651

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 33: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación El Tabor.

Año	P máx.(mm)	Orden	Gumbel		Normal		Log Normal		
			yi	P(x≤xi)	Z	P(x≤xi)	Log(Q)	Z	P(x≤xi)
1977	11	1	-1.3185	0.0156	-1.7230	0.0424	1.0414	-2.8263	0.0024
1976	17	2	-1.1133	0.0433	-1.4766	0.0699	1.2304	-1.9812	0.0238
1980	20	3	-0.9704	0.0654	-1.3534	0.0880	1.3010	-1.6657	0.0479
1983	22	4	-0.8550	0.0835	-1.2712	0.1018	1.3424	-1.4806	0.0694
1975	24	5	-0.7553	0.1043	-1.1891	0.1172	1.3802	-1.3117	0.0948
1973	25	6	-0.6657	0.1157	-1.1480	0.1255	1.3979	-1.2324	0.1089
1978	28	7	-0.5832	0.1536	-1.0248	0.1527	1.4472	-1.0124	0.1557
1982	28	8	-0.5057	0.1536	-1.0248	0.1527	1.4472	-1.0124	0.1557
1984	30	9	-0.4321	0.1817	-0.9427	0.1729	1.4771	-0.8785	0.1898
1974	35	10	-0.3612	0.2596	-0.7373	0.2305	1.5441	-0.5792	0.2812

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Año	P máx.(mm)	Orden	Gumbel		Normal		Log Normal		
			yi	P(x≤xi)	Z	P(x≤xi)	Log(Q)	Z	P(x≤xi)
1988	35	11	-0.2925	0.2596	-0.7373	0.2305	1.5441	-0.5792	0.2812
1992	35	12	-0.2254	0.2596	-0.7373	0.2305	1.5441	-0.5792	0.2812
2015	35	13	-0.1593	0.2596	-0.7373	0.2305	1.5441	-0.5792	0.2812
1981	40	14	-0.0940	0.3443	-0.5319	0.2974	1.6021	-0.3199	0.3745
1993	45	15	-0.0292	0.4304	-0.3266	0.3720	1.6532	-0.0912	0.4636
1986	50	16	0.0355	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
1995	50	17	0.1004	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
2001	50	18	0.1657	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
2002	50	19	0.2316	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
2006	50	20	0.2985	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
2007	50	21	0.3665	0.5135	-0.1212	0.4518	1.6990	0.1133	0.5451
1972	53	22	0.4360	0.5605	0.0020	0.5008	1.7243	0.2264	0.5896
2011	54	23	0.5072	0.5756	0.0431	0.5172	1.7324	0.2627	0.6036
2004	57	24	0.5805	0.6189	0.1663	0.5660	1.7559	0.3677	0.6435
2000	58	25	0.6562	0.6327	0.2074	0.5821	1.7634	0.4015	0.6560
1994	60	26	0.7349	0.6592	0.2895	0.6139	1.7782	0.4673	0.6799
1998	60	27	0.8168	0.6592	0.2895	0.6139	1.7782	0.4673	0.6799
1999	60	28	0.9027	0.6592	0.2895	0.6139	1.7782	0.4673	0.6799
1997	66	29	0.9932	0.7302	0.5359	0.7040	1.8195	0.6523	0.7429
2005	69	30	1.0892	0.7610	0.6592	0.7451	1.8388	0.7386	0.7699

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 34: Ajuste a funciones de distribución de probabilidades. Estación Villalobos tv.

Año	P máx.(mm)	Orden	Gumbel		Normal		Log Normal		
			yi	P(x≤xi)	Z	P(x≤xi)	Log(Q)	Z	P(x≤xi)
1995	37	1	-1.0414	0.0436	-1.6078	0.0539	1.5682	-1.9171	0.0276
2002	46.1	2	-0.7608	0.1815	-1.0187	0.1542	1.6637	-1.0461	0.1477
1989	46.5	3	-0.5508	0.1898	-0.9928	0.1604	1.6675	-1.0119	0.1558
1993	46.8	4	-0.3694	0.1962	-0.9734	0.1652	1.6702	-0.9864	0.1620
1994	52	5	-0.2019	0.3162	-0.6368	0.2621	1.7160	-0.5691	0.2846
1997	53.3	6	-0.0406	0.3480	-0.5526	0.2903	1.7267	-0.4713	0.3187
1987	55.2	7	0.1196	0.3946	-0.4297	0.3337	1.7419	-0.3326	0.3697
1990	57	8	0.2827	0.4383	-0.3131	0.3771	1.7559	-0.2055	0.4186
1984	58	9	0.4526	0.4623	-0.2484	0.4019	1.7634	-0.1366	0.4457
1982	66	10	0.6337	0.6361	0.2694	0.6062	1.8195	0.3751	0.6462
1991	69	11	0.8317	0.6905	0.4636	0.6785	1.8388	0.5512	0.7092
2000	71.5	12	1.0547	0.7309	0.6255	0.7342	1.8543	0.6921	0.7556
1983	80	13	1.3158	0.8371	1.1757	0.8801	1.9031	1.1370	0.8722
1992	80	14	1.6391	0.8371	1.1757	0.8801	1.9031	1.1370	0.8722

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Año	P máx.(mm)	Orden	Gumbel		Normal		Log Normal		
			yi	P(x≤xi)	Z	P(x≤xi)	Log(Q)	Z	P(x≤xi)
1998	80	15	2.0781	0.8371	1.1757	0.8801	1.9031	1.1370	0.8722
1999	91	16	2.8031	0.9182	1.8877	0.9705	1.9590	1.6473	0.9503

Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo con el criterio de Kolmogorov – Smirnov, la función que mejor ajusta los registros de la estaciones San Adolfo y Palestina es la Normal; mientras que la función Gumbel Tipo I es la que mejor ajusta la estaciones El Líbano, Villalobos tv, El Tabor y Acevedo. De acuerdo con lo anterior, se utilizaron las distribuciones seleccionadas para estimar las precipitaciones máximas en 24 horas para los períodos de retorno entre 2.33 y 1000 años. Los resultados se presentan en la Tabla 35 a la Tabla 40.

Tabla 35: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación San Adolfo.

Tr	P _{max24h} (mm)	Tr	P _{max24h} (mm)
2.33	79.5	50	125.8
5	95.9	100	132.5
10	106.8	200	138.7
15	112.2	500	146.1
25	118.3	1000	151.4

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 36: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Acevedo.

Tr	P _{max24h} (mm)	Tr	P _{max24h} (mm)
2.33	67.6	50	130.0
5	84.9	100	143.1
10	99.0	200	156.1
15	106.9	500	173.3
25	116.8	1000	186.4

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 37: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Líbano.

Tr	P _{max24h} (mm)	Tr	P _{max24h} (mm)
2.33	60.7	50	126.9
5	79.0	100	140.8
10	94.0	200	154.6
15	102.4	500	172.9
25	112.9	1000	186.7

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 38: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Palestina.

Tr	P _{max24h} (mm)	Tr	P _{max24h} (mm)
2.33	57.3	50	103.0
5	73.4	100	109.6
10	84.2	200	115.7
15	89.5	500	123.0

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tr	P _{max24h} (mm)	Tr	P _{max24h} (mm)
25	95.6	1000	128.2

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 39: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación El Tabor.

Tr	P _{max24h} (mm)	Tr	P _{max24h} (mm)
2.33	66.3	50	111.0
5	78.7	100	120.4
10	88.8	200	129.8
15	94.5	500	142.1
25	101.6	1000	151.4

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 40: Precipitación Máxima en 24 horas estimada en la Estación Villalobos tv.

Tr	P _{max24h} (mm)	Tr	P _{max24h} (mm)
2.33	62.8	50	112.6
5	76.6	100	123.1
10	87.8	200	133.5
15	94.2	500	147.3
25	102.1	1000	157.7

Fuente: Geocing S.A.S.

11.6.1 Curvas PDF e IDF

Aplicando la metodología expuesta atrás, se establecieron las curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) y sus correspondientes de Intensidad

– Duración – Frecuencia (IDF). La metodología se aplicó para cada una de las estaciones representativas que corresponden a las cuencas del municipio de Acevedo, obteniendo los resultados que se presentan en la Tabla 41 a la Tabla 52.

Tabla 41: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación San Adolfo.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	10.1	18.5	23.5	31.9	36.9	40.4	48.8	79.1
5	12.1	22.3	28.3	38.5	44.4	48.7	58.9	95.4
10	13.5	24.8	31.5	42.8	49.5	54.2	65.5	106.2
15	14.2	26.1	33.1	45.0	52.0	56.9	68.9	111.6
25	15.0	27.5	34.9	47.5	54.8	60.1	72.6	117.7
50	15.9	29.3	37.1	50.5	58.3	63.8	77.2	125.2
100	16.8	30.8	39.1	53.2	61.4	67.3	81.3	131.8
200	17.5	32.3	40.9	55.6	64.3	70.4	85.1	138.0
500	18.5	34.0	43.1	58.6	67.7	74.2	89.7	145.4
1000	19.1	35.2	44.6	60.7	70.1	76.8	92.9	150.6

Nota: Precipitación en mm. Fuente: Geocing S.A.S.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 42: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación San Adolfo.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	120.7	111.1	93.8	63.8	49.2	40.4	24.4	3.3
5	145.5	133.9	113.1	77.0	59.3	48.7	29.4	4.0
10	162.0	149.1	125.9	85.7	66.0	54.2	32.8	4.4
15	170.2	156.7	132.3	90.0	69.3	56.9	34.4	4.6
25	179.6	165.3	139.6	95.0	73.1	60.1	36.3	4.9
50	190.9	175.7	148.4	101.0	77.7	63.8	38.6	5.2
100	201.1	185.1	156.3	106.3	81.9	67.3	40.7	5.5
200	210.5	193.7	163.6	111.3	85.7	70.4	42.6	5.7
500	221.8	204.1	172.4	117.3	90.3	74.2	44.9	6.1
1000	229.7	211.4	178.6	121.5	93.5	76.8	46.5	6.3

Nota: Intensidad en mm/h. Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 43: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Acevedo.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	8.5	15.7	19.9	27.1	31.3	34.3	41.5	67.2
5	10.7	19.8	25.0	34.1	39.3	43.1	52.1	84.4
10	12.5	23.0	29.2	39.7	45.9	50.2	60.7	98.5
15	13.5	24.9	31.5	42.9	49.5	54.3	65.6	106.4
25	14.8	27.2	34.4	46.8	54.1	59.3	71.7	116.2
50	16.4	30.2	38.3	52.1	60.2	66.0	79.8	129.3
100	18.1	33.3	42.2	57.4	66.3	72.6	87.8	142.3
200	19.7	36.3	46.0	62.6	72.3	79.2	95.8	155.3
500	21.9	40.3	51.1	69.6	80.3	88.0	106.4	172.5
1000	23.6	43.4	55.0	74.8	86.4	94.6	114.4	185.4

Nota: Precipitación en mm. Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 44: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Acevedo.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	102.6	94.4	79.7	54.2	41.8	34.3	20.7	2.8
5	128.8	118.5	100.1	68.1	52.4	43.1	26.0	3.5
10	150.2	138.2	116.7	79.4	61.1	50.2	30.4	4.1
15	162.2	149.3	126.1	85.8	66.1	54.3	32.8	4.4
25	177.2	163.1	137.7	93.7	72.1	59.3	35.8	4.8
50	197.2	181.5	153.3	104.3	80.3	66.0	39.9	5.4
100	217.1	199.8	168.8	114.8	88.4	72.6	43.9	5.9
200	236.9	218.0	184.2	125.3	96.5	79.2	47.9	6.5
500	263.1	242.1	204.5	139.1	107.1	88.0	53.2	7.2
1000	282.8	260.3	219.9	149.6	115.2	94.6	57.2	7.7

Nota: Intensidad en mm/h. Fuente: Geocing S.A.S.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 45: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Líbano.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	7.7	14.1	17.9	24.3	28.1	30.8	37.2	60.4
5	10.0	18.4	23.3	31.7	36.6	40.1	48.5	78.6
10	11.9	21.9	27.7	37.7	43.5	47.7	57.7	93.5
15	12.9	23.8	30.2	41.1	47.5	52.0	62.9	101.9
25	14.3	26.3	33.3	45.3	52.3	57.3	69.3	112.3
50	16.0	29.5	37.4	50.9	58.8	64.4	77.9	126.2
100	17.8	32.8	41.5	56.5	65.2	71.4	86.4	140.1
200	19.6	36.0	45.6	62.0	71.7	78.5	94.9	153.8
500	21.9	40.2	51.0	69.4	80.1	87.8	106.1	172.0
1000	23.6	43.5	55.1	74.9	86.5	94.8	114.6	185.8

Nota: Precipitación en mm. Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 46: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Líbano.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	92.1	84.7	71.6	48.7	37.5	30.8	18.6	2.5
5	119.9	110.3	93.2	63.4	48.8	40.1	24.3	3.3
10	142.6	131.2	110.9	75.4	58.1	47.7	28.8	3.9
15	155.4	143.0	120.8	82.2	63.3	52.0	31.4	4.2
25	171.3	157.6	133.1	90.6	69.7	57.3	34.6	4.7
50	192.5	177.2	149.7	101.8	78.4	64.4	38.9	5.3
100	213.6	196.6	166.1	113.0	87.0	71.4	43.2	5.8
200	234.7	216.0	182.4	124.1	95.5	78.5	47.5	6.4
500	262.4	241.5	204.0	138.8	106.8	87.8	53.1	7.2
1000	283.4	260.8	220.3	149.8	115.4	94.8	57.3	7.7

Nota: Intensidad en mm/h. Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 47: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Palestina.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	7.2	13.3	16.9	23.0	26.6	29.1	35.2	57.0
5	9.3	17.1	21.7	29.5	34.0	37.3	45.1	73.1
10	10.6	19.6	24.8	33.8	39.0	42.7	51.7	83.7
15	11.3	20.8	26.4	35.9	41.5	45.4	54.9	89.0
25	12.1	22.2	28.2	38.3	44.3	48.5	58.7	95.1
50	13.0	24.0	30.4	41.3	47.7	52.3	63.2	102.4
100	13.9	25.5	32.3	44.0	50.8	55.6	67.3	109.0
200	14.6	26.9	34.1	46.4	53.6	58.7	71.0	115.1
500	15.6	28.6	36.3	49.4	57.0	62.4	75.5	122.4
1000	16.2	29.8	37.8	51.4	59.4	65.1	78.7	127.5

Nota: Precipitación en mm. Fuente: Geocing S.A.S.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 48: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Palestina.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	87.0	80.0	67.6	46.0	35.4	29.1	17.6	2.4
5	111.5	102.6	86.6	58.9	45.4	37.3	22.5	3.0
10	127.7	117.5	99.3	67.5	52.0	42.7	25.8	3.5
15	135.8	125.0	105.6	71.8	55.3	45.4	27.5	3.7
25	145.0	133.5	112.8	76.7	59.1	48.5	29.3	4.0
50	156.2	143.8	121.5	82.6	63.6	52.3	31.6	4.3
100	166.3	153.1	129.3	87.9	67.7	55.6	33.6	4.5
200	175.5	161.5	136.5	92.8	71.5	58.7	35.5	4.8
500	186.7	171.8	145.1	98.7	76.0	62.4	37.8	5.1
1000	194.5	179.0	151.2	102.9	79.2	65.1	39.3	5.3

Nota: Intensidad en mm/h. Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 49: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación El Tabor.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	8.4	15.4	19.6	26.6	30.7	33.7	40.7	66.0
5	10.0	18.3	23.2	31.6	36.5	40.0	48.3	78.3
10	11.2	20.7	26.2	35.6	41.2	45.1	54.5	88.4
15	12.0	22.0	27.9	37.9	43.8	48.0	58.0	94.0
25	12.8	23.6	30.0	40.8	47.1	51.5	62.3	101.0
50	14.0	25.8	32.7	44.5	51.4	56.3	68.1	110.5
100	15.2	28.0	35.5	48.3	55.8	61.1	73.9	119.8
200	16.4	30.2	38.3	52.1	60.1	65.9	79.6	129.1
500	18.0	33.1	41.9	57.0	65.8	72.1	87.2	141.4
1000	19.1	35.2	44.7	60.8	70.2	76.8	92.9	150.6

Nota: Precipitación en mm. Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 50: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación El Tabor.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	100.7	92.7	78.3	53.2	41.0	33.7	20.4	2.8
5	119.5	110.0	92.9	63.2	48.6	40.0	24.2	3.3
10	134.8	124.0	104.8	71.3	54.9	45.1	27.3	3.7
15	143.4	132.0	111.5	75.8	58.4	48.0	29.0	3.9
25	154.1	141.8	119.8	81.5	62.8	51.5	31.2	4.2
50	168.5	155.0	131.0	89.1	68.6	56.3	34.1	4.6
100	182.7	168.2	142.1	96.6	74.4	61.1	37.0	5.0
200	196.9	181.2	153.1	104.1	80.2	65.9	39.8	5.4
500	215.6	198.4	167.6	114.0	87.8	72.1	43.6	5.9
1000	229.8	211.5	178.6	121.5	93.6	76.8	46.5	6.3

Nota: Intensidad en mm/h. Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 51: Curvas de Precipitación – Duración – Frecuencia (PDF) de la Estación Villalobos tv.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	7.9	14.6	18.5	25.2	29.1	31.9	38.5	62.5
5	9.7	17.8	22.6	30.7	35.5	38.9	47.0	76.2
10	11.1	20.4	25.9	35.2	40.7	44.6	53.9	87.4
15	11.9	21.9	27.8	37.8	43.6	47.8	57.8	93.7
25	12.9	23.8	30.1	40.9	47.3	51.8	62.6	101.5
50	14.2	26.2	33.2	45.2	52.2	57.1	69.1	112.0
100	15.6	28.6	36.3	49.4	57.0	62.5	75.5	122.4
200	16.9	31.1	39.4	53.6	61.9	67.8	81.9	132.8
500	18.6	34.3	43.4	59.1	68.2	74.7	90.4	146.5
1000	19.9	36.7	46.5	63.3	73.1	80.0	96.8	156.8

Nota: Precipitación en mm. Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 52: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) de la Estación Villalobos tv.

Tr (años)	Duración (min)							
	5	10	15	30	45	60	120	1440
2.33	95.3	87.7	74.1	50.4	38.8	31.9	19.3	2.6
5	116.2	107.0	90.4	61.5	47.3	38.9	23.5	3.2
10	133.3	122.7	103.6	70.5	54.3	44.6	27.0	3.6
15	142.9	131.5	111.1	75.6	58.2	47.8	28.9	3.9
25	154.9	142.5	120.4	81.9	63.1	51.8	31.3	4.2
50	170.9	157.3	132.8	90.4	69.6	57.1	34.6	4.7
100	186.8	171.9	145.2	98.8	76.0	62.5	37.8	5.1
200	202.6	186.4	157.5	107.1	82.5	67.8	41.0	5.5
500	223.5	205.6	173.7	118.2	91.0	74.7	45.2	6.1
1000	239.3	220.2	186.0	126.5	97.4	80.0	48.4	6.5

Nota: Intensidad en mm/h. Fuente: Geocing S.A.S.

Las curvas PDF y/o IDF, fueron utilizadas para establecer la tormenta asociada a cada uno de los periodos de retorno involucrados en este estudio, con el fin de ser utilizada en los diferentes modelos lluvia – escorrentía que se exponen adelante, para así determinar el caudal máximo en cada punto de interés, asociado a periodos de retorno entre 2.33 y 1000 años.

11.7 CAUDALES MÁXIMOS

Los caudales máximos se establecieron a partir de los resultados anteriores, aplicando un modelo lluvia – escorrentía adecuada al tamaño del área de la cuenca de drenaje en cada punto crítico. Las cuencas menores o iguales a 2.5 Km², se saturan con facilidad antes de presentarse la tormenta de diseño; por esta razón en estos casos se aplica el modelo lluvia – escorrentía conocido como Método Racional, el cual fue deducido para estas condiciones. Dicho método se puede expresar como:

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

$$Q_{Tr} = 0.278 C I_{Tr} A$$

Dónde:

Q_{Tr} . - Caudal máximo en m³/s para un período de retorno “Tr”.

C.- Coeficiente de escorrentía adimensional

A.- Área de drenaje, en km².

I_{Tr} . - Intensidad de la lluvia en mm/h para un período de retorno “Tr” y una duración de lluvia igual al tiempo de concentración.

El coeficiente de escorrentía (C) se seleccionó de acuerdo con la cobertura y uso del suelo y la intensidad de la lluvia se obtuvo de las curvas IDF deducidas anteriormente.

Cuando en una cuenca de drenaje se tiene influencia de dos o más estaciones (de acuerdo con los polígonos de Thiessen), la intensidad de la lluvia a utilizar fue el promedio ponderado de la intensidad obtenida en cada estación, con base en las áreas de influencia de las estaciones en la cuenca bajo estudio.

La duración de la tormenta de diseño se tomó igual al tiempo de concentración de la cuenca obtenido anteriormente, adoptando como valor mínimo 15 min cuando el tiempo de concentración sea menor a este valor. Para cuencas con áreas mayores a 2.5 Km² se utilizó el modelo lluvia – escorrentía conocido como el del Hidrograma Unitario.

En consecuencia, el caudal máximo se obtuvo aplicando el hietograma de precipitación efectiva obtenido para la tormenta de diseño, al hidrograma unitario, estimado mediante el método propuesto por el U. S. Soil Conservation Service, cuyos parámetros básicos son:

$$Q_p = 0.208 A P_e / t_p$$

$$t_p = D/2 + t_r$$

$$t_r = 0.6 T_c$$

$$T_b = 2.67 t_p$$

Dónde:

Q_p : caudal pico en m³/s

A: área de la cuenca de drenaje en Km²

P_e : precipitación efectiva en mm

t_p : tiempo al pico del hidrograma unitario en h

D: duración de la tormenta de diseño en h

t_r : tiempo de retardo en h

T_c : tiempo de concentración en h

T_b : tiempo base del hidrograma

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La precipitación de la tormenta de diseño se obtuvo a partir de las curvas PDF deducidas anteriormente, considerando una duración similar a dos veces el tiempo de concentración de la cuenca.

La precipitación efectiva se estableció mediante el método del U.S. Soil Conservation Service, el cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$Pe = \frac{\left(P - \frac{5080}{N} + 50.8 \right)^2}{\left(P + \frac{20320}{N} - 203.2 \right)}$$

Dónde:

- Pe.- Precipitación efectiva en mm.
- P.- Precipitación en mm.
- N.- Número de curva.

Las precipitaciones efectivas así obtenidas se redistribuyeron en el tiempo, teniendo en cuenta la distribución propuesta por F. A. Huff⁵ para el segundo cuartil, con el 50% de probabilidad, configurando así el hietograma de precipitación efectiva que se le aplicó al hidrograma unitario con el fin de obtener los caudales máximos.

El número de curva N depende del tipo y uso del suelo; sin embargo, su valor puede incrementarse o disminuir dependiendo de la humedad existente en la cuenca antes de presentarse la tormenta de diseño; por esta razón se diferencian tres estados básicos de humedad antecedente:

- N_I. – humedad antecedente seca; es decir los suelos de la cuenca se encuentran secos y por lo tanto presentan bajo potencial de escurrimiento.
- N_{II}. – humedad antecedente promedio.
- N_{III}. – humedad antecedente saturado; los suelos de la cuenca se encuentran prácticamente saturados y por lo tanto presentan alto potencial de escurrimiento.

Las cuencas con áreas menores o iguales a 2.5 Km², se saturan con facilidad por su pequeño tamaño y por lo tanto se analizan asumiendo una humedad antecedente tipo N_{III}; es decir saturada. Por otra parte, en las cuencas con área mayor a 2.5 Km², la

⁵ F. A. Huff, "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms" Water Resources Research. Vol3, No.4 1967.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

distribución espacial de la lluvia es menos uniforme en la medida en que crece la cuenca y por lo tanto es más difícil de saturar la cuenca en la medida en que crece el área de la misma. Por lo tanto, es necesario asumir condiciones de humedad antecedente más bajas en la medida en que crece su área.

Para efectos del presente estudio, se asumió que se pueden encontrar condiciones de humedad antecedente tipo N_{II}, para cuencas con área de 250 Km². Por lo tanto, para las cuencas con áreas entre 2.5 Km² y 250 Km², se obtuvo el número de curva interpolando en función del área entre los valores N_{III} y N_{II}.

Para cuencas con área igual a 2500 Km², se consideró que la condición de humedad antecedente era muy cercana a la del tipo N_I; por lo tanto, para cuencas con área entre 250 Km² y 2500 Km², se obtuvo el número de curva interpolando en función del área entre los valores N_{II} y N_I.

11.7.1 Caudales Máximos

De acuerdo con la metodología planteada, considerando el tamaño de las cuencas medidas en los puntos críticos considerados se aplicaron los modelos lluvia – escorrentía y los números de curva (N) o coeficientes de escorrentía (C) que se indican en la Tabla 53.

Tabla 53: Modelo lluvia – escorrentía utilizado y valores de N o de C empleados.

Punto Crítico	Corriente	Área (km ²)	Modelo	N	C
1	Rio Suaza	447.14	Hidrograma Unitario	72.3	
2	Q. la guache	18.46	Hidrograma Unitario	85.9	
3	Rio Suaza	519.40	Hidrograma Unitario	71.7	
4	Q. maraiu	0.25	Método Racional		0.35
5	Rio Suaza	521.13	Hidrograma Unitario	72.1	
6	Q. la cangrejo	0.59	Método Racional		0.35
7	Rio Suaza	522.50	Hidrograma Unitario	72.3	
8	Sin nombre	0.05	Método Racional		0.35
9	Rio suaza	523.92	Hidrograma Unitario	72.6	

Fuente: Geocing S.A.S.

Para la cuenca del punto crítico 2 Los valores aparentemente altos del número de curva (N), se debe en este caso al tamaño pequeño de la cuenca y por lo tanto la condición de humedad antecedente se estimó entre las condiciones tipo N_{III} y N_{II}. Mientras que para las cuencas de los puntos críticos 3, 5, 7,9. Se estimó entre las condiciones tipo N_I y N_{II}. Al aplicar las metodologías mencionadas se obtienen los siguientes caudales máximos en cada uno de los puntos críticos considerados: Ver Tabla 54 a Tabla 62.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 54: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 1. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 1			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	4.45	50	13.94
5	6.87	100	16.15
10	8.96	200	18.39
15	10.20	500	21.41
25	11.78	1000	23.74

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 55: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 2. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 2			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	34.3	50	108.3
5	52.7	100	125.9
10	68.9	200	143.7
15	78.7	500	167.8
25	91.1	1000	186.2

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 56: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 3. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 3			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	131.1	50	464.9
5	211.7	100	540.2
10	287.7	200	615.9
15	331.5	500	718.3
25	387.8	1000	799.6

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 57: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 4. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 4			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	1.45	50	2.79
5	1.82	100	3.08
10	2.13	200	3.36
15	2.30	500	3.73
25	2.51	1000	4.01

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 58: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 5. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 5			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	134.1	50	470.9
5	215.4	100	546.3
10	293.6	200	622.1

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

PUNTO CRITICO 5			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
15	336.8	500	726.3
25	394.4	1000	807.7

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 59: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 6. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 6			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	3.11	50	5.99
5	3.91	100	6.59
10	4.56	200	7.19
15	4.92	500	7.98
25	5.38	1000	8.58

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 60: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 7. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 7			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	135.8	50	474.8
5	217.7	100	550.5
10	296.5	200	626.5
15	340.4	500	731.8
25	398.4	1000	813.5

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 61: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 8. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 8			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	0.41	50	0.78
5	0.51	100	0.86
10	0.60	200	0.94
15	0.64	500	1.04
25	0.70	1000	1.12

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 62: Caudales Máximos esperados en el Punto Crítico 9. Municipio Acevedo.

PUNTO CRITICO 9			
Tr (años)	Q (m3/s)	Tr (años)	Q (m3/s)
2.33	137.6	50	479.1
5	220.6	100	555.1
10	299.7	200	631.5
15	344.4	500	738.0
25	402.7	1000	820.1

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

12 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

De acuerdo con los análisis de las características geológicas, en el área de estudio se encuentran las siguientes unidades de suelo:

- Suelo Antrópicos, Depósitos de Escombros, *Sade*
- Suelo Antrópico, Rellenos Indiferenciados, *Sarin*
- Suelo Antrópico, Rellenos Ingenieriles, *Sari*
- Suelo Antrópico, Inestabilidad reciente, *Stir 2*
- Suelo Antrópico, Inestabilidad reciente, *Stir 1*
- Suelo Transportado Fluvial, Depósito Aluvial Activo, *Stfaa*
- Suelo Transportado fluvial, Abanico Fluviotorrencial Subreciente, *Sftaft1*
- Suelo Transportado fluvial, Abanico Fluviotorrencial Reciente, *Sftaft2*.
- Suelo Transportado fluvial, Aluvial Reciente, *Stfar*
- Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subreciente, *Sftasr*
- Roca Intermedia, Formación Gigante, *Ri-N1g*
- *Roca Dura, Granito de Altamira, Rd-J1J3ga.*

El suelo antrópico - depósito de escombros (*Sade*): Corresponde a mezclas heterogéneas de escombros de construcción, plásticos, restos de maderas, suelos, y otros, dispuestos de manera aleatoria, sin una disposición técnica. Son materiales sueltos, muy permeables, de corta extensión y dispuestos para nivelar zonas deprimidas, zonas de disposición de material estéril sin control alguno.

Suelo Antrópico, Rellenos Indiferenciados, (*Sarin*): Hace referencia a los materiales seleccionados, emplazados y compactados, para la construcción de obras civiles como parques, plazas y/o viviendas, generalmente presentan una matriz arcillo limosa, con lentes de arenas, gravas, y en ocasiones materia orgánica, embebidas en esta, de coloración habano claro a oscuro.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Suelo Antrópico, Rellenos Ingenieriles, (Sari): Son materiales seleccionados y compactados, donde se desarrolló la construcción de obras civiles como vías y andenes, del casco urbano y zonas aledañas. Este tipo de depósitos presentan espesores variables entre 0.50 y 2 m, siendo mayores, posiblemente en los sectores de rellenos en las canalizaciones realizadas en las escorrentías, que discurrían en gran parte del casco urbano. Su composición, está conformada generalmente por mezclas proporcionadas de materiales granulares y cohesivos, compactados. Presentan una matriz de textura arcillo limosa a limo arenosa.

Suelo Antrópico, Inestabilidad reciente, (Stir 2): Son materiales originados por movimientos en masa tipo deslizamientos. Sucede al costado sur de la casa de la Cultura del municipio, donde se encuentra una línea de gaviones deformados. Lo materiales son texturales limo arenosa presenta una superficie de tumultos; al parecer este proceso es contribuido por corte en la ladera para la construcción de viviendas en la parte inferior.

Suelo Antrópico, Inestabilidad reciente, (Stir 1): Son materiales originados por movimientos superficiales tipo reptación, en donde se observa deformación de la parte superficial del terreno, caracterizada por la formación de terracetas o “patevas”. Se encuentran distribuidos hacia la parte noroccidental de la zona de estudio, en zona con inclinación de ladera alta, y en terrenos donde afloran rocas de la Formación Gigante. Cuando el proceso ocurre sobre suelo residual arcillo limoso, los depósitos se encuentran principalmente conformados por una mezcla de materiales muy finos, con pequeños lentes de arenas y algunos pequeños clastos aislados, con coloraciones que van desde el gris al naranja por oxidación.

Suelo Transportado fluvial, Abanico Fluviotorrencial Subreciente, (Sftaft1): Corresponde a un depósito de abanico sobre el margen izquierda del río Suaza, cuyo material fue transportado en el cauce de la quebrada Guache en algún evento torrencial antiguo. En cortes se observa una serie de gravas de material competente, heterométricos, pero con diámetros que no sobrepasan los 15 cm. Su espesor aproximado es de 15 m según los Sondeos Mecánicos SM1 y SM2, de manera general se presenta un aumento de compacidad hacia profundidad y reporte del nivel freático a 7.5 m. En el SM2 no fue posible recuperar muestras dado la compacidad muy densa de los materiales.

Suelo Transportado fluvial, Abanico Fluviotorrencial Reciente, (Sftaft 2): Corresponde a un depósito de abanico, depositado sobre la margen derecha del río Suaza, cuya fuente proviene de la parte alta de esta margen, material transportado por un evento antiguo de inestabilidad. Se observa sobre el terreno una serie de bloques de

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

material competente, heterométricos y con diámetros mayores al metro, dispuestos de forma aleatoria, y en los cuales la matriz que los contenía, ha sido removida por Erosión.

Suelo Transportado fluvial, Aluvial Subreciente, (Sftasr): Depósito cuaternario subreciente, conformado por material transportado y depositado por la dinámica fluvial del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza alta. Este material corresponde a intercalaciones e interdigitación de lentes de: bloques, gravas, arenas y limos, con lentes de materia orgánica, en proporciones heterogéneas. Las gravas y bloques, son de composición diversa, donde encontramos gravas de rocas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias; las gravas y bloques son heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta.

Suelo Transportado fluvial, Aluvial Reciente, (Stfar): Depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial: del río Suaza, y que geomorfológicamente corresponde a una terraza baja. Corresponde a un material no consolidado, conformado por la intercalación e interdigitación de lentes irregulares de: bloques, gravas, arenas y limos, en proporciones variables. Las gravas, son de composición heterogénea, donde encontramos gravas de rocas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias; las gravas y bloques son heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta. Su espesor aproximado es de 5-8 m según el Barreno Manual BM-1, de manera general se presenta un aumento de compacidad hacia profundidad y reporte del nivel freático a 4.5 m.

Suelo Transportado Fluvial, Depósito Aluvial Activo, (Stfaa): Depósito cuaternario, conformado por material actual que es transportado, depositado y retrabajado por la dinámica fluvial del río Suaza, y de las quebradas: Guache, Manaje, y otras, que discurren principalmente por la margen izquierda del río Suaza. Su espesor aproximado es de 5 m según el Barreno Manual BM-2, de manera general se presenta un aumento de compacidad hacia profundidad y reporte del nivel freático a 4.3 m.

El material asociado a la dinámica fluvial del río Suaza corresponde a intercalaciones e interdigitación de lentes en proporciones irregulares, de bloques, gravas, arenas y limos, con lentes de materia orgánica; con gravas heterogéneas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias; heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta.

Roca Intermedia, Formación Gigante, (Ri-N1g): En los taludes realizados para la conformación de la vía que sale por el costado norte del casco urbano de Acevedo, se observa un conglomerado polimíctico, clasto soportado, en matriz limo – arenosa, y que soporta cortes a 90°. Las gravas son subredondeadas, de composición heterogénea, y la matriz cerca de la superficie, se encuentra meteorizada.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

En la Ilustración 89 se presentan los resultados de toda la investigación geotécnica utilizada, la información seleccionada para los análisis correspondientes; luego, se relaciona el programa de exploración geotécnica directo e indirecto ejecutado en el proyecto e igualmente se detallan los tipos y cantidades de ensayos de campo y laboratorio ejecutados.

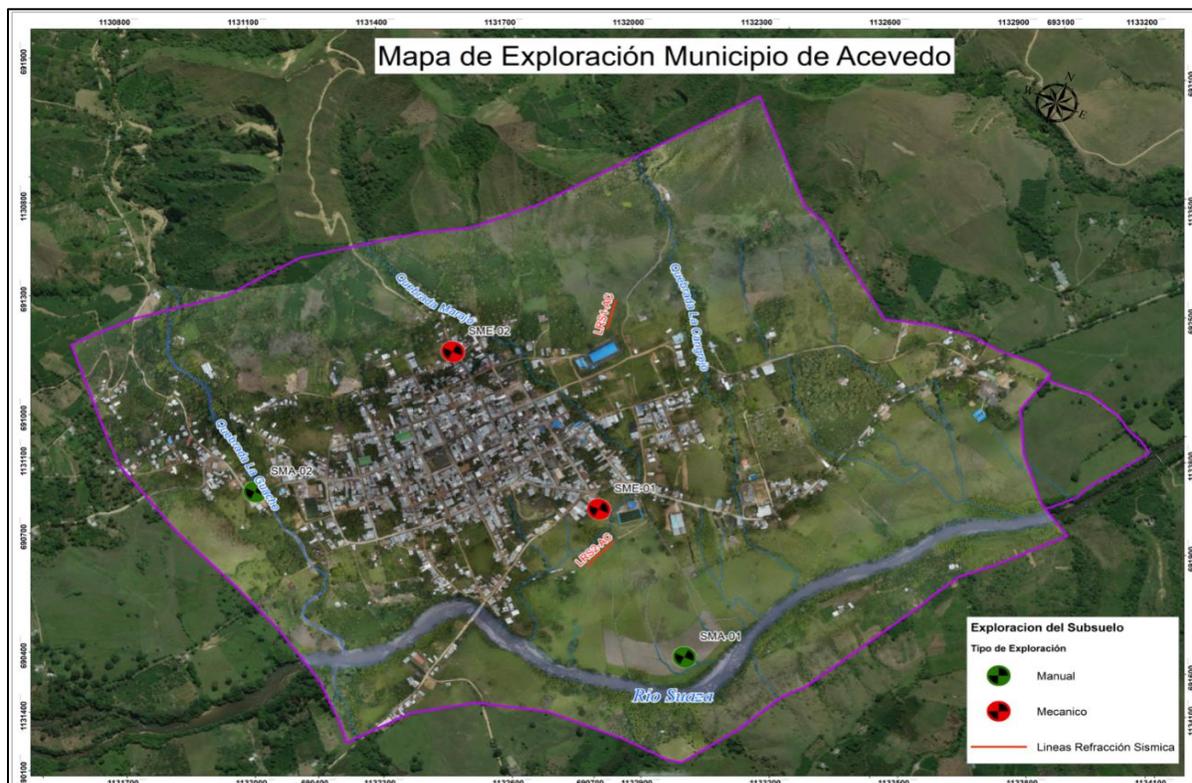


Ilustración 89 Localización Exploración Geotécnica.
Fuente: Geocing S.A.S.

12.1 EXPLORACIÓN INDIRECTA

Con el fin de conocer el perfil de suelo así como el modelo geológico-geotécnico del área de estudio, se realizaron 2 Líneas de refracción sísmicas, en la Tabla 63 se identifican por medio de coordenadas el inicio y el fin de cada línea.

Tabla 63. Coordenadas Exploración Geofísica Líneas Sísmica

Línea	INICIO		FIN		Longitud (m)
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
LRS-01	798449	692026	798444	691906	115
LRS-02	798603	691198	798629	691305	115

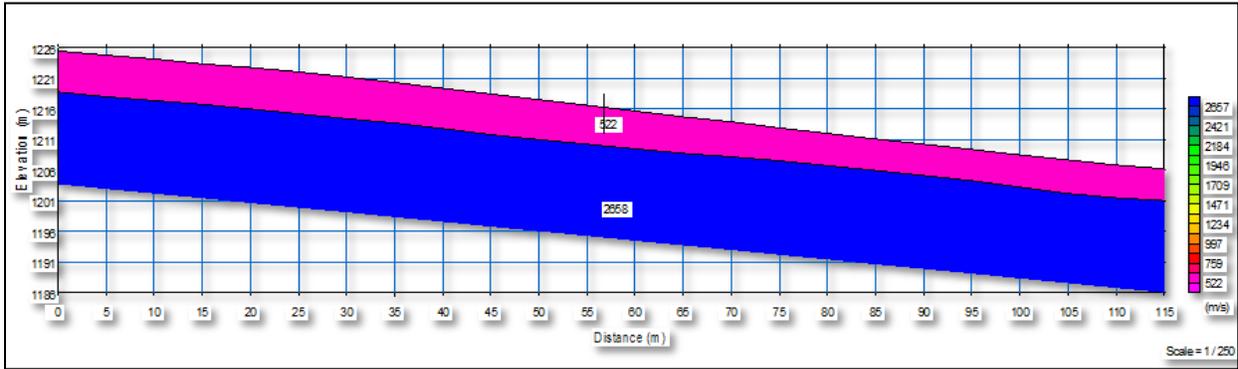
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

A continuación se presentan los resultados de la interpretación de los resultados de las Velocidad de onda de corte obtenidas para las pruebas realizadas en campo. Para el ensayo de refracción sísmica se muestran las gráficas del modelo simplificado y tomografía sísmica con sus respectivas interpretaciones. Seguido se muestran los resultados obtenidos para el MASW, de los cuales se obtiene los perfiles unidimensionales en profundidad y el perfil bidimensional (2D) del suelo, con una profundidad de investigación de 30 metros. En la Ilustración 90 se puede ver la localización del tendido de la línea sísmica LRS 01, en la Ilustración 91 se presenta el modelo simplificado de tres conjuntos de velocidades compresionales y en la Tabla 64 se presenta la clasificación de la ripabilidad según su velocidad:



**Ilustración 90 .Ubicación del tendido de la línea sísmica LRS-01.
Fuente: Geocing S.A.S.**



**Ilustración 91. Modelo Simplificado LRS-01.
Fuente: Geocing S.A.S.**

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 64. Clasificación Ripabilidad Vp L1.

Línea	Vp (m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	RIPABILIDAD
L1	522	6	0-6	Material suelto
	2558	-	6 –30	No son ripables

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Ilustración 92, se puede observar el perfil determinado por medio de la tomografía, en el cual se pueden observar tres capas de materiales las cuales su resistencia aumenta con la profundidad dado que el valor de las velocidades de ondas incrementan conforme se profundiza la velocidad de onda de corte, finalmente en la Tabla 65, se presenta el resumen del perfil para las velocidades compresionales.

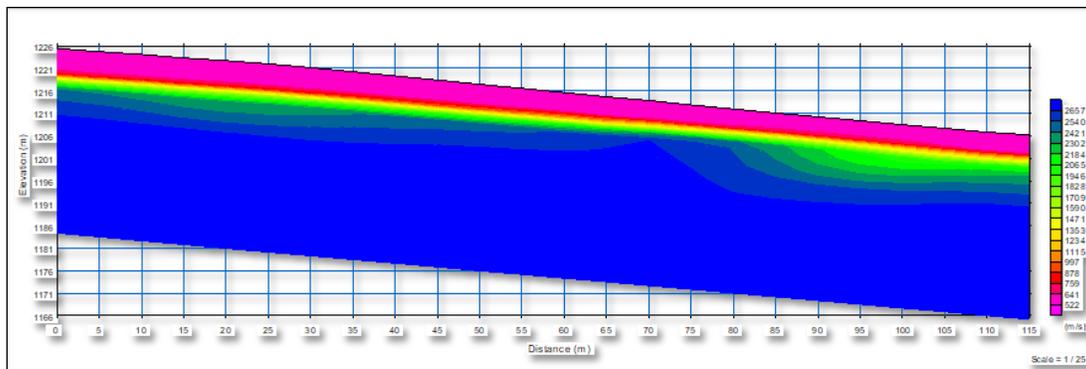


Ilustración 92. Tomografía sísmica LRS-01.

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 65. Resumen Perfil simple Vp L1.

N° Línea	Estrato	Rango de Velocidad Vp(m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Material
L1	1	522-997	5.5	0-5.5	Deposito Aluvial Nivel 1
	2	997-2302	6	5.5-11.5	Aluvial Antiguo Nivel 2
	3	2302-2657	-	11.5- 30	Abanico Aluvial Nivel 3

Fuente: Geocing S.A.S.

Por medio del ensayo de ondas superficiales MASW, se genera un perfil unidimensional para este caso la velocidad de corte promedio es de Vs 298.4 m/s, que según la norma NSR-10 clasifica el perfil de suelos como tipo D, que caracteriza a perfiles de suelos rígidos. Posteriormente en la Ilustración 93 se presenta el perfil de velocidades de onda para el perfil de suelo de la zona de análisis.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

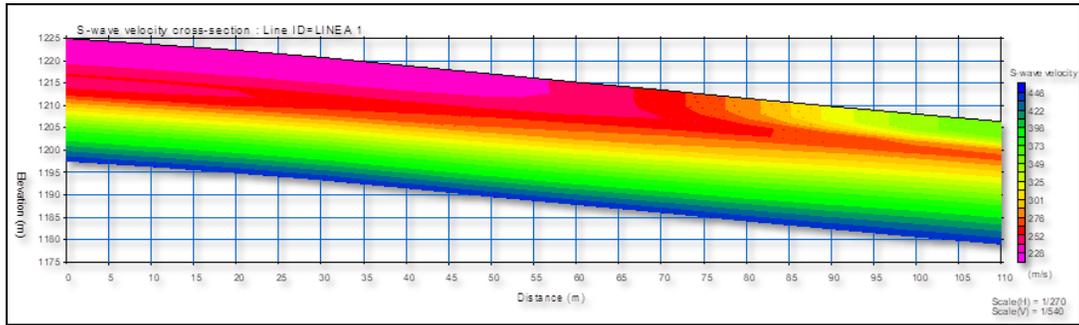


Ilustración 93 Perfil bidimensional (2D) Vs MASW-01.
Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 66. Resumen Tomografía Vs L1.

Nº Línea	Estrato	Rango de Velocidad Vs(m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Material
L1	1	228-301	15	0-15	Deposito Aluvial Nivel 1
	2	301-398	10	15-25	Aluvial Antigo Nivel 2
	3	398-446	-	25-Indefin	Abanico Aluvial Nivel 3

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Ilustración 94 se puede ver la localización del tendido de la línea sísmica LRS 02, en la Ilustración 95 se presenta el modelo simplificado de dos conjuntos de velocidades compresionales, en la Tabla 67 se presenta la clasificación de la ripabilidad según su velocidad:



Ilustración 94. Proceso de ejecución LRS-02.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

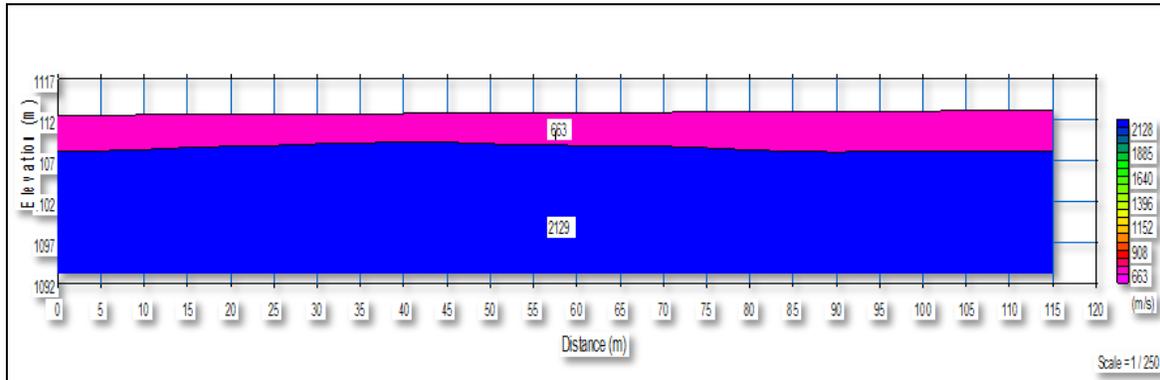


Ilustración 95. Modelo Simplificado LRS-02.
Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 67. Clasificación Ripabilidad Vp L2.

Línea	Vp (m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	RIPABILIDAD
L2	663	6	0-6	Ripado fácil
	2129	-	6-Indefinido	No son ripables

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Ilustración 96, se puede observar el perfil determinado por medio de la tomografía, en el cual se pueden observar tres capas de materiales las cuales su resistencia aumenta con la profundidad dado que el valor de las velocidades de ondas incrementan conforme se profundiza la velocidad de onda de corte, finalmente en la Tabla 68, se presenta el resumen del perfil para las velocidades.

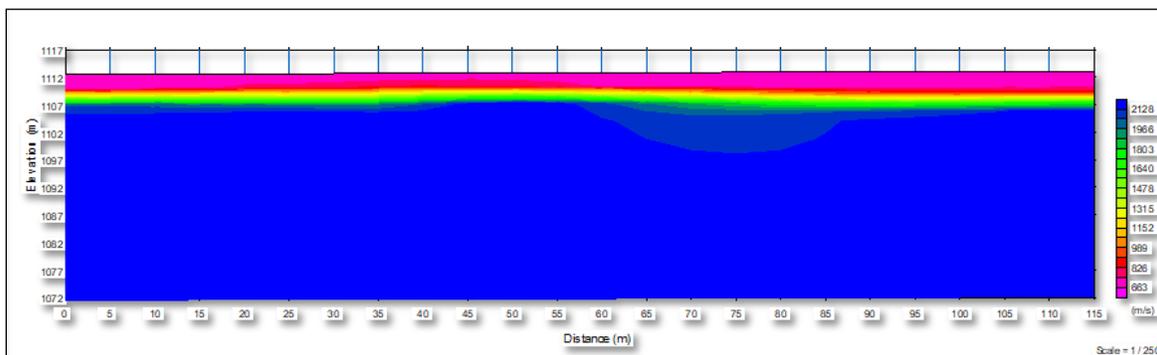


Ilustración 96. Tomografía sísmica LRS-02.
Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 68. Resumen Tomografía Sísmica Vp L2.

N° Línea	Estrato	Rango de Velocidad Vp(m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Material
L2	1	663-989	5	0-5	Deposito Aluvial Nivel 1
	2	989-1803	3	5-8	Aluvial Antiguo Nivel 2
	3	1803-2128	-	8-Indef	Abanico Aluvial Nivel 3

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo de ondas superficiales, MASW, se determina un perfil unidimensional con velocidad de onda de corte promedio V_s 418.4 m/s que según la norma NSR-10 clasifica el perfil como suelos tipo C, que caracteriza a perfiles de suelos muy densos o roca blanda como se puede ver en la Ilustración 97. En la Tabla 69 se presenta el perfil de velocidad de onda de corte registrado a lo largo del perfil de suelo.

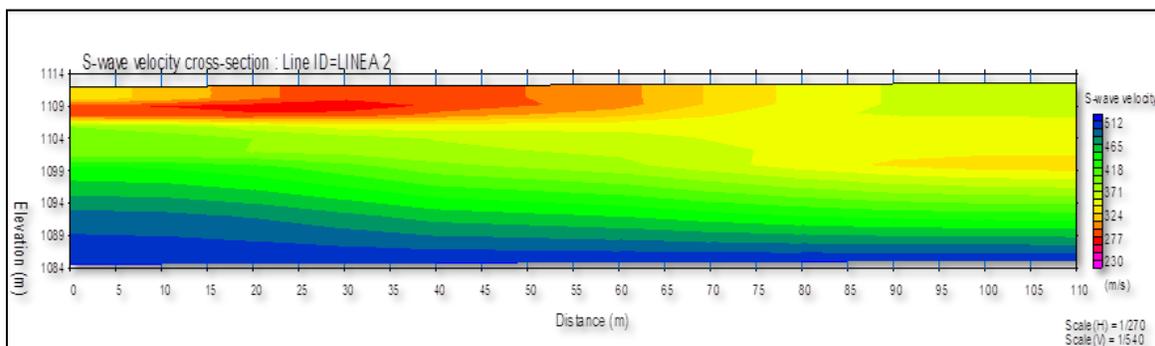


Ilustración 97. Perfil bidimensional (2D) Vs MASW-02.
Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 69. Resumen Tomografía Vs L2.

N° Línea	Estrato	Rango de Velocidad Vs(m/s)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Material
L2	1	230-324	6	0-6	Deposito Aluvial Nivel 1
	2	324-465	20	6-26	Aluvial Antiguo Nivel 2
	3	465-512	-	26-Indefin	Abanico Aluvial Nivel 3

Fuente: Geocing S.A.S.

A continuación se presenta la Tabla 70 resumen de los parámetros geotécnicos obtenidos para la clasificación de suelos a partir de V_p y V_s :

Tabla 70. Resumen de parámetros.

Línea	Capa	V_p (m/s) Promedio	V_s (m/s) Promedio	N (aprox)	E kN/m ²	G kN/m ²	K kN/m ²	Poisson	V_s (m/s) (promedio perfil)	TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
L1	1	759	265	14	11521.6	4026.9	2063.5	0.43	298.4	D	SUELOS RIGIDOS
	2	1649	350	39	54384.0	18417.6	9283.0	0.48			
	3	2479	422	63	122908.8	41381.3	20795.1	0.49			
L2	1	811	277	16	13154.4	4586.7	2347.4	0.43	418.4	C	SUELOS MUY DENSOS O ROCA BLANDA
	2	1396	394	32	38976.3	13378.1	6789.9	0.46			
	3	1965	488	48	77224.5	26318.1	13308.1	0.47			

Fuente: Geocing S.A.S.

De la Exploración geofísica realizada se concluye que la zona de estudio se caracteriza por tener un modelo simple de tres (3) capas de velocidades compresionales promedio con una velocidad promedio V_p = 298.4 m/s, asociada a materiales tipo suelos rígidos.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Para las tomografías sísmicas, se puede ver una distribución de tres capas, la primera capa entre los primeros 8 metros de profundidad, se puede describir como un depósito aluvial tipo abanico antiguo, una segunda capa con un espesor entre los 8 y 18 metros, la cual se asocia a una roca muy fracturada, por último, se presenta el contacto con una roca.

De acuerdo a los resultados arrojados por el estudio, la velocidad de corte según la norma NSR-10, para la zona de estudio tenemos una clasificación que caracteriza a perfiles de suelos muy densos o roca blanda correspondientes a un perfil de Tipo C.

12.2 EXPLORACIÓN DIRECTA

Con el fin de conocer el modelo geológico-geotécnico de la manera más aproximada, y completar el perfil geológico-geotécnico del área de estudio, se realizaron 2 Barrenos manuales hasta 5.0 m y 2 Sondeos mecánicos hasta 15.0 m de profundidad, las exploraciones directas se localizaron de tal manera que abarcaran y representaran las condiciones geotécnicas y geomecánicas generales del perfil de suelo del área de estudio. La ubicación de cada una de las exploraciones se muestra en la Tabla 71.

Tabla 71 Localización de la exploración directa.

ENSAYO	PROF. (m)	NORTE	ESTE
BM1	5	199232.16 m N	401734.04 m E
BM2	5	199183.10 m N	400537.19 m E
SME 1	15	199512.78 m N	401360.50 m E
SME 2	15	199751.91 m N	400834.49 m E

Fuente: Geocing S.A.S.

12.2.1 Ensayos de laboratorio

A partir de la exploración directa realizada y a las muestras recuperadas se realizaron ensayos de laboratorio para conocer las características y propiedades, así como estimar los parámetros de resistencia de los tipos de materiales que constituyen el perfil de suelo del área de estudio. En el Anexo 3. Caracterización geotécnica, se presenta todos los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras recuperadas de la Exploración del subsuelo. Los ensayos de laboratorio de caracterización básica y mecánica se ejecutaron teniendo en cuenta los procedimientos de las normas INVIAS relacionados en la siguiente en la Tabla 72:

Tabla 72. Normas INVIAS para ensayos de laboratorio

Ensayo de laboratorio	Cantidad	Norma
Granulometría	9	I.N.V.E 123-07 Análisis granulométrico de suelos por tamizado

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Ensayo de laboratorio	Cantidad	Norma
Humedad natural	38	I.N.V.E 122-07 Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo agregado
Límites de Atterberg	23	I.N.V.E 125-07 Determinación del límite líquido de los suelos
		I.N.V.E 126-07 Determinación del límite plástico de los suelos
Peso Unitario	25	I.N.V.E 121-07 Determinación del peso unitario total
Corte directo	14	I.N.V.E 154-07 Determinación de la resistencia al corte por el método de corte directo
Compresión inconfiada	2	I.N.V.E 152-07 Compresión inconfiada en muestras de suelo
Cargas Puntual	7	

Fuente: Geocing S.A.S.

De manera inicial se realizaron análisis de variación de propiedades geotécnicas por cada tramo de sección de comportamiento geotécnico homogéneo, obteniendo así modelos bidimensionales parametrizados que son insumo para la caracterización geotécnica presentada en este estudio. Cabe anotar que los parámetros de resistencia se obtuvieron directamente de ensayos sobre muestras alteradas e inalteradas recuperadas y a las cuales se les realizaron ensayos de peso unitario, corte directo, resistencia a la compresión inconfiada y carga puntual. A las muestras obtenidas por medio del ensayo de penetración estándar, se les realizó ensayos de clasificación como humedad natural, límites de Atterberg y Granulometría el fin de analizar y determinar los diferentes estratos de suelo que conforman el perfil estratigráfico.

12.3 UNIDADES GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS SUPERFICIALES

Donde no fue posible recuperar muestras inalteradas, debido a las características de compacidad, se recurrió a la metodología propuesta por Álvaro Jaime González 1998” Estimativos de parámetros de resistencia a partir del SPT, con el objeto de determinar un ángulo de fricción interna efectivo y una cohesión efectiva para cada uno de los estratos. Los datos obtenidos con esta metodología son usados o descartados de acuerdo con la representatividad de sus valores en los materiales de análisis. Para aplicar la metodología de mencionada se construye una hoja de cálculo con la información de sondeos donde se realizaron ensayos SPT, y se determinan los valores de ϕ' y c' . La hoja de cálculo se puede revisar en el Anexo 3. Caracterización geotécnica. A continuación se presenta la caracterización geotécnica de cada uno de los materiales reportados en el área de estudio.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

12.3.1 Suelo Transportado fluvial, Aluvial Reciente, (Stfar)

Depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial: del río Suaza, terraza baja, son materiales sueltos no consolidados conformado por bloques, gravas, arenas y limos heterométricos. Las gravas son de composición heterogénea, donde encontramos gravas de rocas ígneas, metamórficas y algunas sedimentarias heterométricos, redondeados a subredondeados y de esfericidad media a alta. Su espesor aproximado es de 5.0 m según el Barreno Manual BM-1, de manera general se presenta un aumento de compacidad hacia profundidad y reporte del nivel freático a 4.5 m. Ver Ilustración 98.



Ilustración 98 Vista de la unidad geológica Stfar, del río Suaza. Municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

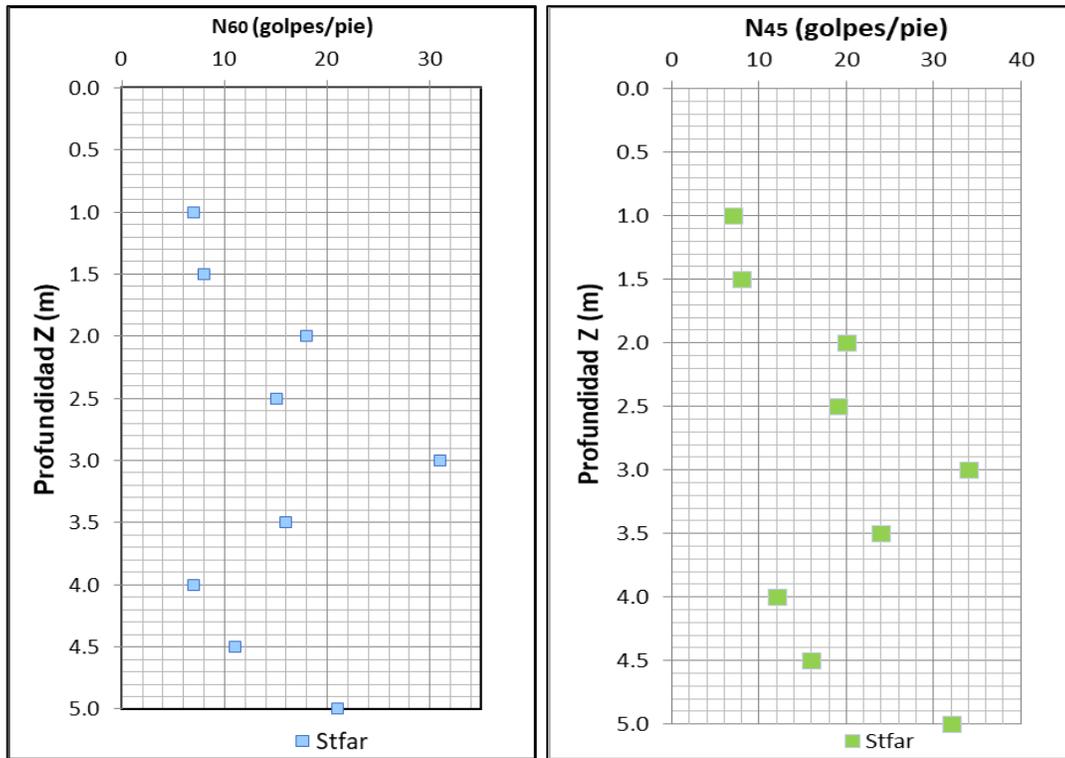


Ilustración 99 Perfil de campo, reporte de N45 con N60.
Fuente: Geocing S.A.S.

A partir de los resultados de campo se determina las características físicas del material, que corresponde a suelos grueso granulares descritos como Arena de grano fino y arcilla con gravas finas color café oscuro con vetas habano, plasticidad media con compacidad suelta a compacta conforme se avanza en profundidad, El nivel freático se reportó a 4.5 m. Lo descrito se puede apreciar en la Ilustración 99 . De acuerdo con lo que se muestra en la Ilustración 100 se observa que los materiales que componen este nivel son no plásticos, con una fracción fina de 34.8%, humedad natural promedio de 10.4%, dada que los valores están alejados la probabilidad de cualquier cambio de las condiciones de humedad no generara cambios volumétricos importantes.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

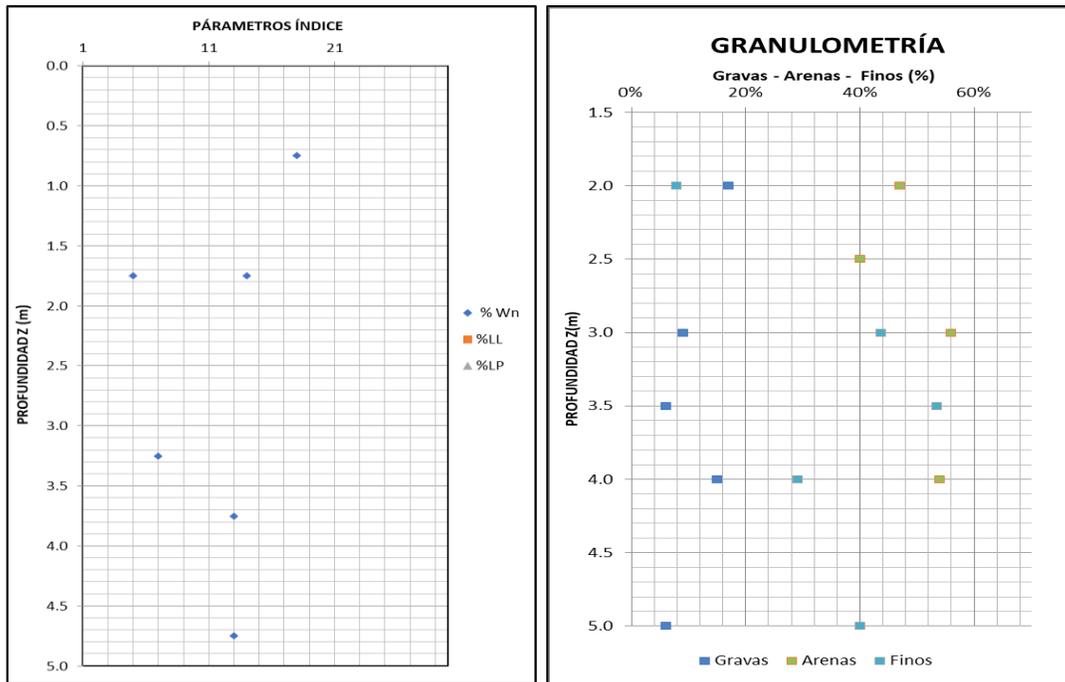


Ilustración 100 Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP y Variación granulométrica
Fuente: Geocing S.A.S.

Los resultados mostrados para los ensayos granulométricos, resaltan una composición típica de un depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial, en la cual muestra materiales grueso granulares tipo bolos, gravas embebidos en una matriz granular de arena fina café, con un porcentaje promedio de 54%, materiales grueso tipo bolos y gravas con un porcentaje promedio de 11%. Los límites de Atterberg permiten clasificar texturalmente según la USC como materiales tipo SC, con contenido de fracción fina menor con porcentaje de 35%, posteriormente en la Tabla 73, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia corte directo drenado.

Tabla 73 Parámetros de resistencia del Suelo Transportado Fluvial, Aluvial Reciente

MUESTRA				Peso Unitario			Granulometría			Límites Atterberg			USC	Corte directo Drenado	
Sondeo	Prof. prom. [m]	Nc 45	N.F (m)	Y _t [kN/m ³]	Y _d [kN/m ³]	ω _n [%]	Gravas	Arenas	Finos	LL	LP	IP		C	Ø'
							[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]			
BM1	0.75	7	-			18									
BM1	1.25	8	-										5	25.9	
BM1	1.75	20	-	19.4	17	14	17.00 %	74.80 %	7.90%	NL	NP		SC		
BM1	2.25	19	-												
BM1	1.75	34	-	17.7	16.8	5	9.00%	47.00 %	43.60 %						

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

MUESTRA				Peso Unitario			Granulometría			Límites Atterberg			USC S	Corte directo Drenado	
Sondeo	Prof. prom . [m]	Nc 45	N.F (m)	Y _t [kN/m ³]	Y _d [kN/m ³]	ω _n [%]	Grava s	Arena s	Finos	LL [%]	LP [%]	IP [%]		C [kPa]	Ø' [°]
							[%]	[%]	[%]						
BM1	3.25	24	-			7	6.00%	40.10%	53.50%						
BM1	3.75	12	-	21.3	18.9	13	15.00%	56.00%	29.00%	NL	NP		SC		
BM1	4.25	16	4.5												
BM1	4.75	32	4.5			13	6.00%	53.90%	40.10%						

Fuente: Geocing S.A.S.

Con el fin de ampliar el rango de valores que se tienen para la caracterización geotécnica, a continuación se presenta la envolvente de resistencia en la cual se determinan los esfuerzos normales y cortantes, y mediante la construcción de una regresión lineal, y es posible estimar los parámetros ϕ' y c' ; Los resultados de estos ensayos sirvieron para calcular parejas de valores, las cuales se ajustaron una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos. La Ilustración 101 muestra el resultado de la aplicación de esta metodología.

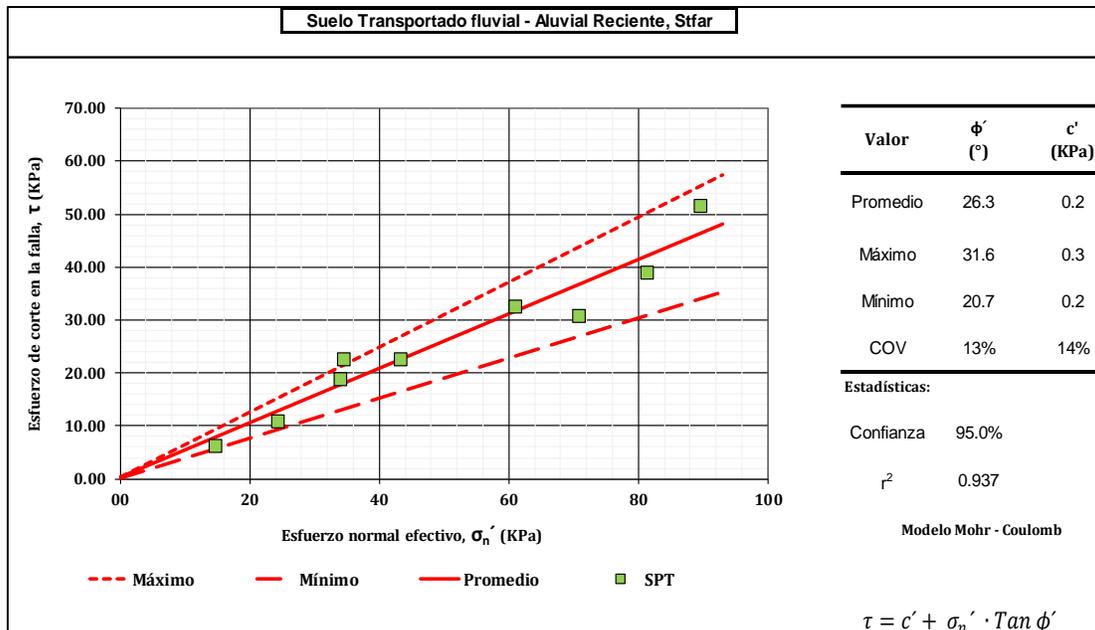


Ilustración 101 Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

12.3.2 Suelo Transportado fluvial, Abanico Fluviotorrencial Subreciente, Sftaft1

Corresponde a un depósito de abanico sobre el margen izquierda del río Suaza, cuyo material fue transportado en el cauce de la quebrada Guache en algún evento torrencial antiguo. En cortes se observa una serie de gravas de material competente, heterométricos, pero con diámetros que no sobrepasan los 15 cm. Su espesor aproximado es de 15 m según los Sondeos Mecánicos SM1 y SM2, de manera general se presenta un aumento de compacidad hacia profundidad y reporte del nivel freático a 7.5 m. En el SM2 no fue posible recuperar muestras dado la compacidad muy densa de los materiales.

Textualmente se identifican materiales descritos como arena de grano fino con presencia de gravas finas color café de compacidad densa a muy densa, y solo fue posible avanzar hasta los 15.0 m de investigación subsolar por medio de rotación y lavado con recuperación de muestras NQ. De acuerdo con la exploración geotécnica y los resultados obtenidos en los Sondeo mecánico SM1 y SM2, este material se presenta en toda la profundidad de exploración; en la LRS 02 se reporta este material con Vs variable entre 277 a 488 m/s y en la LRS 01, se reporta este material con Vs variable entre 265 a 422 m/s. (Ilustración 102)

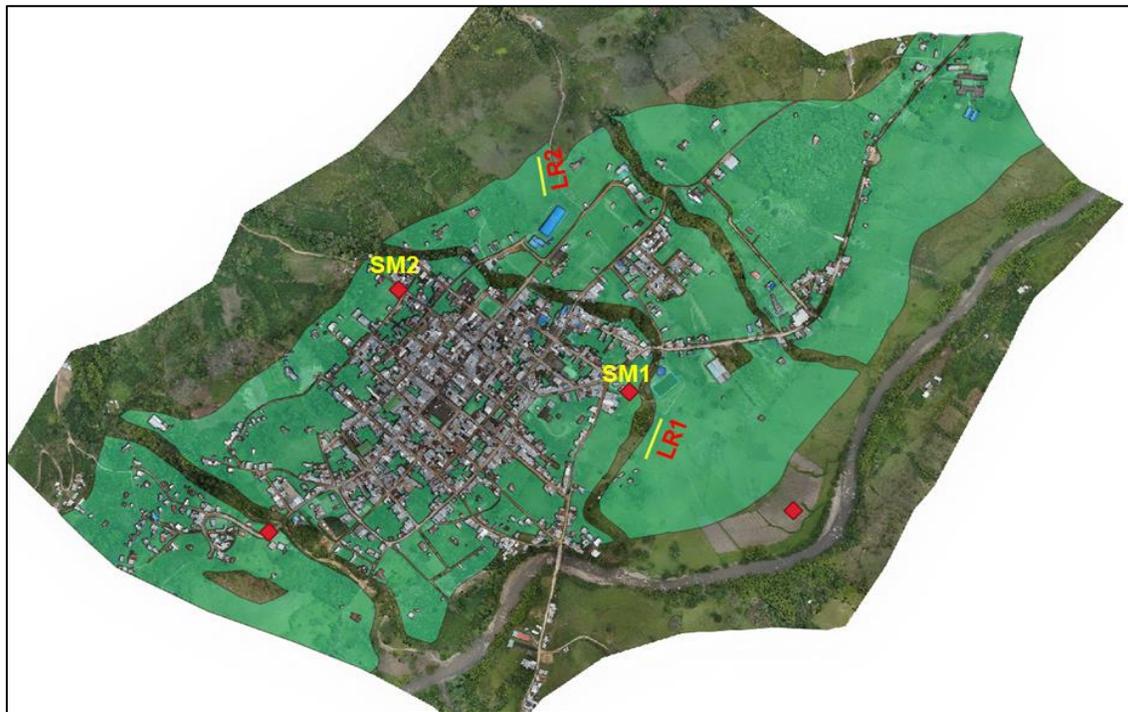


Ilustración 102 Vista de la unidad geológica Sftaft1. Municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

A partir de los resultados de campo se determina las características físicas y de resistencia del depósito en el cual se reportan Número de golpes $N_{45} > 50$ y rechazo, con recuperación de muestras tipo NQ, lo cual indica una resistencia media a alta- El nivel freático se reportó a 7.5 m. Como se puede ver en la Ilustración 103 a partir de aprox. 5.5 m comienza un depósito con homogeneidad en cuanto a compacidad de los materiales.

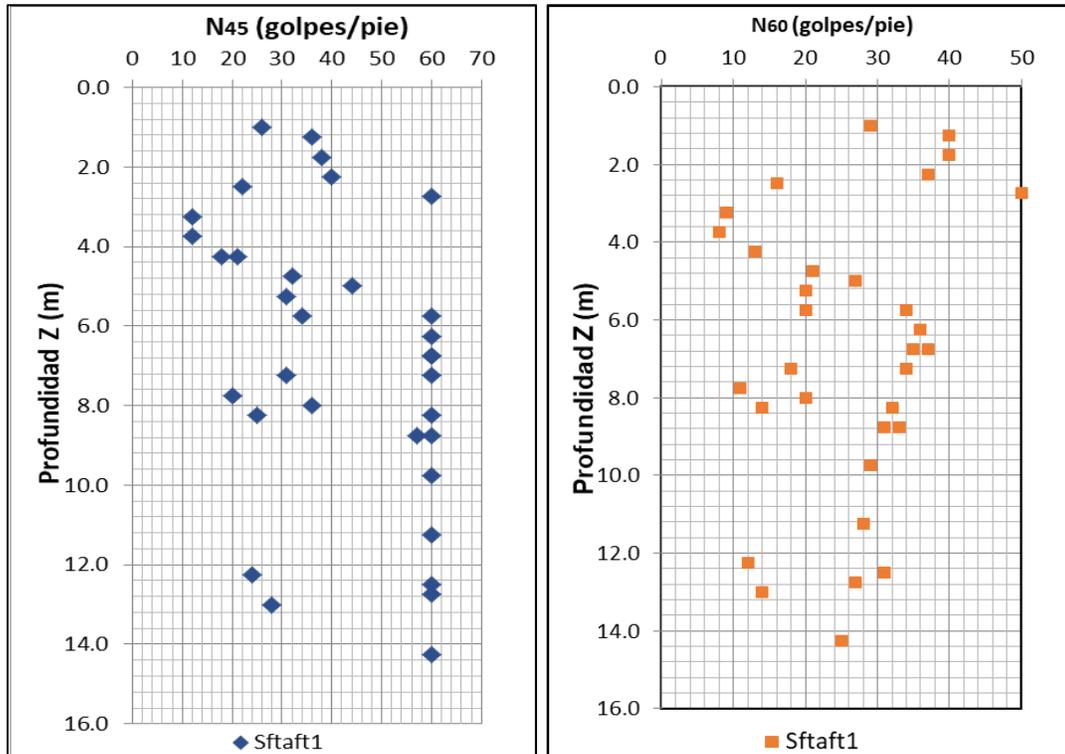


Ilustración 103 Perfil de campo, reporte de N45 con N60.
Fuente: Geocing S.A.S.

Por el tipo de materiales, que son matriz-soportados presentan plasticidad baja a nula, con valores de humedad natural oscilan en promedio de 17.7%, anotando que, los valores de humedad están cercanos de los valores del límite plástico, lo cual indica que el nivel está en estado sólido, significa además una resistencia entre media a alta, a partir de aprox. 5.5 m de profundidad de evidencia que el depósito tiene una plasticidad baja a nula. Según los resultados de granulometría se evidencia la heterogeneidad en los materiales se puede observar que los bolos y gravas se encuentran embebidos en una matriz limo-arenosa de baja plasticidad, dada la distribución granulométrica, los límites de Atterberg se clasifica texturalmente el conjunto de materiales que conforman el nivel II del abanico aluvial como SC, como se puede ver en la Ilustración 104 .

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Posteriormente se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de Corte directo drenado y Compresión inconfinaada.

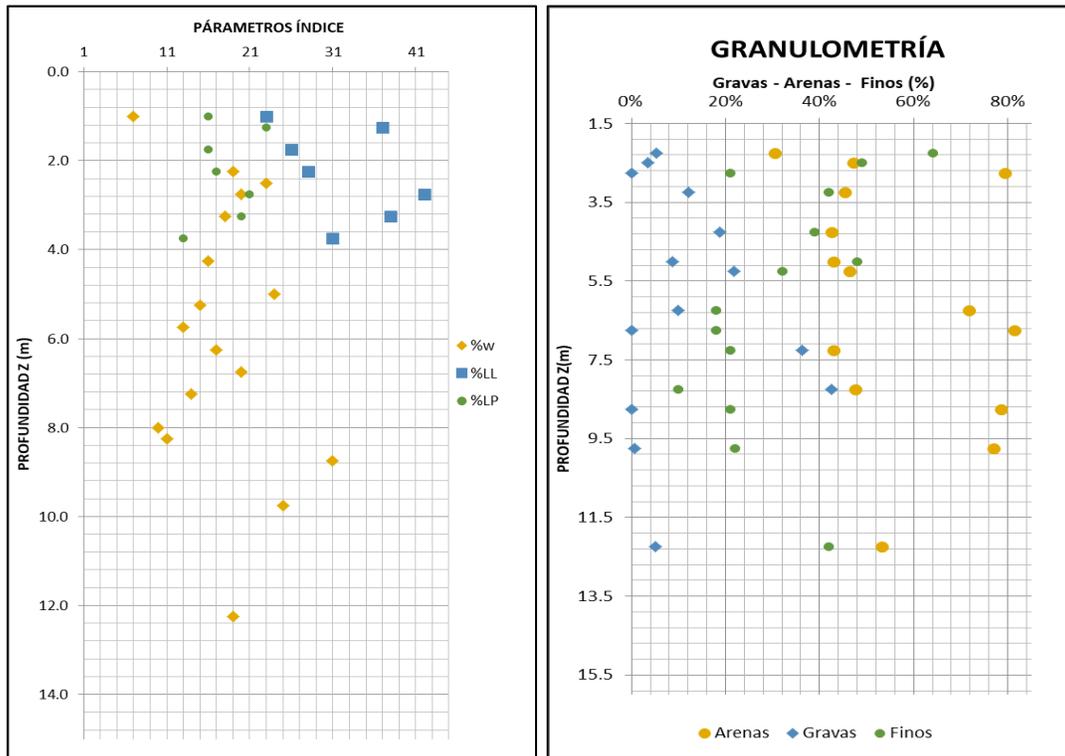


Ilustración 104 Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad
Fuente: Geocing S.A.S.

Con el fin de ampliar el rango de valores que se tienen para la caracterización geotécnica, a continuación se presenta para el estrato de Suelo residual la envolvente de resistencia en la cual se determinan los esfuerzos normales y cortantes, y mediante la construcción de una regresión lineal, y es posible estimar los parámetros ϕ' y c' de estimación con SPT de acuerdo a lo planteado en el artículo “; Los resultados de estos ensayos sirvieron para calcular parejas de valores, las cuales se ajustaron una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos. La Ilustración 104 muestra el resultado de la aplicación de esta metodología, y en la Ilustración 105 se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia de corte directo drenado que permiten la caracterización de los parámetros de resistencia de la unidad geológica. En la Tabla 74 se observan los resultados finales.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

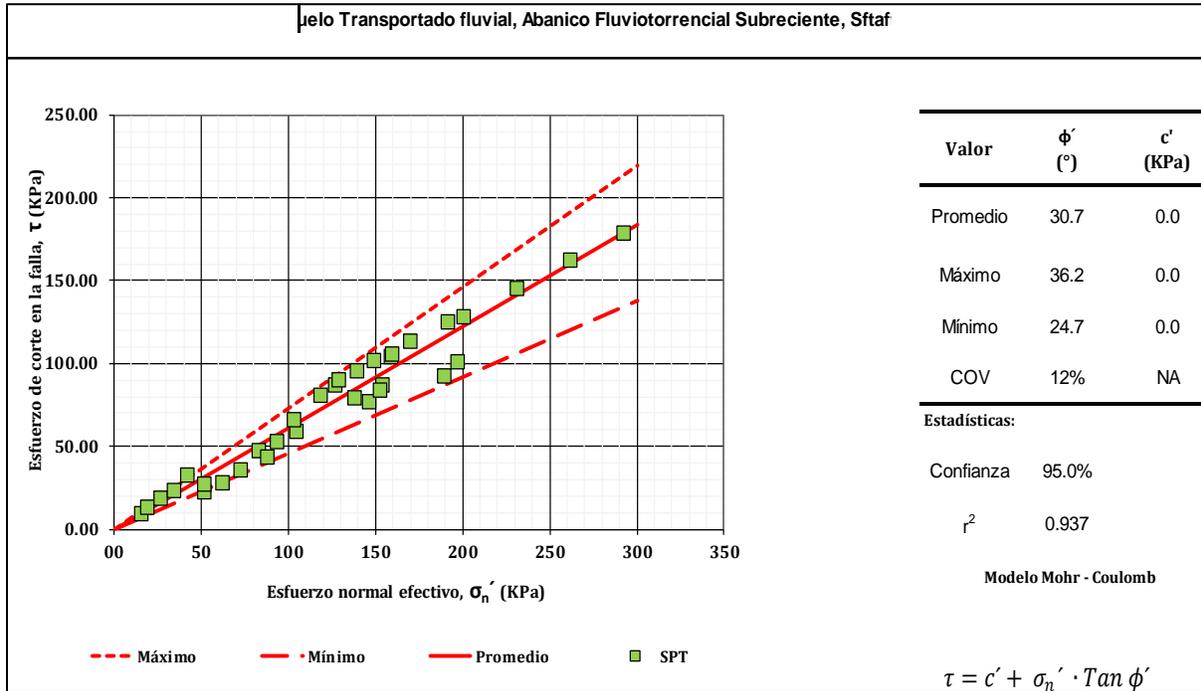


Ilustración 105 Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia
 Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 74 Parámetros de resistencia Suelo Transportado Fluvial, Abanico Fluviotorrencial Subreciente, *Sftaft1*

SONDEO	MUESTRA			Peso Unitario			Granulometría			Límites Atterberg			USCS	Corte directo Drenado	
	Prof. prom. [m]	Nc 45	N.F (m)	γ_t [kN/m³]	γ_d [kN/m³]	ω_n [%]	Gravas [%]	Arenas [%]	Finos [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]		C [kPa]	ϕ' [°]
SM1	1.00	26	-			7				23	16	7			
SM1	1.25	36	-												
SM1	1.75	38	-										5	31.1	
SM1	2.25	40	-	15.26	12.77	19	5.4%	30.4%	64.0%	37	23	14	CL		
SM1	2.75	60	-			20	0.1%	79.4%	21.0%						
SM1	3.25	12	-	21.48	18.20	18	12.2%	45.3%	42.0%	26	16	10	SC		
SM1	3.75	12	-												
SM1	4.25	18	-	20.53	17.64	16	18.7%	42.5%	39.0%	28	17	10	SC		
SM1	4.75	32	-										3	30.7	
SM1	5.25	31	-	22.24	19.34	15	21.9%	46.3%	32.0%						
SM1	5.75	34	-			13									
SM1	6.75	60	-			20	0.1%	81.5%	18.0%						
SM1	8.00	36	-	21.81	19.81	10									
SM1	7.25	31	7.5	21.92	19.16	14	36.4%	43.0%	21.0%						
SM1	7.75	20	7.5												
SM1	8.25	25	7.5			11	42.5%	47.5%	10.0%						
SM1	8.75	57	7.5												
SM1	8.75	60	7.5	18.32	13.96	31	0.0%	78.6%	21.0%	NL	NP				
SM1	12.50	60	7.5												

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

MUESTRA				Peso Unitario			Granulometría			Límites Atterberg			USCS	Corte directo Drenado	
SONDEO	Prof. prom. [m]	Nc 45	N.F (m)	γ_t [kN/m ³]	γ_d [kN/m ³]	ω_n [%]	Gravas [%]	Arenas [%]	Finos [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]		C [kPa]	ϕ' [°]
SM1	12.25	24	7.5	19.65	16.46	19	5.1%	53.3%	42.0%	42	21	21	SC		
SM1	13.00	28	7.5												
SM2	2.50	22	-	20.64	16.83	23	3.4%	47.1%	49.0%	38.0	20.0	18.0	SC	5	25.9
SM2	4.25	21	-												
SM2	5.00	44	-	20.4	16.48	24	8.8%	43.0%	48.0%	31.0	13.0	1.0	SC	4	21.9
SM2	5.75	60	-												
SM2	6.25	60	-			17	10.0%	71.8%	18.0%						
SM2	6.75	60	-												
SM2	7.25	60	-												
SM2	8.25	60	-												
SM2	9.75	60	-			25	0.6%	76.9%	22.0%						
SM2	11.25	60	-												
SM2	12.75	60	-												
SM2	14.25	60	-												

Fuente: Geocing S.A.S.

12.3.3 Suelo Transportado Fluvial, Depósito Aluvial Activo, Stfaa

Depósito cuaternario, conformado por material actual que es transportado, depositado y retrabajado por la dinámica fluvial del río Suaza, y de las quebradas: Guache, Manaje, y otras, que discurren principalmente por la margen izquierda del río Suaza. Su espesor aproximado es de 5 m según el Barreno Manual BM-2, de manera general se presenta un aumento de compacidad hacia profundidad y reporte del nivel freático a 4.3 m. La distribución espacial de la unidad geológica superficial se identifica en la Ilustración 106.

Con los resultados de campo se determina las características físicas del material, que corresponde a suelos grueso granulares descritos como arena de grano fino y arcilla con gravas finas café oscuro con vetas habano, plasticidad media de compacidad suelta a compacta conforme se avanza en profundidad, como se puede ver en la Tabla 75.



Ilustración 106 Unidad geológica Stfaa, del río Suaza. Municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo con lo que se muestra en la Ilustración 108 Se observa que los materiales tienen plasticidad media a baja, la fracción fina tiene valores de índice de plasticidad de promedio de 16%, la humedad natural promedio de 20.1%, dada la cercanía de estos valores, se debe prestar atención ya que cualquier cambio de las condiciones de humedad afectara la capa de suelo generando cambios volumétricos en el mismo, El límite líquido promedio es de 36%; este depósito es matriz-soportado ya que su porcentaje de arenas promedio es de 61%.

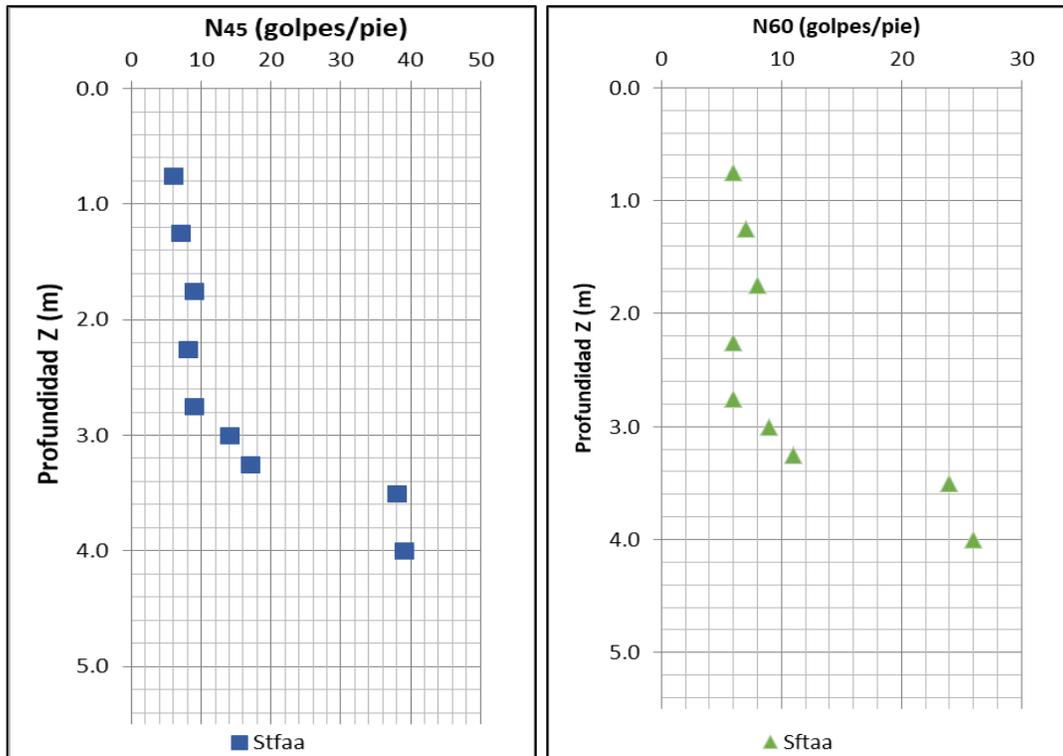


Ilustración 107 Perfil de campo, reporte de N45 con N60.
Fuente: Geocing S.A.S.

Los resultados mostrados para los ensayos granulométricos, resaltan una composición típica de un depósito cuaternario reciente, que fue transportado y depositado, por la dinámica fluvial, en la cual muestra materiales grueso granulares tipo bolos, gravas embebidos en una matriz granular de arena fina café, con un porcentaje promedio de 61%, materiales grueso tipo bolos y gravas con un porcentaje promedio de 9% los límites de Atterberg permiten clasificar texturalmente según la USC como materiales tipo SC, con contenido de fracción fina menor con porcentaje de 38%.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

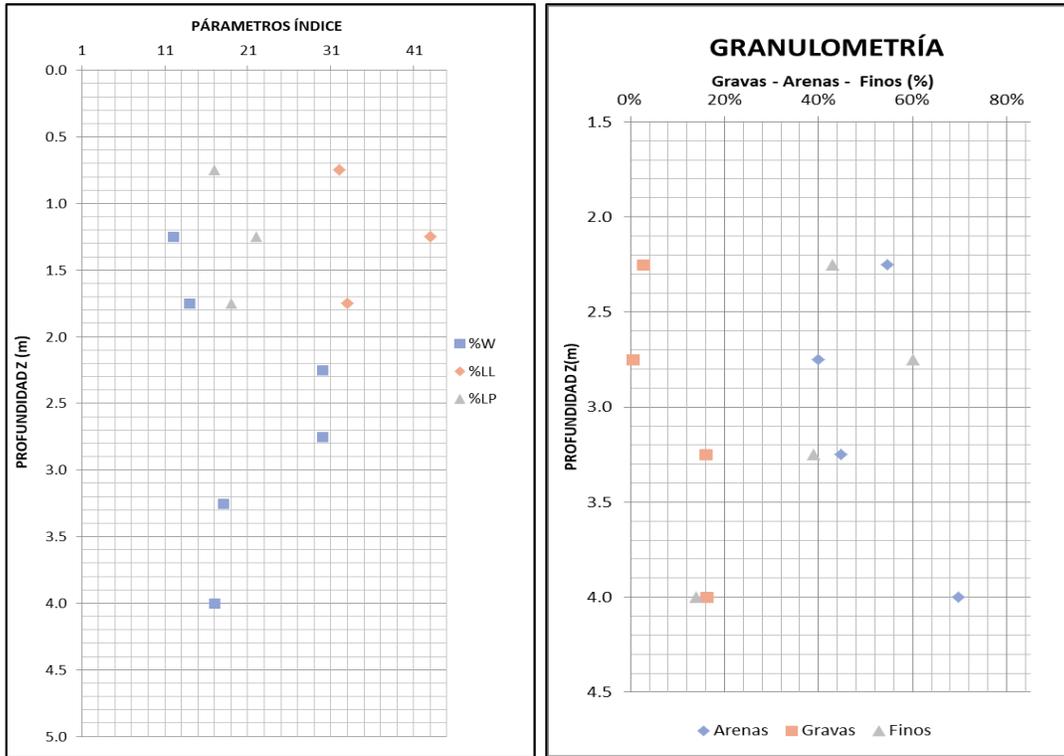


Ilustración 108 Variación de las propiedades índices Wn, LL, LP e IP y Variación granulométrica y clasificación unificada de suelos en profundidad en profundidad
Fuente: Geocing S.A.S.

En la Tabla 75, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia corte directo drenado que permiten la caracterización de los parámetros de resistencia de la unidad geológica.

Tabla 75 Parámetros de resistencia del Suelo Transportado Fluvial, Depósito Aluvial Activo

MUESTRA		Peso Unitario					Granulometría			Límites Atterberg			USC S	Corte directo Drenado	
SONDEO	Prof. prom. [m]	Nc 45	N.F (m)	Y _t [kN/m ³]	Y _d [kN/m ³]	ω _n [%]	Gravas [%]	Arenas [%]	Finos [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]		C [kPa]	φ' [°]
BM2	0.75	6	-												
BM2	1.25	7	-	21.07	18.75	12.0				32	17	15	CL		
BM2	1.75	9	-	22,43,	19.62	14.0									
BM2	2.25	8	-			30.0	3%	55%	43%	43	22	21	SC		
BM2	2.75	9	-	19.89	15.35	30.0	0%	40%	60%						
BM2	3.25	17	-	21.46	18.21	18.0	16%	45%	39%	33	19	14	SC	7	29.8
BM2	3.00	14	4.3												
BM2	3.50	38	4.3												

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

MUESTRA				Peso Unitario			Granulometría			Límites Atterberg			USC S	Corte directo Drenado	
SONDE O	Prof. prom. [m]	Nc 45	N.F (m)	Y _t [kN/m ³]	Y _d [kN/m ³]	ω _n [%]	Grava s [%]	Arena s [%]	Fino s [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]		C [kPa]	φ' [°]
BM2	4.00	39	4.3	21.90	18.74	17.0	16%	70%	14%	NL	NP				

Fuente: Geocing S.A.S.

Con el fin de ampliar el rango de valores que se tienen para la caracterización geotécnica, a continuación se presenta la envolvente de resistencia en la cual se determinan los esfuerzos normales y cortantes, y mediante la construcción de una regresión lineal, y es posible estimar los parámetros ϕ' y c' ; los resultados de estos ensayos sirvieron para calcular parejas de valores, las cuales se ajustaron una función de probabilidad normal para posteriormente hacer una regresión lineal y obtener los valores máximo, mínimo y promedio de los parámetros de resistencia efectivos. La Ilustración 109 muestra el resultado de la aplicación de esta metodología.

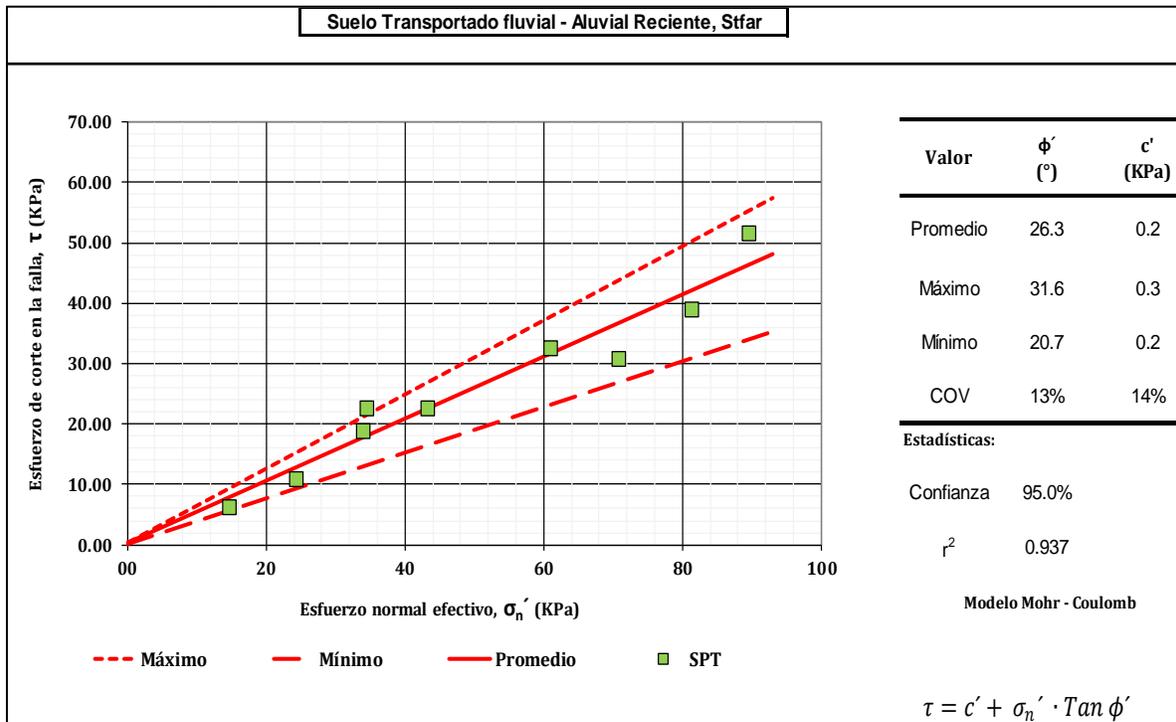


Ilustración 109 Correlación mediante el SPT para la estimación de los parámetros de resistencia

Fuente: Geocing S.A.S.

12.3.4 Formación Gigante

Desde el punto de vista de la mecánica de rocas aplicada, es difícil determinarlas propiedades mecánicas más representativas de un macizo rocoso. A nivel laboratorio existen métodos estándar para determinar la resistencia de la roca, así como los

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

módulos de elasticidad. En la descripción del macizo rocoso se toman datos cualitativos y si es posible cuantitativos.-Por ello, los métodos de caracterización tienden normalmente a obtener valores numéricos.- En este sentido, existen tablas donde se establecen clases (escalas con valores de referencia, criterios) que permiten cuantificar dichas características y obtener parámetros.- Dichos parámetros son necesarios en la clasificación Geomecánica de los macizos rocosos Parámetros del macizo rocoso (elementos que proporcionan los parámetros utilizados para definir y caracterizar el macizo en su conjunto o sus diferentes zonas):

- Número de familias de discontinuidades
- Tamaño de bloque
- Intensidad de fracturación
- Meteorización
- Resistencia

Trata este capítulo sobre el comportamiento y caracterización de macizos rocosos en lo que concierne a sus propiedades elásticas y criterios de rotura, también se dan algunas indicaciones sobre su comportamiento post-rotura en función de los últimos artículos presentados por expertos en la materia y se incluye finalmente una discusión sobre la naturaleza de los macizos rocosos en lo referente a su continuidad. Para ello se presentan las técnicas de obtención de parámetros de macizos rocosos según los trabajos desarrollados por diversos investigadores, entre los que cabe destacar principalmente a Hoek y Brown.

Para caracterizar un macizo rocoso donde se pretende insertar una excavación, se requiere conocer los parámetros básicos de la roca y de las discontinuidades así como la estructura del macizo que incluye aspectos como el número de familias de discontinuidades existentes, el espaciado medio de los planos de discontinuidad, las características geomecánicas básicas de las discontinuidades. Asimismo será necesario medir o estimar el estado tensional in-situ y en su caso las alteraciones producidas en el macizo por otras excavaciones. Desde el punto de vista de su aplicación en Ingeniería, las propiedades mecánicas de las rocas y de las discontinuidades geológicas, se pueden considerar suficientemente conocidas. Sin embargo los complejos entramados de rocas y discontinuidades que se han dado en llamar macizos rocosos, aunque se ha hecho un gran esfuerzo para investigarlos, todavía no se pueden considerar bien conocidos. Esta falta de conocimiento se debe en muchos casos a su inherente complejidad, a las dificultades de la observación de los macizos, siempre grandes, así como a la heterogeneidad que les es propia. Dentro de las carencias de conocimiento de los

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

macizos rocosos, asociadas a la complejidad de los mismos, existen distintos grados. En general, el comportamiento elástico de los macizos rocosos así como su criterio de rotura, se pueden estimar con un nivel de aproximación razonable. Esto junto con el hecho de que la mayor parte de los diseños en Ingeniería lo que pretenden es evitar que se produzca la rotura, ha dado lugar a que la investigación de lo que pasa tras la rotura haya sido mucho menor que la enfocada a evitarla. Ciertamente el comportamiento de los macizos rocosos una a vez sobrepasado su límite de resistencia tensional (criterio de rotura de pico), y que vendría en términos mecánicos marcado por el criterio de rotura residual y el potencial o regla de flujo plástico resultan por ahora insuficientemente conocido



**Ilustración 110 Vista de la Formación Gigante en el cual se identifica los niveles conglomerático infrayaciendo al nivel de arenisca habana.
Fuente: Geocing S.A.S.**



Ilustración 111 Vista de la Formación Gigante en el cual se identifican las familias de diaclasas en el nivel de arenisca.

Fuente: Geocing S.A.S.



Ilustración 112 Vista de la Formación Gigante en el cual se identifican las familias de diaclasas en el nivel de arenisca.

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 113 Vista de la Formación Gigante, niveles conglomeráticos.
Fuente: Geocing S.A.S.

Por medio de la exploración directa, se recuperaron bloques a los cuales se les practico ensayos de carga puntual, resultados con los cuales se pretende estimar la resistencia mecánica del nivel conglomerático expuesto en un tramo vial de la Formación Gigante, en la Ilustración 114 se puede visualizar la tabla de caracterización de cada uno de los parámetros de clasificación:



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

Parámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	> 10	15
Compresión simple	No aplica	0
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	< 25	3
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,06-0,2	8
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	1-3	4
Abertura (mm)	1-5	1
Rugosidad	Ondulada	1
Relleno	Relleno duro, > 5 mm	2
Alteraciones	Muy alterada	1
5 Agua freática		
Caudal por 10 m de tunel	10-25 l/min	7
Presión agua/Tensión principal mayor	0,1-0,2	7
Estado general	Ligeramente húmedo	10
Corrección por discontinuidades		
Júneles	No aplica	0
Orientaciones	Medias	-7
Aludes	Muy Favorable	0
Puntuación		52

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Angulo de rozamiento [°]
Media	III	1 semana con 5 m de vano	2-3	25-35

Foto o croquis de la estación geomecánica

Orientación de las discontinuidades en el túnel						
Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0°-20°. Cualquier dirección
Excavación con buzamiento		Excavación contra buzamiento		Buz. 45-90	Buz. 20-45	
Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable

Página 1

Ilustración 114 Clasificación geomecánica RMR, Fuente: Bieniawski, 1998 de la Formación Gigante –Nivel

Con el fin de afinar los valores de los parámetros de resistencia y caracterización del macizo rocoso se realiza el análisis para la obtención de los mismos por medio del software RocLab, de cual se obtiene la siguiente salida con los respectivos parámetros de resistencia del macizo rocoso.

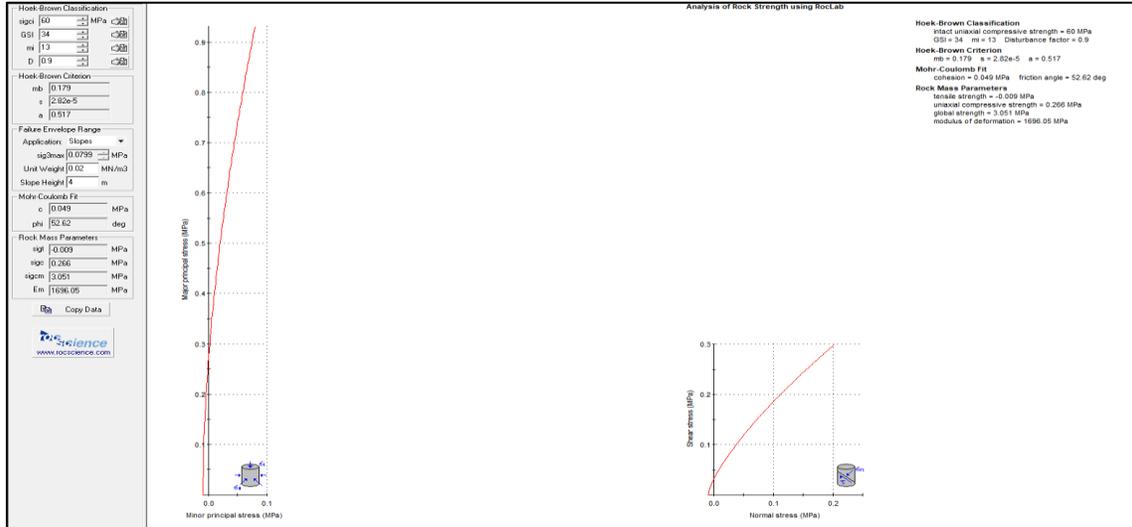


“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

Tabla 76 Parámetros de resistencia del Macizo rocoso de acuerdo con Hoek y Brown



Fuente: Hoek y Brown

Tabla 77 Parámetros de clasificación geomecánica RMR Bieniawski, 1989

1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1
Puntuación		15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD	90 %-100 %	75 %-90 %	50 %-75 %	25 %-50 %	< 25 %			
	Puntuación	20	17	13	6	3			
3	Separación entre diaclasas	> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m			
	Puntuación	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		
Corrección por la orientación de las discontinuidades									
Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables			
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12			
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25			
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60			
Clasificación									
Clase	I	II	III	IV	V				
Calidad	Muy buena	Buena	Medía	Mala	Muy mala				
Puntuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20				

Fuente: Bieniawski, 1989

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

12.4 PERFIL GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO MUNICIPIO DE ACEVEDO

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media (Tabla 78)

Tabla 78 Perfil Geotécnico del área de estudio.

Unidad Geológica	Exploración	Profundidad (m)		PARÁMETROS EFECTIVOS									
				COMPRESIÓN INCONFINADA		CORTE DIRECTO		A.J.G 1998		RocLab		Estadísticos	
				Su (kPa)	Cu (kPa)	C' (kPa)	Φ' (°)	C' (kPa)	Φ' (°)	C' (kPa)	Φ' (°)	UCS (kPa)	Φ' (°)
Stfaa	BM2	0	5	89	44.5	7	29.8	0	24.5			0	26.2
Stfapt1	SM1, SM2	0	15			4.25	27.4	0	30.7			4.24	25
Stfar	BM1	0	5			5	25.9	0.2	26.3				
Ri-Nig		>	15							30	35	60000	
Stir-1		0	2									5	20

Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media: Ver (Ilustración 115)



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

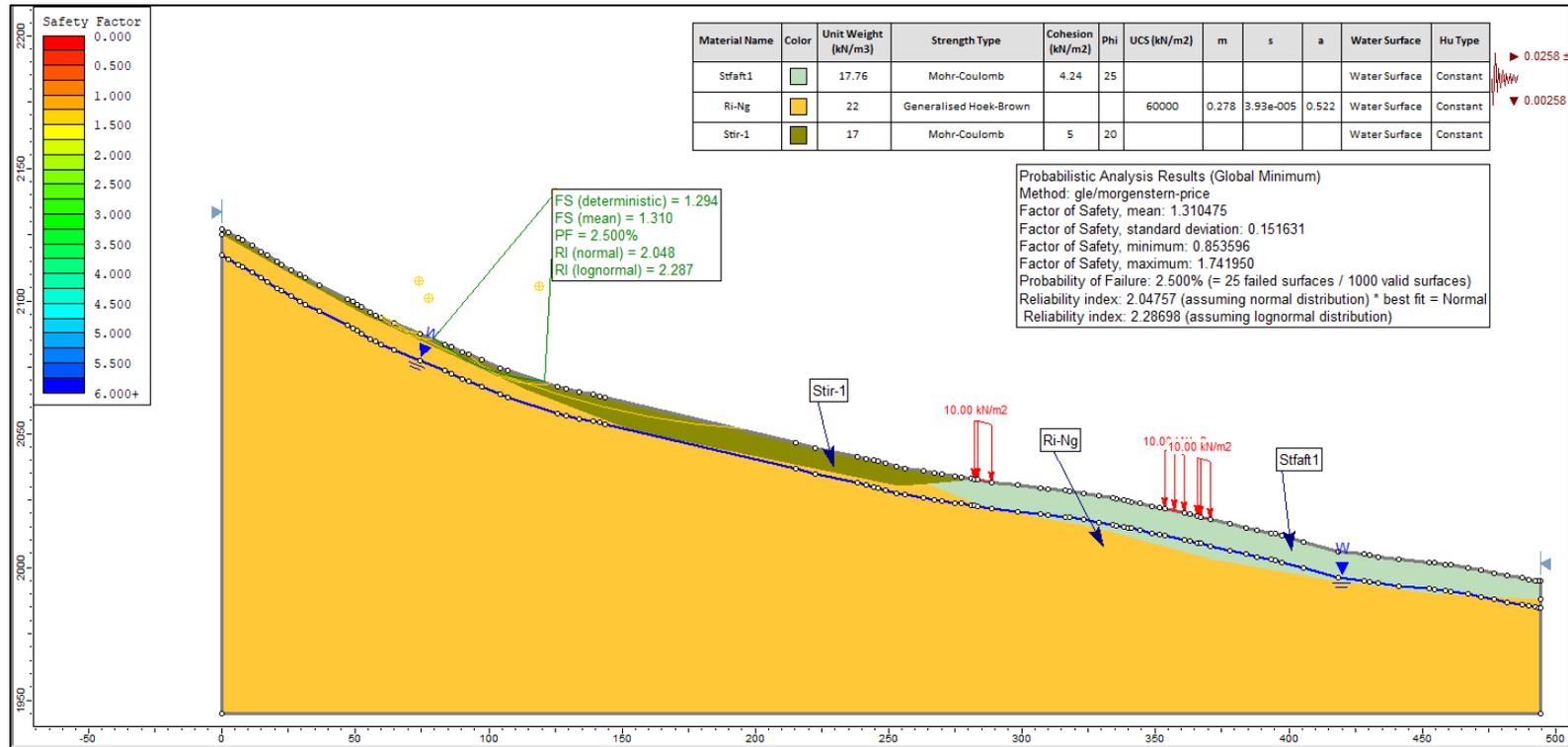


Ilustración 115 Perfil Geotécnico del área de estudio

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
 Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
 Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

13 ANÁLISIS DE AMENAZA

13.1 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa son procesos gravitacionales que generan la denudación de la corteza terrestre debido a la movilización de diferentes volúmenes de suelo y roca. Para Varnes (1978) y se clasifican de acuerdo con el tipo de movimiento y el material involucrado. En este sentido, los suelos y las rocas pueden experimentar caídas, volcamientos, deslizamientos, propagaciones laterales, flujos, reptación que son una combinación uno dos o más de los movimientos anteriormente mencionados; la clasificación se presenta a en la Tabla 79.

Aunque muchos movimientos en masa tienen causas naturales, los movimientos pequeños son resultado de las actividades humanas y podrían haber sido prevenidos o sus daños minimizados. Por consiguiente, a pesar de que no se pueden controlar en su totalidad los factores que causan que el terreno sea susceptible a los movimientos en masa, sí se podrían emplear planes o medidas que minimicen el riesgo.

Tabla 79. Tipos de movimientos en masa, de acuerdo con Varnes (1978).

TIPO DE MOVIMIENTO		TIPO DE MATERIAL ASOCIADO			
		ROCA	SUELO DE INGENIERÍA		
			Predominante Grueso	Predominante Fino	
CAIDAS		de Roca	de Detritos	de Tierra	
VOLCAMIENTOS		Volc. de Roca	de Detritos	de Tierra	
Deslizamientos	ROTACIONAL	Pocas Unidades	Hundimiento de roca	Hundimiento de Detritos	Hundimiento de Tierra
			Deslizamiento de bloques de Roca	Deslizamiento de bloques de detritos	Deslizamiento de bloques de tierra
	TRASLACIONAL	Muchas unidades	Deslizamiento de Roca	Deslizamiento de Detritos	Deslizamiento de Tierra
PROPAGACIÓN LATERAL		Roca	Detritos	Tierra	
FLUJOS		Flujo de Roca (creep profundo)	de Detritos	de Tierra	
REPTACIÓN (Creep) (áreas de gran extensión)		(creep profundo)	(creep de suelo)		
COMPUESTOS O MÚLTIPLES		Combinación de dos o más de los tipos anteriores			

Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo con González de Vallejo (1990), los niveles de amenaza por Movimientos en masa dependen de los materiales in-situ y de la energía potencial gravitatoria de las masas susceptibles en relación al lugar de interés. La susceptibilidad está controlada por factores intrínsecos (materiales, topografía, estado de esfuerzos, condiciones de drenaje,

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

cobertura vegetal, etc.) mientras que las causas o eventos detonantes pueden considerarse externos (lluvias, sismos, excavaciones, socavación, obras, etc.). Por otra parte, la energía potencial está controlada tanto por propiedades internas (el índice de fragilidad, la deformabilidad, la resistencia residual y el volumen de la masa), como por propiedades externas (la altura de posición y la posible trayectoria desde el deslizamiento hasta el punto amenazado). La Tabla 80 presenta la influencia de los factores intrínsecos y detonantes sobre la estabilidad de materiales y laderas.

Tabla 80. Influencia de los diferentes factores.

Factores		Influencias y efectos
Intrínsecos	Relieve (pendiente, geometría)	Distribución del peso del terreno
	Litología (composición y textura)	Densidad, resistencia. Comportamiento hidrogeológico.
	Estructura geológica y estado tensional.	Resistencia, deformabilidad. Comportamiento discontinuo y anisotrópico. Zonas de debilidad.
	Propiedades geomecánicas de los materiales.	Comportamiento hidrogeológico. Generación de presiones de poros.
	Deforestación	Modificación del balance hídrico. Erosión.
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad.
Detonantes	Precipitación y aportes de agua	Variación de las presiones de poros y del peso del terreno.
	Cambio en las condiciones hidrogeológicas.	Saturación de suelos (o cambios en la succión en suelos parcialmente saturados). Erosión
	Aplicación de cargas dinámicas (sismos) o estáticas (sobrecargas).	Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado de esfuerzos de la ladera. Incremento de presiones de poros.
	Cambios morfológicos y de geometría de las laderas	Variación de las fuerzas debidas al peso. Cambio en el estado de esfuerzos.
	Erosión o socavación de la pata del talud.	Cambios geométricos en la ladera. Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado de esfuerzos de la ladera.
	Acciones climáticas (heladas, sequías)	Cambio en el contenido de agua del terreno. Generación de grietas y planos de debilidad. Disminución de las propiedades resistentes.

Fuente: González de Vallejo, Ferrer, Ortuño & Otero (2002).

Los principales factores que contribuyen el desencadenamiento de movimientos en masa son el relieve, la geología, condiciones meteorológicas e, indudablemente, la acción antrópica. Por lo general el detonante es el agua lluvia.

Cuando la actividad humana se realiza sin ninguna planificación, especialmente en obras viales, explotación de minas, desarrollos urbanísticos, rellenos mal efectuados, cortes en el perfil natural de las laderas, deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas entre otros, promueve la inestabilidad en suelos que en cierta medida son vulnerables a esta clase de movimientos.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Los factores más importantes que pueden causar un deslizamiento pueden describirse así (Mora, 1990):

- Daños en la ladera, desde pequeños desplazamientos y subsidencias, pasando por agrietamientos y movimientos en masa.
- Generación de aludes, con desarrollo de altas tasas de energía cinética y el consiguiente alto poder destructivo de los elementos que se encuentren a su paso.
- Obstrucción de corrientes, con la generación de represamientos y embalses de permanencia variable, capaces de producir avalanchas mayores al liberarse.

13.1.1 Mapa de laderas

La ladera es la unidad fundamental para el estudio de amenaza por movimientos en masa. La ladera es el declive de un monte, montaña o altura, cuya pendiente es el ángulo que forma con la horizontal, de manera que, cada ladera está caracterizada por una pendiente y una orientación característica. Posteriormente, se definieron los perfiles típicos de análisis, cada uno cruza por las zonas de mayor pendiente perpendicular a las curvas de nivel y está enumerado con un ID único utilizando los insumos de Mapas de Aspecto (Ver Ilustración 116), Pendientes (Ilustración 117) y Ladera (Ilustración 118).

Una vez obtenido el mapa de laderas, fue definido un perfil característico para cada ladera, el cual cruza por las zonas de mayor pendiente, para cada perfil se planteó un modelo geológico-geotécnico, teniendo en cuenta los resultados del programa de investigación del subsuelo, las observaciones de campo, las conclusiones del estudio de geología de detalle y los parámetros de resistencia calculados. (Ilustración 119).



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

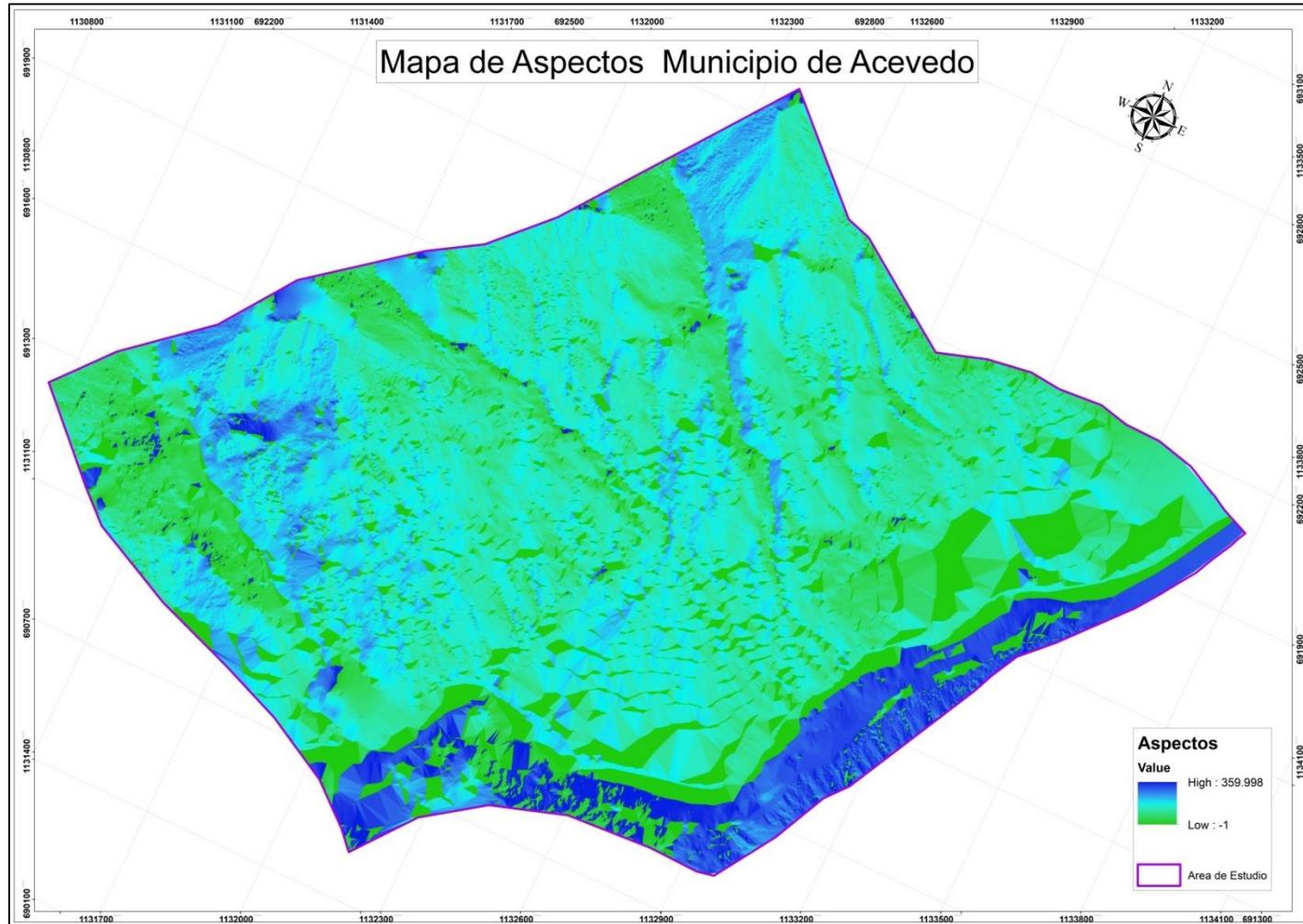


Ilustración 116. Mapa de Aspectos municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing SAS

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

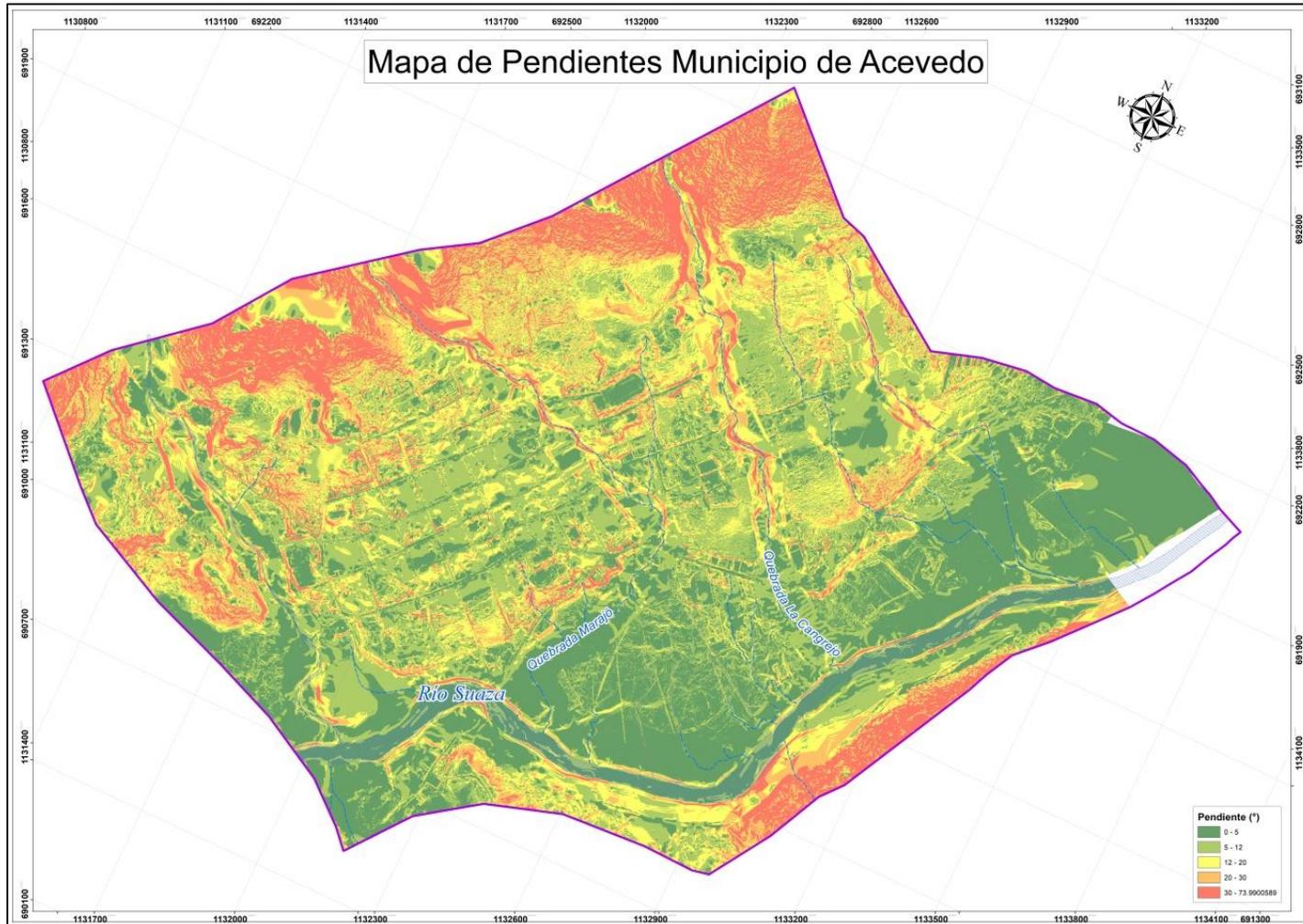


Ilustración 117. Mapa de pendientes municipio de Acevedo.

Fuente: Geocing SAS

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

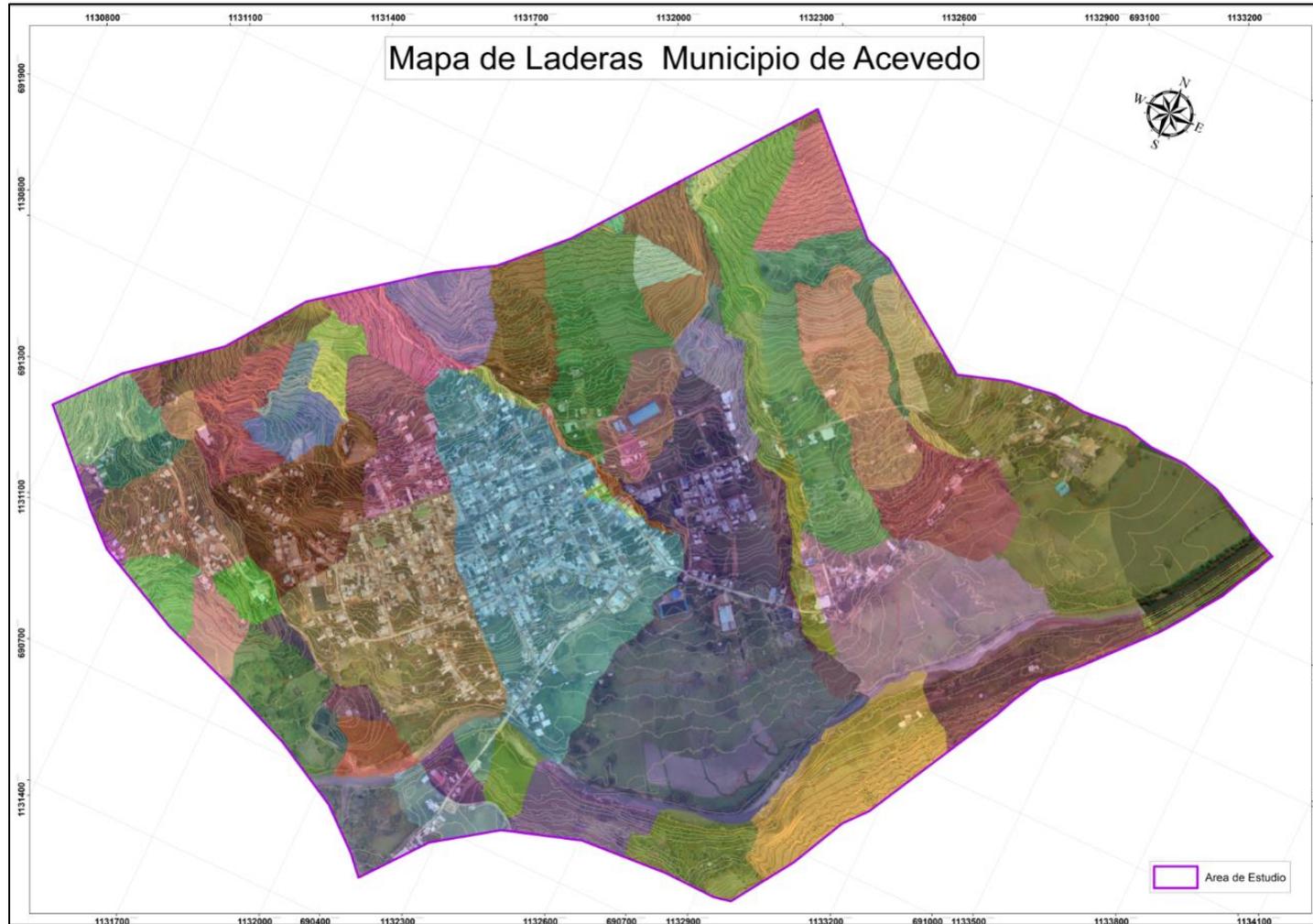


Ilustración 118. Mapa de Ladera municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

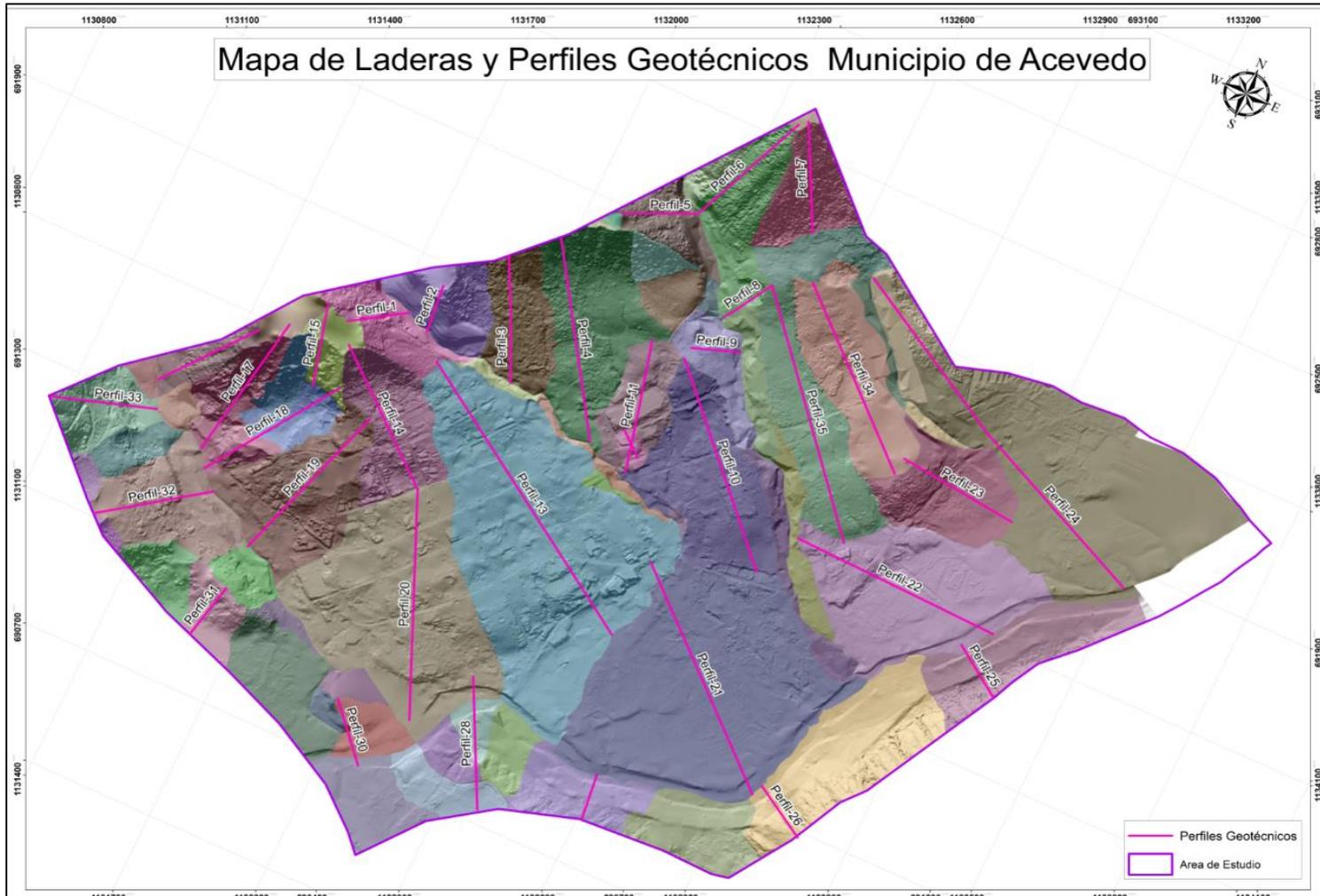


Ilustración 119 Perfiles típicos para los análisis de estabilidad, municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

De acuerdo a lo visualizado en la imagen 3D y con la información del mapa de ladera, se idéntica un relieve montañoso en la parte este del municipio formado por rocas de la Formación Gigante, en el cual se logran identificar procesos de inestabilidad superficial asociados a procesos tipo Reptación, los cuales están en algunos puntos controlar el avance de los mismos con la afectación producida por la infiltración de aguas subsuperficial y están afectando la estabilidad de los taludes de corte generados para la construcción de viviendas.

13.1.2 Análisis de Estabilidad de Taludes

El procedimiento general de análisis, el cual aplica para todas las secciones, corresponde con el siguiente:

1. Generación del modelo geológico geotécnico para cada sección con base en la exploración existente y asignación de parámetros geotécnicos a cada material del modelo con base a la Caracterización geotécnica realizada a cada uno de los materiales presentes en el área de estudio.
2. Ejecución de análisis de estabilidad bajo los diferentes escenarios de análisis para definir el grado de amenaza por movimientos en masa.
3. Visualizar las zonas de estabilidad homogénea en categoría y plasmar el mapa de amenaza de movimientos en masa, de acuerdo con las categorías Alta, Media y Baja.

Con el objetivo de elaborar el plano de amenaza por Movimientos masa, este numeral presenta los análisis de estabilidad de los taludes naturales localizados en el área de estudio. Dentro de las metodologías disponibles para los análisis de estabilidad, se encuentran los métodos de equilibrio límite, los métodos numéricos y los métodos dinámicos para el análisis de caídos de roca y flujos (Suarez, 2009).

Para efectos del presente estudio, los análisis se realizaron mediante el método de Equilibrio límite cuya teoría establece que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de falla, de manera que, la masa de suelo por encima de la línea se desplaza con respecto a la masa inferior y la estabilidad se puede evaluar como la relación entre las fuerzas y momentos actuantes y las fuerzas y momentos que se oponen al movimiento. Esta relación se denomina Factor de Seguridad (FS).

El análisis de equilibrio limite se puede realizar estudiando la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o Dentro de los métodos de análisis por dovelas se encuentran los métodos de Fellenius, Bishop, Janbu, Spencer,

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Sharma y Morgenstern-Price, sin embargo, para efectos del presente estudio se empleó el método general de equilibrio límite (*GLE – General Limit Equilibrium*). Este método considera que la resultante de las fuerzas entre dovelas (fuerzas normales y cortantes) tiene una inclinación definida por una función constante (generalmente sinusoidal) y permite calcular el Factor de Seguridad (*FS*) garantizando el equilibrio de fuerzas y momentos.

13.1.3 Análisis de Equilibrio Límite

La teoría establece que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de falla, se interpreta que la masa del terreno por encima de la línea se desplaza respecto a la masa inferior lo que genera la rotura del terreno. En el momento en que se produce la falla, la resistencia al corte a lo largo de la superficie de deslizamiento se encuentra desplazada y el terreno se encuentra por completo en un equilibrio estático (Suarez Díaz, Deslizamientos., 2009b). Mediante el análisis de equilibrio límite se obtiene un número de factor de seguridad (*FS*) el cual expresa las condiciones de estabilidad de lo actuante sobre lo resistente. Esto se considera una ventaja debido a que esta variable se emplea para conocer el factor de amenaza para que el talud falle en las condiciones extrema. Este análisis consiste en determinar la existencia de una resistencia en el suelo del talud que sea suficiente para soportar los esfuerzos cortantes que tienden a causar la falla o deslizamiento.

- **Factor de seguridad**

En general, el Factor de Seguridad se define como la relación entre las fuerzas actuantes y las fuerzas que se oponen al movimiento del material. Las fuerzas actuantes son función de los factores intrínsecos del talud, como el peso unitario del suelo o roca y la geometría del terreno, pero también dependen de los factores detonantes del movimiento, como las variaciones de la presión de poros causadas por los cambios en el nivel freático y la aceleración producida por solicitaciones sísmicas. Por otra parte, las fuerzas resistentes dependen de los parámetros de resistencia del material, definidos a partir del modelo constitutivo elegido para la modelación numérica: Mohr-Coulomb para suelos y Hoek-Brown para macizos rocosos.

En este sentido el Factor de Seguridad es una función que depende de varios parámetros, algunos de los cuales pueden ser considerados variables aleatorias y otros valores constantes, por tanto, el Factor de Seguridad se define como una variable dependiente cuya distribución de probabilidad es igual a la multiplicación de las funciones de distribución de probabilidad de las variables aleatorias $a, b \dots z$, es decir:

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

$$f(FS) = f(a) * f(b) \dots * f(z)$$

$$FS = f(a, b \dots z)$$

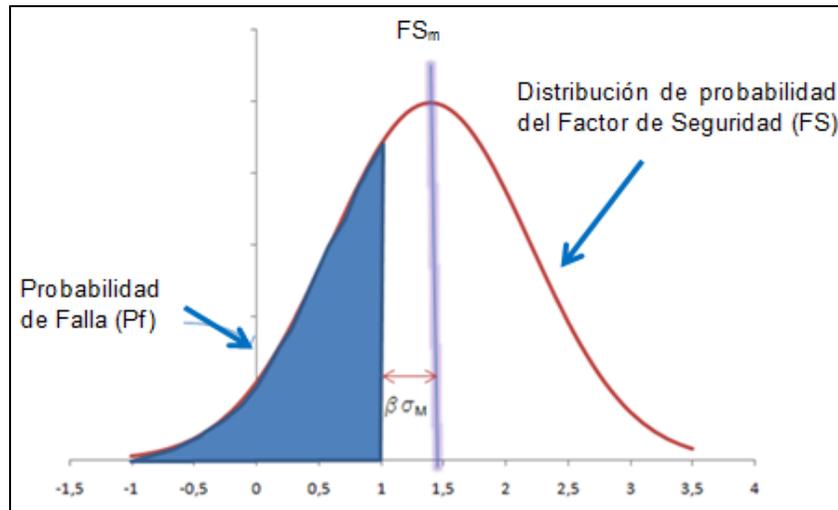


Ilustración 120 Distribución de probabilidad del Factor de Seguridad.
Fuente: Geocing SAS

Entonces la probabilidad de falla (P_f) del talud es igual a la probabilidad de que el Factor de seguridad sea menor o igual a 1 y se puede calcular como sigue:

$$P_f = P(FS \leq 1.0) = \iiint_S f(FS) dFS = \iiint_S f(a) * f(b) \dots * f(z) da db \dots dz$$

Donde S es el conjunto de todo ($a, b \dots z$) tal que $f(a, b \dots z)$ es menor o igual a 1.0.

- **FACTORES DETONANTES**

A continuación, se relacionan los factores intrínsecos y detonantes en los análisis de estabilidad:

Sismo

El sismo es un factor detonante en cuanto a que la fuerza actuante aumenta en proporción a la aceleración sísmica y la fuerza resistente disminuye a causa de las presiones de poros inducidas por el sismo, lo que en consecuencia disminuye la estabilidad del talud expresada por el factor de seguridad (Hadj-Hamou & Kavazanjian, 1985).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Dentro de la sección se evaluó la amenaza sísmica de la zona de estudio de acuerdo a lo registrado por la NSR-10. El parámetro de la aceleración horizontal y su valor calculado para un periodo de retorno de 475 años se presenta en la Tabla 81. Por lo tanto, se va a considerar el coeficiente de aceleración horizontal (K_h) para que incluya las fuerzas pseudoestáticas horizontales producto de un evento sísmico, mientras que asume que las fuerzas verticales son iguales $10\%K_h$.

Tabla 81. Parámetro de la distribución exponencial y valor de la aceleración horizontal para un periodo de retorno (T_r) de 475 años para la zona de estudio.

Parámetro (mean value)	Aa (g) Tr = 475 años
0.0258	0.30

Fuente: Geocing S.A.S.

Lluvia

Con el objetivo de simular diferentes escenarios de amenaza y observar el impacto que tiene la fluctuación del nivel freático sobre el modelo (tomado como el factor detonante principal), se realizaron diferentes simulaciones variando la altura del nivel freático. Esta recreación de múltiples situaciones que se pudieran presentar permitió visualizar el impacto que tiene la incertidumbre implícita del modelo. Se construyeron los siguientes 5 escenarios:

- Saturado: el nivel freático es igual a la altura o espesor del talud.
- Alto: el nivel freático es igual a tres cuartos veces la altura o espesor del talud.
- Medio: el nivel freático es igual a la mitad de la altura o espesor del talud.
- Bajo: el nivel freático es igual a un cuarto de la altura o espesor del talud.
- Seco: el nivel freático es igual a cero

13.1.4 Método Probabilístico De Análisis De Estabilidad De Taludes- Simulación de Montecarlo

La simulación Montecarlo asigna de forma aleatoria valores a cada variable independiente, los cuales se determinan a partir de la respectiva función de probabilidad. Cada conjunto de valores aleatorios se emplea para solucionar la ecuación que define el Factor de Seguridad. Este proceso se repite un número suficientemente grande (10.000 simulaciones = 10.000 análisis de estabilidad) para obtener la distribución de probabilidad del Factor de Seguridad.

Es importante trabajar con un buen número de simulaciones para lograr que los resultados sean válidos, el Factor de Seguridad (FS) converja hacia su verdadera

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

distribución y el error de muestreo sea el menor posible. Para su implementación se deben realizar los siguientes pasos (Bravo Mendoza & Sánchez Celis, 2012):

1. Construcción del modelo en condiciones de certidumbre plena
2. Identificación de las variables
3. Definición de las distribuciones de probabilidad de las variables aleatorias
4. Realizar la simulación
5. Análisis de resultados

El primer paso y segundo paso se desarrollaron en el numeral anterior, donde se definieron las variables independientes. En estas etapas no se consideraron incertidumbres lo que también se conoce como el planteamiento del modelo en condiciones de certidumbre plena (Bravo Mendoza & Sánchez Celis, 2012).

Una vez se han establecido las variables independientes, se incorpora la incertidumbre en la evaluación del modelo matemático. Esta inclusión se realiza con la definición de la distribución de probabilidad para cada variable estudiada, la cual describe de forma precisa el comportamiento de dichas variables (Bravo Mendoza & Sánchez Celis, 2012).

Los análisis de estabilidad desarrollados con el Programa Slide V6 son de tipo *Global mínimo*, es decir que, el análisis probabilístico se hizo sobre la superficie de falla mínima global, localizada mediante al análisis determinista de estabilidad de taludes.

Para cada talud analizado, los resultados del análisis probabilístico son la probabilidad de falla (P_f), el Factor de Seguridad medio (FS_m) y el índice de confiabilidad (IC). La probabilidad de falla (P_f) se define como la relación entre el número de análisis de estabilidad con Factor de Seguridad menor que uno ($FS < 1$) y el número total de análisis realizados, como se observa en la siguiente ecuación:

$$P_f = \frac{\text{Número análisis } FS < 1}{\text{número total de análisis realizados}} * 100\%$$

El Factor de Seguridad medio (FS_m) es el promedio de todos los Factores de Seguridad calculados para la superficie de falla mínima global. En general, el Factor de Seguridad medio debe ser cercano al Factor de Seguridad determinístico y para un gran número de análisis de estabilidad, los dos valores deben ser casi iguales (Rocscience, 2010).

El índice de confiabilidad ($RI - \text{Reliability Index}$) es un indicador del número de desviaciones estándar que separa el Factor de Seguridad medio (FS_m) del Factor de Seguridad crítico ($FS_c = 1$).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Un talud estable debe tener un índice de confiabilidad mayor o igual a tres ($RI \geq 3$). Por otra parte, un índice de confiabilidad igual a cero ($RI = 0$) indica que el Factor de Seguridad medio es igual a 1 y un índice de confiabilidad negativo significa que el Factor de Seguridad medio es menor que 1.

El Programa Slide V6, puede calcular el índice de confiabilidad asumiendo una distribución normal o log-normal de los resultados del Factor de Seguridad. Si se asume que los Factores de Seguridad están distribuidos normalmente, el índice de confiabilidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$RI = \frac{\mu_{FS} - 1}{\sigma_{FS}}$$

Donde μ_{FS} es el Factor de Seguridad medio o media de la distribución normal y σ_{FS} es la desviación estándar del Factor de Seguridad. Por otra parte, si el Factor de Seguridad está mejor ajustado a una distribución log-normal, entonces el Programa de computador emplea la siguiente Ecuación para calcular el índice de confiabilidad:

$$RI = \frac{\mu_{FS}}{\frac{1 + V^2}{\ln(1 + V^2)}}$$

Donde V es el coeficiente de variación del Factor de Seguridad, definido como la relación entre la desviación estándar y el Factor de Seguridad medio (σ_{FS}/μ_{FS})

13.1.5 Definición de las distribuciones de probabilidad de las variables Independientes

Los factores intrínsecos del terreno incluyen la geometría del talud, los parámetros de resistencia y el peso unitario de los materiales existentes. Por otra parte, los factores detonantes incluyen la variación del nivel freático en el suelo y las solicitaciones sísmicas, en términos de coeficientes de aceleración pseudoestáticas.

Altura del Nivel freático z_w (m)

En los análisis de estabilidad se consideró que la altura del nivel freático sigue una distribución de probabilidad constante; sin embargo, con el objetivo de simular diferentes escenarios de amenaza y observar el impacto de la variación del nivel freático sobre la estabilidad, se construyeron cinco escenarios de variación del nivel de agua, es decir, cinco niveles de agua, que van desde condiciones saturadas (escenario 1) hasta condiciones secas (escenario 5) (ver Tabla 82).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 82. Escenarios de variación del nivel freático.

Escenario	Nombre	Desviación
1	Saturado	σ_1
2	Alto	σ_2
3	Medio	σ_3
4	Bajo	σ_4
5	Seco	σ_5

Fuente: Geocing S.A.S.

Los valores σ_1 a σ_5 se refieren a la desviación estándar del Factor de Seguridad medio obtenido del análisis de estabilidad probabilístico hecho con el Software Slide V.6 de Rocscience.

- **Parámetros de resistencia**

De acuerdo con los análisis de variabilidad de las propiedades geotécnicas de esta zona se define el perfil geotécnico representativo junto con sus parámetros que representan la tendencia media: Ver Tabla 83.

Tabla 83 Perfil Geotécnico del área de estudio.

Unidad Geológica	Exploración	Profundidad (m)		PARÁMETROS EFECTIVOS									
				COMPRESIÓN INCONFINADA		CORTE DIRECTO		A.J.G 1998		RocLab		Estadísticos	
				Su (kPa)	Cu (kPa)	C' (kPa)	Φ' (°)	C' (kPa)	Φ' (°)	C' (kPa)	Φ' (°)	UCS (kPa)	Φ' (°)
Stfaa	BM2	0	5	89	44.5	7	29.8	0	24.5			0	26.2
Stfapt1	SM1, SM2	0	15			4.25	27.4	0	30.7			4.24	25
Stfar	BM1	0	5			5	25.9	0.2	26.3				
Ri-Nig		>	15							30	35	60000	
Stir-1		0	2									5	20

Fuente: Geocing S.A.S.

En el caso del ensayo corte directo, los valores de σ'_v (esfuerzo vertical efectivo) y (esfuerzo cortante) se tomaron directamente de los resultados de laboratorio. La Tabla 84 y la presentan los pesos unitarios y los parámetros de resistencia definidos para cada una de las unidades de suelo y roca identificadas en el área de estudio.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 84. Pesos unitarios y parámetros de resistencia asignados a las unidades de suelo.

#	Material Name	Property	Distribution	Mean	Std. Dev.	Rel. Min	Rel. Max
1	Sftaa	Phi	Normal	26.2	2	6	6
2	Sftaa	Cohesion	Normal	0	1	0	3
3	Stfapt1	Phi	Normal	25	2	6	6
4	Stfapt1	Cohesion	Normal	4.24	1	3	3
5	Ri-Ng	UCS (intact)	Normal	60000	3	9	9
6	Stir-1	Cohesion	Normal	5	1	3	3
7	Stir-1	Phi	Normal	20	2	6	6

Fuente: Geocing S.A.S.

13.1.6 Análisis de la amenaza por movimientos en masa.

Para el análisis de amenaza por movimientos en masa, previamente se realizó la identificación de laderas homogéneas, considerando aspectos fundamentales de la zona de estudio como: la geología, la geomorfología, las propiedades físicas y mecánicas de los materiales. Esta zonificación también consideró la orientación, longitud e inclinación de las laderas que conforman el casco urbano y de las laderas adyacentes que pueden presentar inestabilidad y afectar directamente el área de estudio. Para cada perfil se planteó un modelo - geológico geotécnico, teniendo en cuenta los resultados de investigación del subsuelo, las observaciones de campo, las conclusiones del estudio de geología de detalle y los parámetros de resistencia calculados. Los análisis de estabilidad para cada uno de los perfiles definidos se realizaron para los cinco escenarios de agua establecidos. La Tabla 85 presenta las probabilidades de ocurrencia para los cinco escenarios de variación del nivel freático.

Tabla 85. Probabilidad de los escenarios de análisis.

Escenario	Nombre	Probabilidad variación nivel freático	Desviación Estándar
1	Saturado	5%	σ_1
2	Alto	15%	σ_2
3	Medio	30%	σ_3
4	Bajo	25%	σ_4
5	Seco	25%	σ_5
		100%	

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Tabla 85, los valores σ_1 a σ_5 se refieren a la desviación estándar del Factor de Seguridad medio obtenido del análisis de estabilidad probabilístico hecho con el Software Slide V.6 de Rocscience. Una vez se realizados los análisis de estabilidad, para cada escenario planteado se obtuvo una sectorización del Factor de Seguridad a lo largo de cada perfil representativo, de manera que, para cada abscisa se obtuvo una probabilidad

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de falla que depende de las distribuciones de probabilidad de los factores intrínsecos y los factores detonantes previamente definidos. A su vez, la probabilidad de falla total en cada abscisa (P_f) es una combinación de las probabilidades de falla calculadas en cada escenario, como se expresa a continuación:

$$P_f = P_{f1} * P_{n1} + P_{f2} * P_{n2} + \dots + P_{f5} * P_{n5}$$

Dónde:

- $P_{f1} \dots P_{f5}$ Probabilidad de falla del talud en los escenarios 1 a 5.
- $P_{n1} \dots P_{n5}$ Probabilidad de variación del nivel freático en los escenarios 1 a 5.
- $\sigma_1 \dots \sigma_5$ Desviación estándar del Factor de Seguridad medio, para los escenarios 1 a 5.

13.1.7 Categorización de la Amenaza.

Realizados los análisis de estabilidad y obtenida la probabilidad de falla total para las abscisas de cada perfil representativo, se dibujó el mapa de amenaza por movimientos en masa de acuerdo con la categorización que se presenta en la Tabla 86. La generación del mapa se realizó uniando zonas de amenaza de igual categoría, teniendo en cuenta la topografía de la zona, la geología, los procesos morfodinámicos existentes, las observaciones de campo, las distancias de viaje y las zonas de transición que deben existir entre cada una de las categorías, de acuerdo con los resultados del análisis de estabilidad de taludes.

Tabla 86. Categorización propuesta para la amenaza por movimientos en masa por la consultoría.

Categoría	Probabilidad	Rango de Frecuencia (1/año)	Probabilidad de falla anual del proceso $P(Dz)_1$	Significado
Amenaza	Relativa			
Alta	Casi Seguro	>1/20	>5%	El movimiento en masa puede ser inminente, con un periodo de retorno menor a 20 años.
(A)	Probable	1/100 – 1/20	1% - 5%	Debe esperarse que ocurra un movimiento en masa dentro del tiempo de vida de una persona (periodos de retorno entre 20 y 100 años).
Media		1/225 -1/100	0.44% - 1%	La ocurrencia de un movimiento en masa durante el término de un tiempo de vida es poco probable, pero es posible que ocurra bajo condiciones adversas. Su probabilidad de ocurrencia acumulada de 20% en un periodo de diseño de 50 años, según la NSR-2010.
(M)	Posible			

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	Raro	1/475 –/225	0.21% - 0.44%	El evento puede ocurrir siempre y cuando se presenten condiciones muy adversas. La probabilidad de ocurrencia acumulada del evento está entre el 10% y el 20% en un período de diseño de 50 años.
Baja	Improbable	<1/475	<0.21%	El evento puede ser concebible pero únicamente bajo circunstancias excepcionales. Límite de probabilidad de excedencia del sismo de diseño para edificaciones según la NSR-2010. La probabilidad de ocurrencia acumulada del evento es menor al 10% en un período de diseño de 50 años.
(B)				

Fuente: Geocing S.A.S.

13.1.8 Resultados de los Análisis de Estabilidad.

Este numeral presenta los resultados de los análisis de estabilidad, las probabilidades de falla y la categorización de amenaza para los perfiles representativos definidos, de forma ilustrativa, se hace énfasis en los cálculos desarrollados para el perfil P10, pero los procedimientos aquí explicados son similares para los demás perfiles evaluados y pueden consultarse en el Anexo 4. Amenaza. La Ilustración 121 muestra el modelo geológico-geotécnico planteado para el análisis del perfil P10, las solicitaciones impuestas a la superficie del terreno son de tipo estático y corresponden a las cargas ejercidas por las viviendas y vías terciarias existentes.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

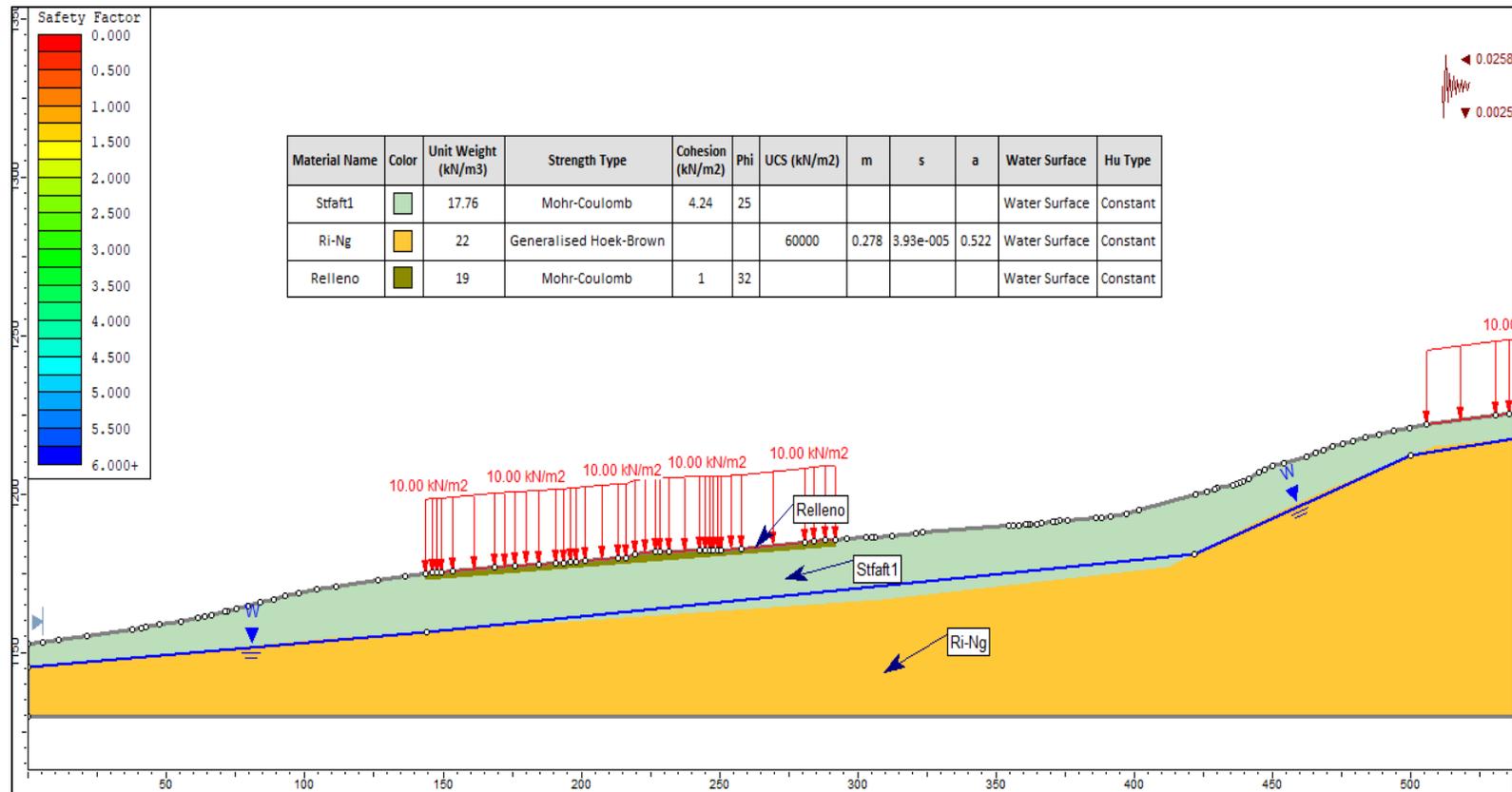


Ilustración 121. Modelo geológico – geotécnico para el perfil representativo P10.
Fuente: Geocing S.A.S.

De la Ilustración 122 a la Ilustración 126 se presentan los resultados del análisis de estabilidad probabilístico para los cinco escenarios planteados, en ellas se observa, el Factor de Seguridad (FS) calculado, la probabilidad de falla (P_f) y el índice de confiabilidad (RI).

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

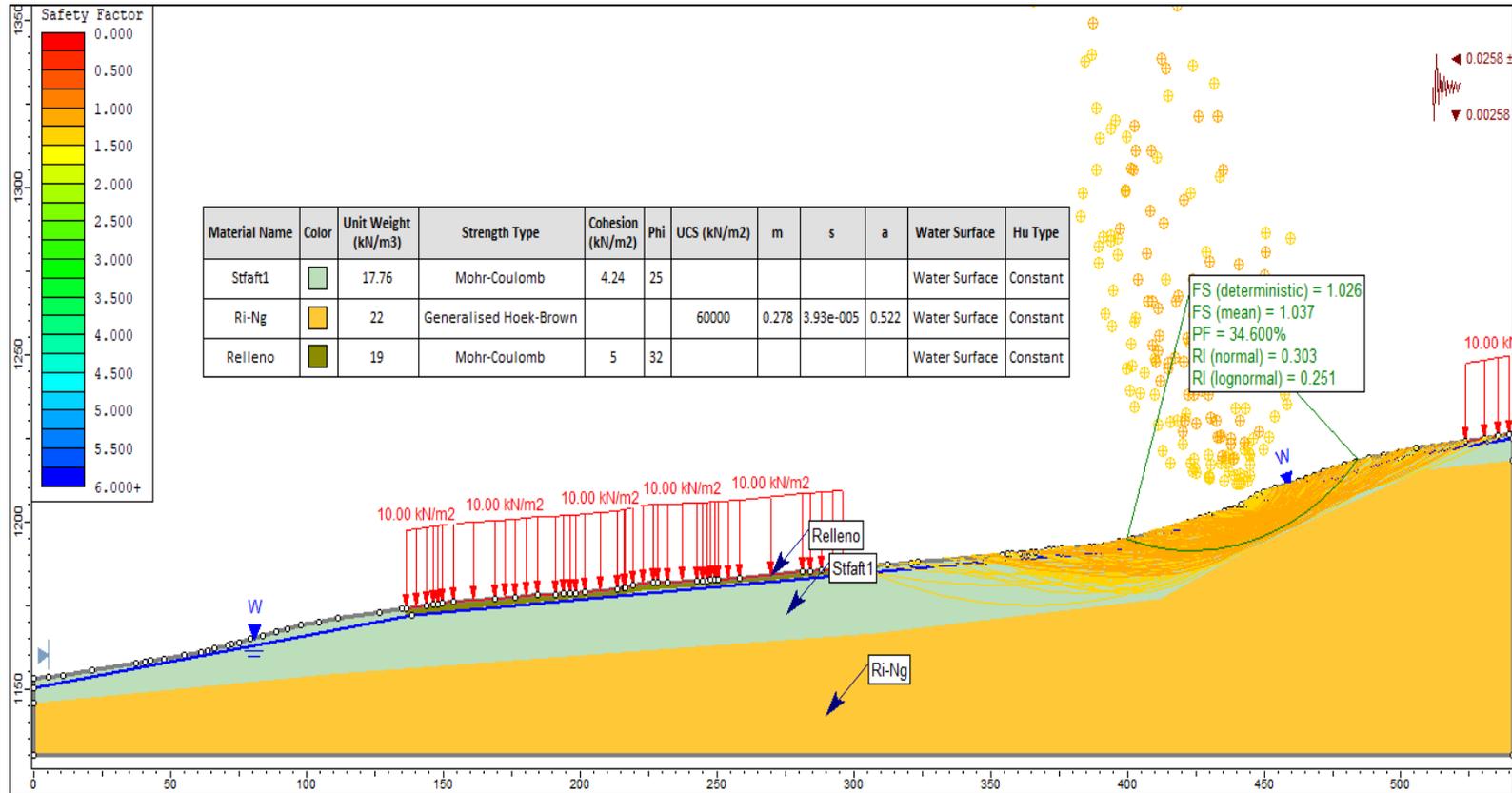


Ilustración 122. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P10. Escenario 1.
Fuente: Geocing S.A.S.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

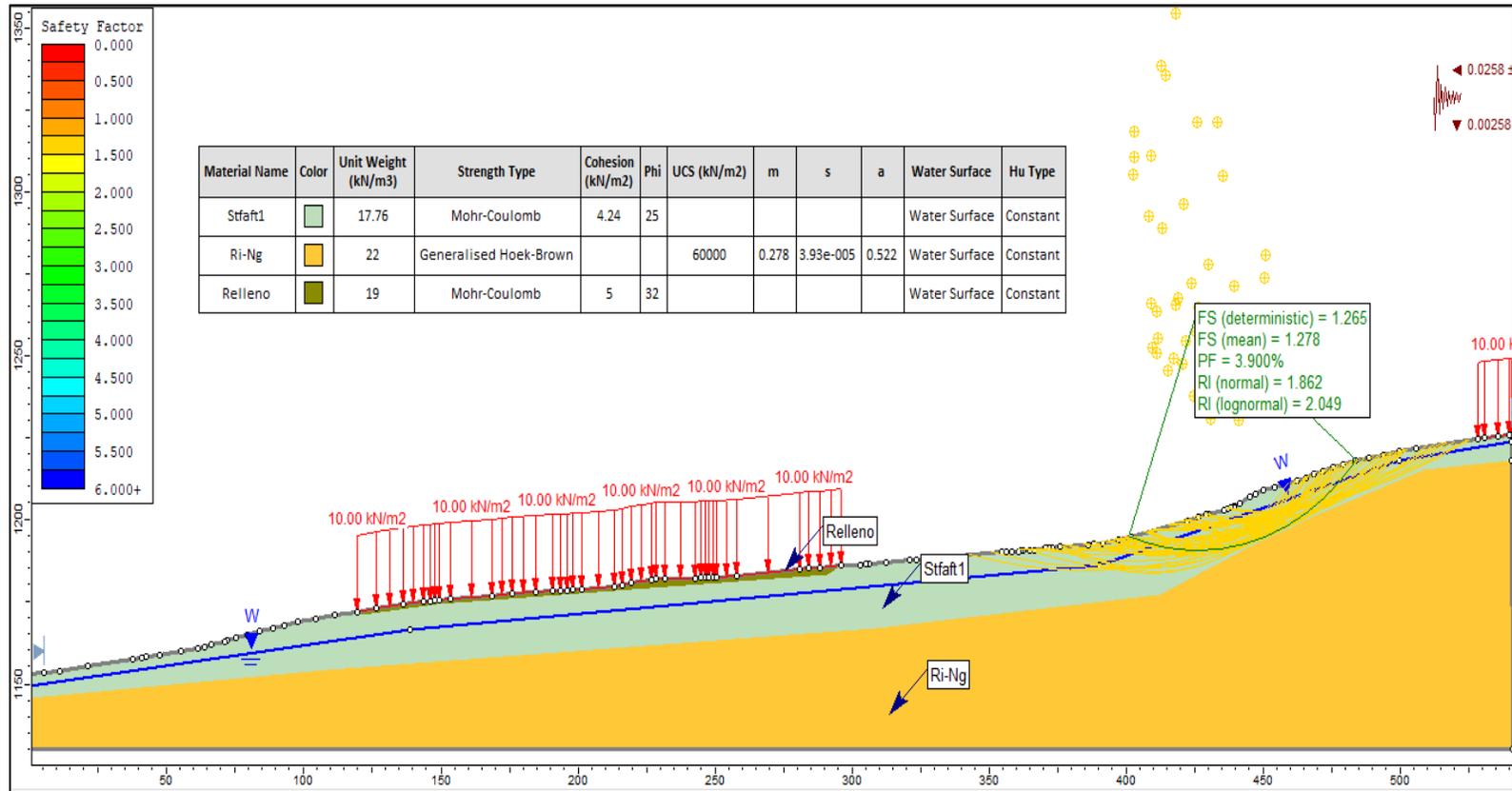


Ilustración 123. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P10. Escenario 2.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

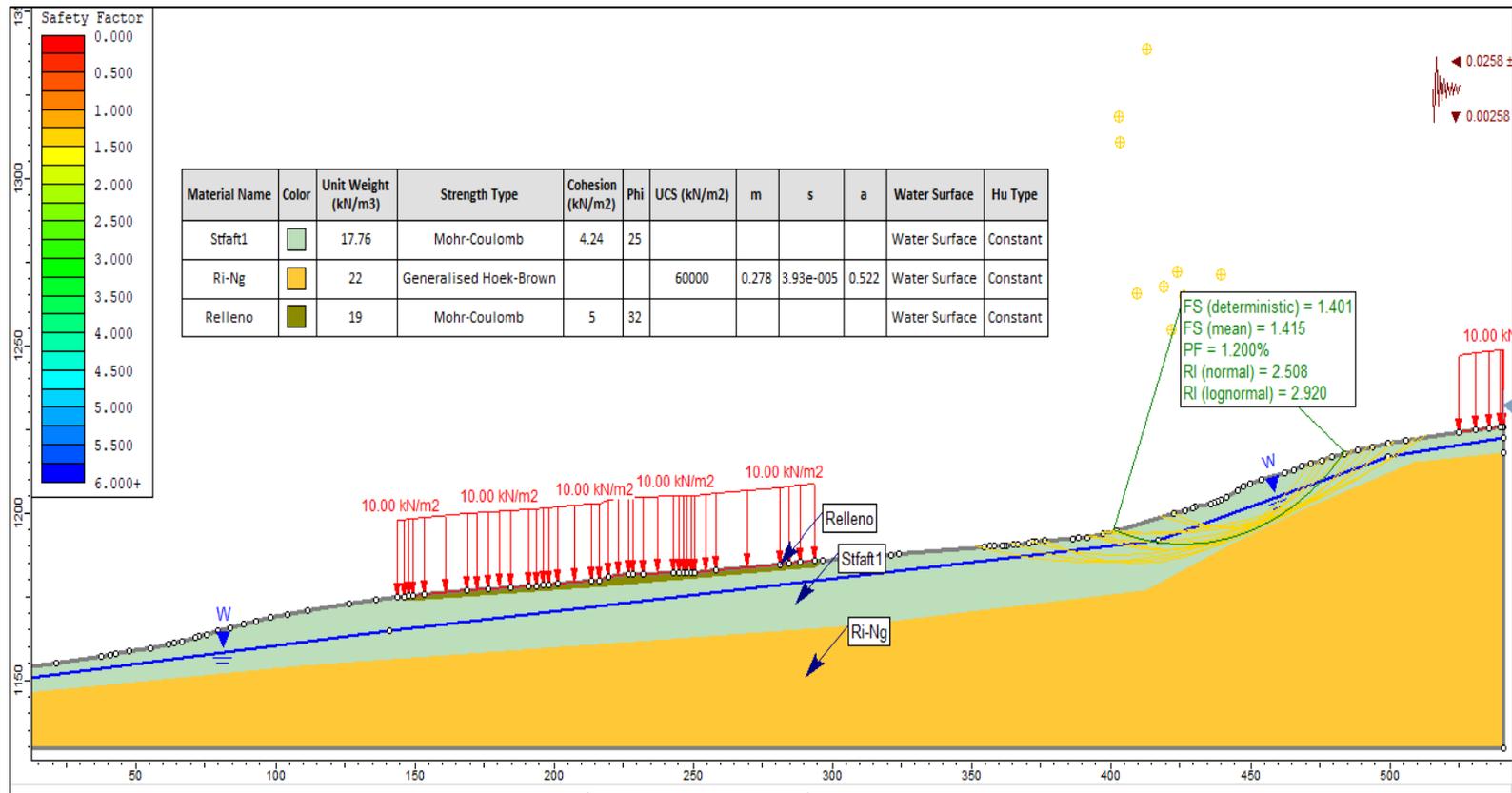


Ilustración 124. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P10. Escenario 3.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

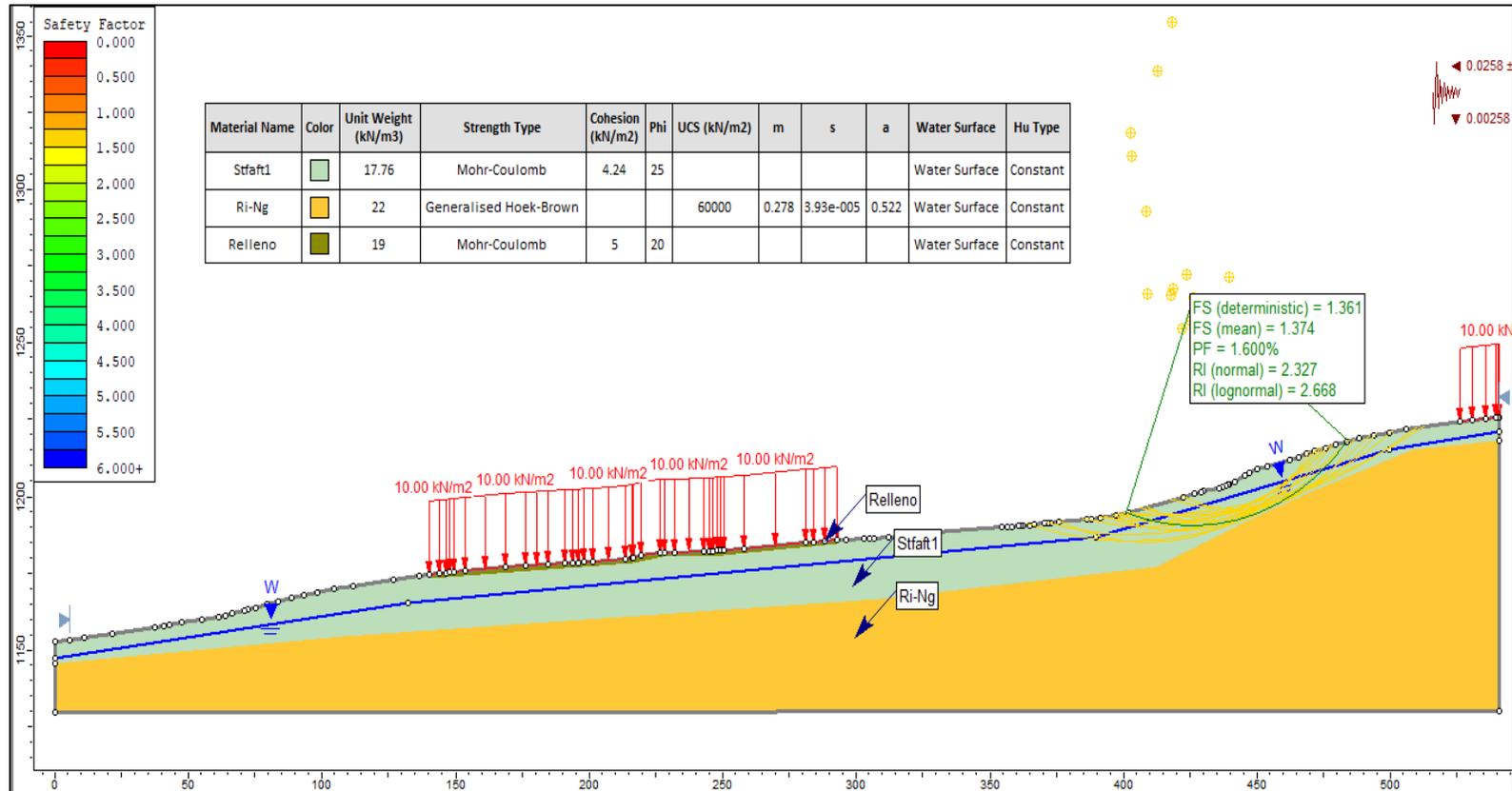


Ilustración 125. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P2. Escenario 4.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

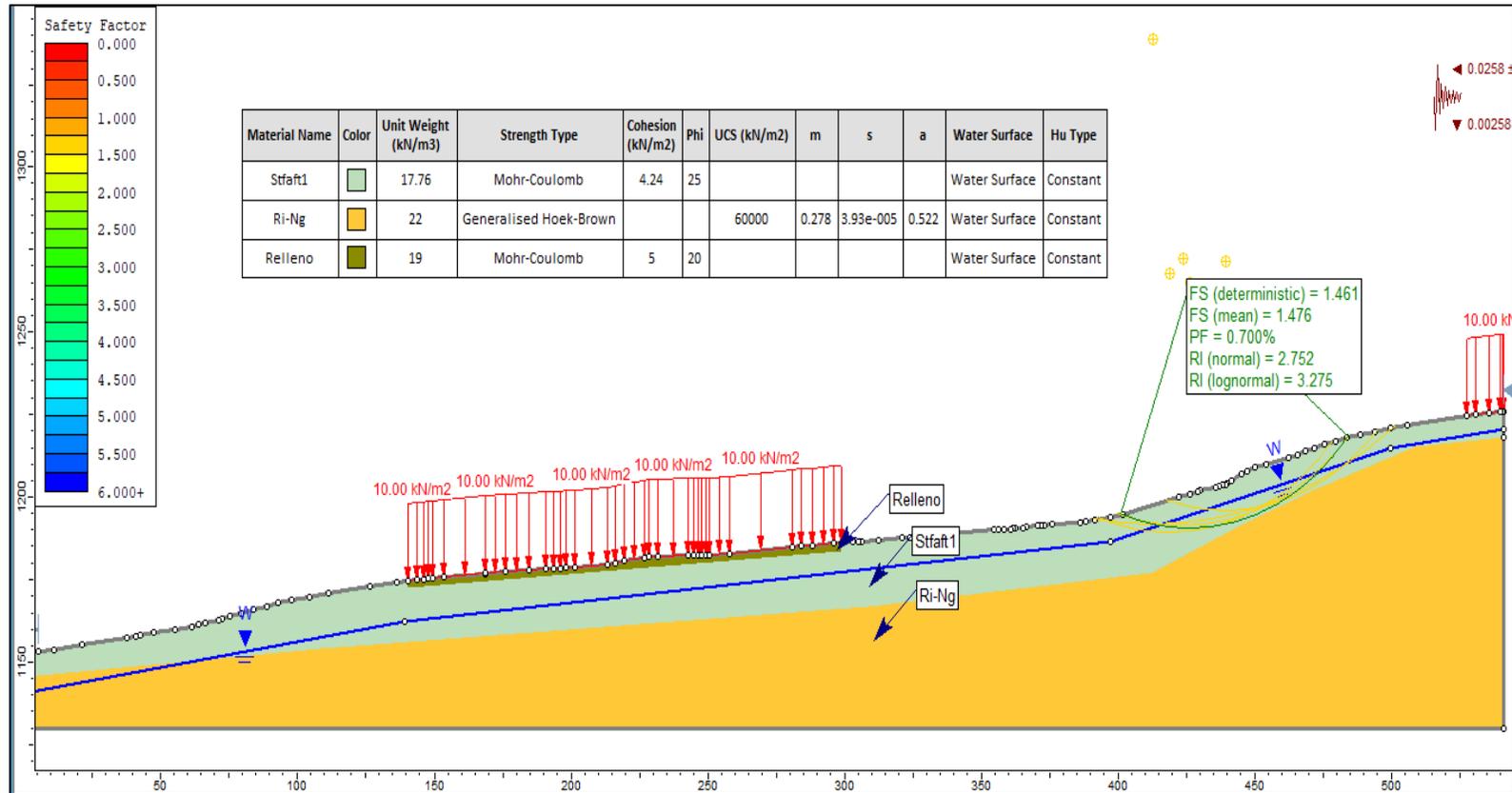


Ilustración 126. Análisis de estabilidad para el perfil representativo P2. Escenario 5.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Como se mencionó al inicio de este numeral, para cada abscisa se obtuvo una probabilidad de falla que depende de las distribuciones de probabilidad de los factores intrínsecos y los factores detonantes previamente definidos. A su vez, la probabilidad de falla total en cada abscisa (P_f) es una combinación de las probabilidades de falla calculadas en cada escenario. De la Ilustración 127 a la Ilustración 130 se presentan los Factores de Seguridad obtenidos a lo largo del perfil P10, para cada uno de los cinco escenarios estudiados.

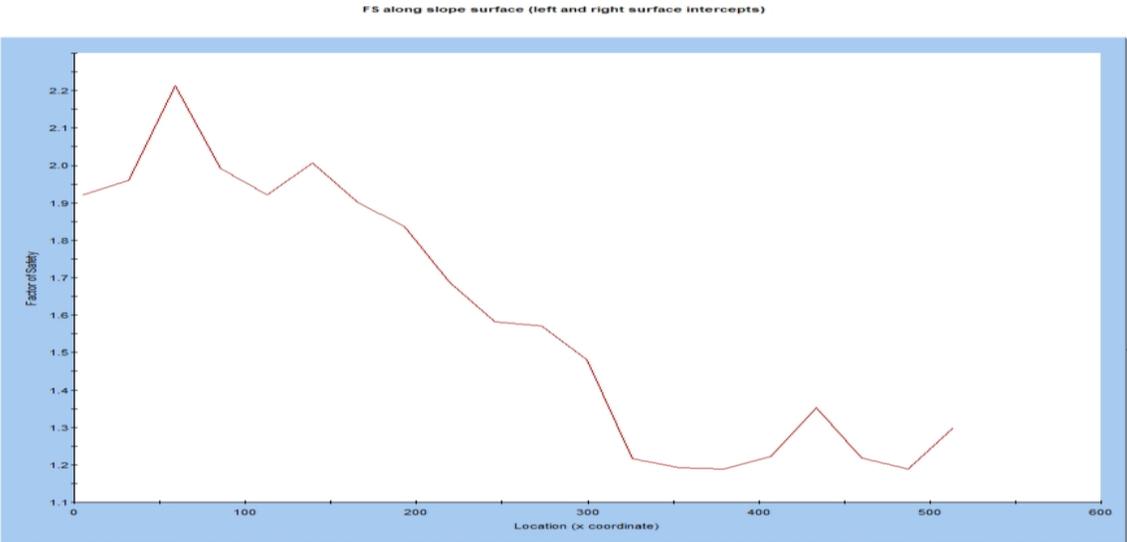


Ilustración 127. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 1.
Fuente: Geocing S.A.S.

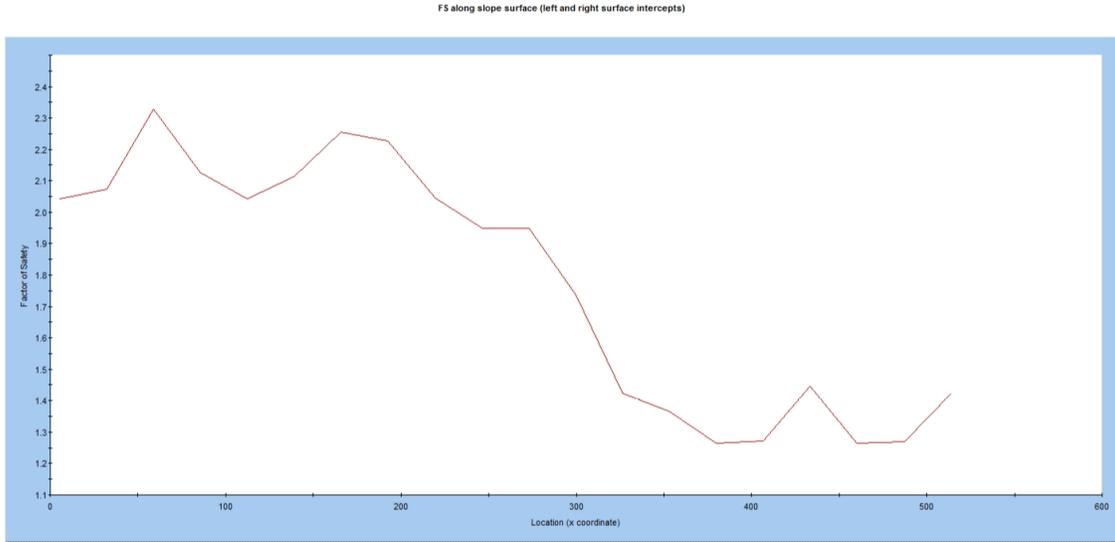


Ilustración 128. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 2.
Fuente: Geocing S.A.S.

FS along slope surface (left and right surface intercepts)

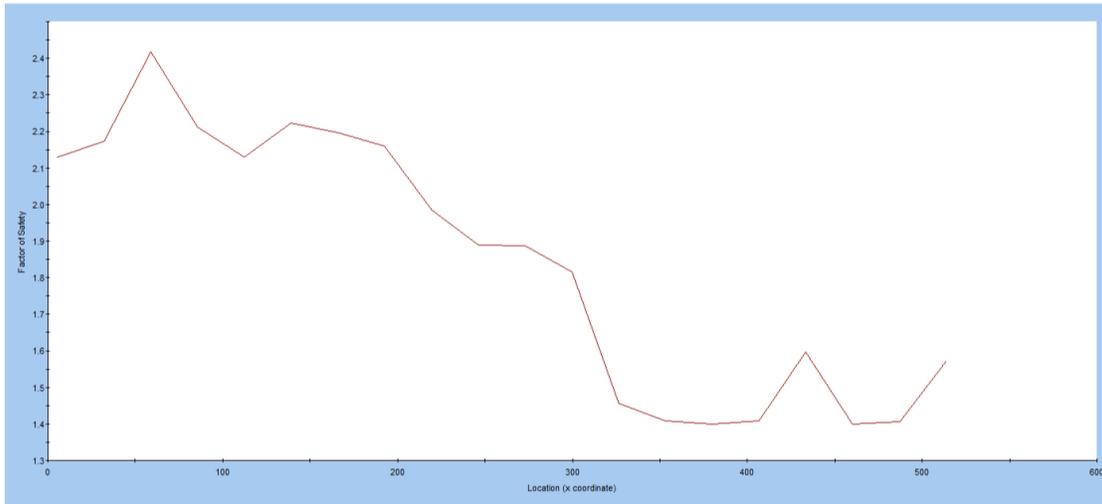


Ilustración 129. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 3. Fuente: Geocing S.A.S.

FS along slope surface (left and right surface intercepts)

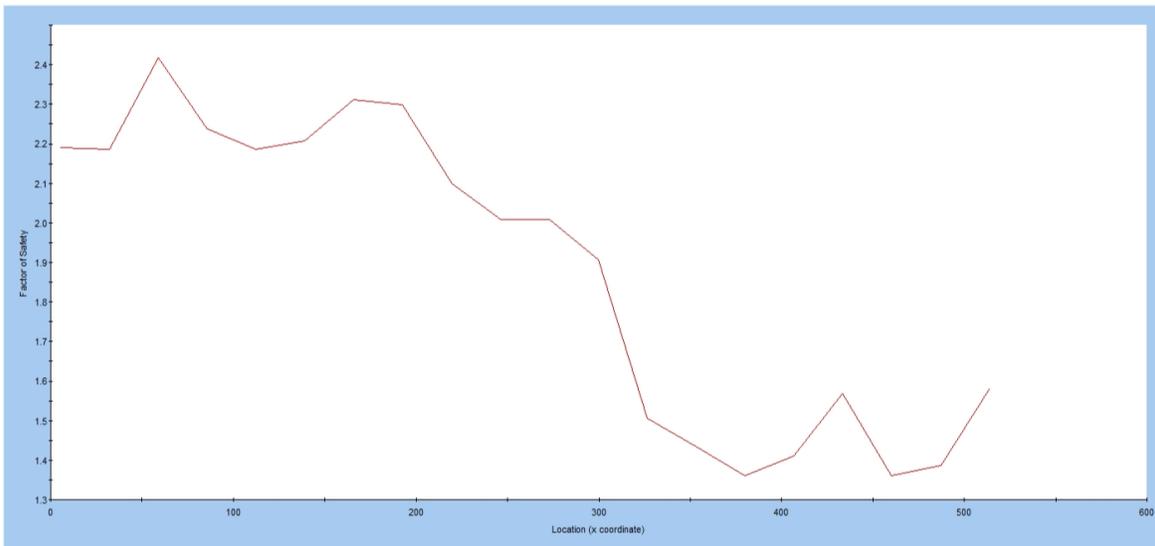


Ilustración 130. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 4. Fuente: Geocing S.A.S.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

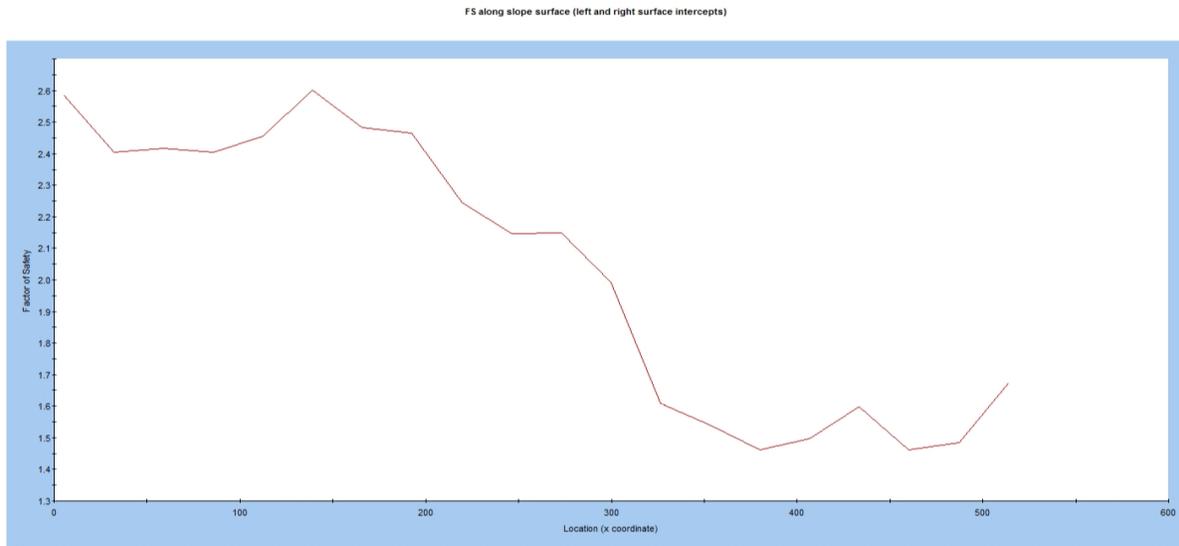


Ilustración 131. Factor de Seguridad para las abscisas del perfil representativo P10. Escenario 5.
Fuente: Geocing S.A.S.

La Tabla 87 muestra las probabilidades de falla calculadas para las abscisas del perfil P10, para los cinco escenarios planteados y la Tabla 87 presenta la probabilidad de falla total calculada para cada abscisa.

Tabla 87. Probabilidad de falla para las abscisas del perfil representativo P10.

	ESCENARIO 1		ESCENARIO 2		ESCENARIO 3		ESCENARIO 4		ESCENARIO 5	
	Abscisa	FS								
1	6.05	1.92	5.44	2.05	5.4	2.13	5.0	2.19	5.47	2.59
2	34.51	1.98	33.89	2.08	33.9	2.17	33.4	2.19	33.92	2.41
3	62.97	2.20	62.35	2.31	62.3	2.40	61.9	2.40	62.38	2.42
4	91.42	1.99	90.81	2.12	90.8	2.20	90.4	2.24	90.84	2.41
5	119.88	1.94	119.26	2.06	119.3	2.15	118.8	2.19	119.29	2.48
6	148.34	1.98	147.72	2.15	147.7	2.22	147.3	2.24	147.75	2.57
7	176.79	1.88	176.18	2.25	176.2	2.18	175.7	2.31	176.21	2.48
8	205.25	1.77	204.63	2.16	204.6	2.09	204.2	2.22	204.66	2.37
9	233.70	1.64	233.09	2.01	233.1	1.95	232.6	2.06	233.12	2.21
10	262.16	1.58	261.55	1.95	261.5	1.89	261.1	2.01	261.57	2.15
11	290.62	1.52	290.00	1.82	290.0	1.85	289.5	1.95	290.03	2.06
12	319.07	1.31	318.46	1.53	318.5	1.58	318.0	1.65	318.49	1.73
13	347.53	1.20	346.92	1.39	346.9	1.43	346.5	1.46	346.94	1.57
14	375.99	1.19	375.37	1.30	375.4	1.40	374.9	1.37	375.40	1.49
15	404.44	1.22	403.83	1.27	403.8	1.41	403.4	1.40	403.86	1.49
16	432.90	1.35	432.29	1.42	432.3	1.59	431.8	1.55	432.31	1.60
17	461.36	1.23	460.74	1.28	460.7	1.41	460.3	1.37	460.77	1.47
18	489.81	1.19	489.20	1.28	489.2	1.42	488.7	1.39	489.23	1.49
19	518.27	1.30	517.65	1.40	517.7	1.57	517.2	1.58	517.68	1.67

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	ESCENARIO 1		ESCENARIO 2		ESCENARIO 3		ESCENARIO 4		ESCENARIO 5	
	Abscisa	FS								
20	540.67	1.30	540.67	1.40	540.7	1.57	540.7	1.58	540.67	1.67

Fuente: Geocing S

Tabla 88. Probabilidad de falla total para las abscisas del perfil representativo P10.

PROB. DEL ESCENARIO		PROB. DEL ESCENARIO		PROB. DEL ESCENARIO	
ABSCISA	Probabilidad de falla Total	ABSCISA	Probabilidad de falla Total	ABSCISA	Probabilidad de falla Total
0.0	0.00%	183.8	0.00%	367.7	0.82%
5.4	0.00%	189.2	0.00%	373.1	0.74%
10.8	0.00%	194.6	0.00%	378.5	1.28%
16.2	0.00%	200.0	0.00%	383.9	1.29%
21.6	0.00%	205.5	0.00%	389.3	1.30%
27.0	0.00%	210.9	0.00%	394.7	1.31%
32.4	0.00%	216.3	0.00%	400.1	1.33%
43.3	0.00%	227.1	0.00%	410.9	0.19%
48.7	0.00%	232.5	0.00%	416.3	0.32%
54.1	0.00%	237.9	0.00%	421.7	0.52%
59.5	0.00%	243.3	0.00%	427.1	0.82%
64.9	0.00%	248.7	0.00%	432.5	1.33%
70.3	0.00%	254.1	0.00%	437.9	0.83%
75.7	0.00%	259.5	0.00%	443.4	0.52%
81.1	0.00%	264.9	0.00%	448.8	0.32%
86.5	0.00%	270.3	0.00%	454.2	0.19%
97.3	0.00%	281.2	0.00%	465.0	1.33%
102.7	0.00%	286.6	0.00%	470.4	1.33%
108.1	0.00%	292.0	0.07%	475.8	1.32%
113.5	0.00%	297.4	0.03%	481.2	1.33%
118.9	0.00%	302.8	0.01%	486.6	1.33%
124.4	0.00%	308.2	0.01%	492.0	0.20%
129.8	0.00%	313.6	0.00%	497.4	0.30%
135.2	0.00%	319.0	0.27%	502.8	0.45%
140.6	0.00%	324.4	0.47%	508.2	0.67%
146.0	0.00%	329.8	0.32%	513.6	0.98%
151.4	0.00%	335.2	0.22%	519.0	0.17%
156.8	0.00%	340.6	0.15%	524.5	0.17%
162.2	0.00%	346.0	0.10%	529.9	0.17%
167.6	0.00%	351.4	1.19%	535.3	0.17%
173.0	0.00%	356.8	1.04%	540.7	0.17%
178.4	0.00%	362.3	0.91%		

Fuente: Geocing SAS

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

13.1.9 Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa

La Ilustración 132 presenta el mapa de amenaza por movimientos en masa, calculado para el caso urbano del municipio de Acevedo.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

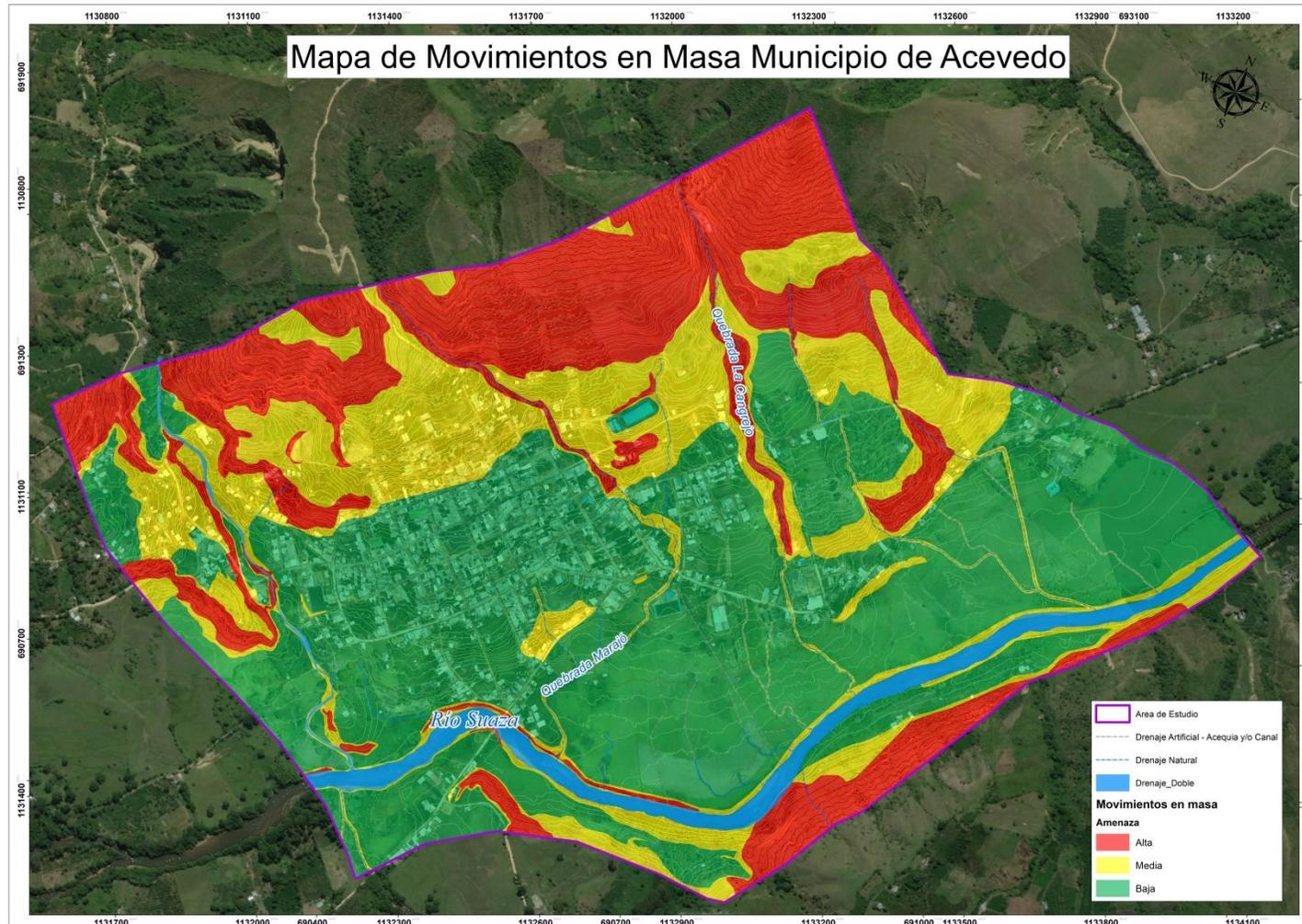


Ilustración 132. Mapa de amenaza por movimientos en masa del casco urbano del Municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La Tabla 89 presenta la distribución de categorías de amenaza por movimientos en masa, concluyendo que el 23.32% (67.47 ha) del área de estudio se encuentra en amenaza alta, 23.69% del área equivalente a 68.52 ha se encuentra en amenaza media y el 52.99% (153.30 ha) presenta amenaza Baja.

Tabla 89. Distribución de las categorías de Amenaza movimientos en masa.

Acevedo		
Amenaza	Área (Ha)	Área (%)
Alta	67.47	23.32%
Media	68.52	23.69%
Baja	153.30	52.99%
Total	289.29	100%

Fuente: Geocing S.A.S.

Las zonas de amenaza alta se concentran al oriente en el límite del casco urbano donde se presentan zonas con movimientos superficiales de tipo reptación, con relieve montañoso y pendientes mayores a 45°. Adicionalmente, las pendientes de los taludes son altas, situación que potencia el efecto de los principales factores detonantes de los movimientos en masa, como son las lluvias y las fuerzas sísmicas. A continuación se puede ver un movimiento en masa generado por factores climáticos en la zona de pendiente alta, situación que se presenta fuera del área de estudio pero sigue los mismos criterios del área de estudio.



Ilustración 133. Movimiento en masa en zona de ladera alta fuera del área de estudio.

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Las márgenes de taludes adyacentes del Río Suaza son susceptibles a socavación lateral producto del poder erosivo de las corrientes, profundizando los cauces (erosión de fondo) y desestabilizando los taludes adenaños. En épocas de lluvias, el proceso de socavación aumenta por el aumento del caudal de los ríos y aumentando la cantidad de material transportado.

Así mismo, el mapa muestra que las laderas adyacentes a las quebradas La Guache, Cangrejo, Marajó y Drenaje N° 1 distribuidas en todo en todo el casco urbano tienen una probabilidad de falla alta, especialmente en épocas de invierno cuando la lluvia genera la saturación del suelo y la consecuente reducción de los esfuerzos efectivos y la resistencia al corte del terreno afectan la estabilidad de los taludes de los cauces.

Debido a la intervención antrópica, se presentan erosión en surcos, formando pequeños canales por los cuales se arrastran partículas de suelo, este tipo de erosión se presenta en los depósito aluviales, generados por el río Suaza y las diferentes Quebradas.

Por otro lado, los taludes dentro de la zona de estudio presentan inestabilidad superficial, reptación, debido a los cortes que se realizaron con el fin de conformar la infraestructura vial de la zona. Además de esto, también existe una susceptibilidad en los taludes de corte sobre la terraza aluvial subreciente, debido a los Erosión, ya que la matriz se pierde y quedan expuestos los bloques a la acción de la gravedad.

Otra zona de amenaza alta, donde se evidencia la inestabilidad generada por el inadecuado manejo de aguas de infiltración, se presenta en el sector del Polideportivo, aprox. entre la Carrera 5 con Calle 21 evidenciada por el fallo de un talud de corte estabilizado por filas de gaviones, los cuales debido a las características bajas de los materiales en el trasdós del mismo, este ha sido afectado evidenciado en su falla e inestabilidad local, al parecer este proceso fue generado por corte en la ladera para la construcción de viviendas en la parte inferior. (Ilustración 134). En la Ilustración 135 e Ilustración 136 se puede ver que la estructura del Polideportivo, se encuentra cimentado sobre materiales del depósito aluvial, si ningún tipo de estructura de confinamiento, y están expuesto a la intemperie facilitando la generación del movimientos en masa/ inestabilidad en los taludes.



**Ilustración 134. Deformación en gaviones por proceso en dirección aproximada suroriente.
Fuente: Geocing S.A.S.**



**Ilustración 135. Taludes expuestos del depósito aluvial subcreciente- Polideportivo
Fuente: Geocing S.A.S.**



Ilustración 136. Taludes expuestos del depósito aluvial subreciente- Polideportivo
Fuente: Geocing S.A.S.

En las partes altas del Municipio, con el fin de estabilizar los taludes de corte y obtener viabilidad en las construcciones, se evidencia la existencia de estructuras de confinamiento tipo Muros en voladizo de altura importante, como se puede ver en la Ilustración 137 e Ilustración 138.

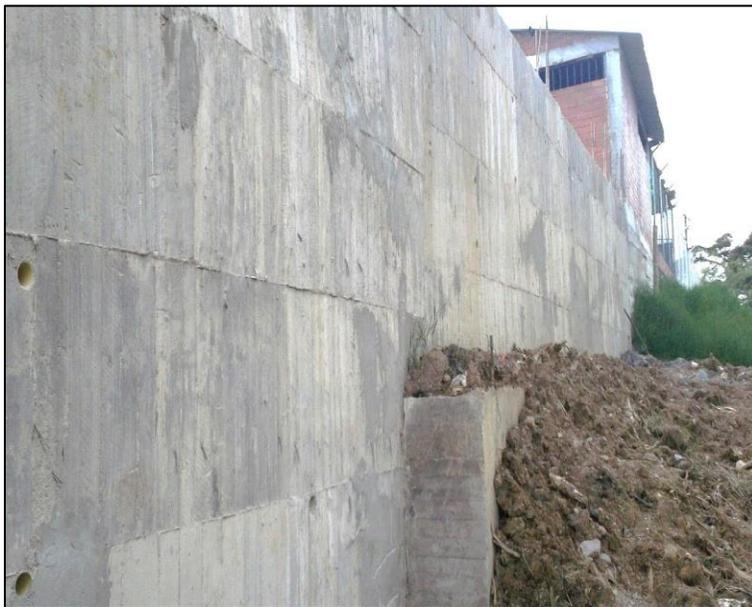


Ilustración 137. Estructuras de confinamiento en zonas altas del municipio.
Fuente: Geocing S.A.S.



Ilustración 138. Estructuras de confinamiento en zonas altas del municipio.
Fuente: Geocing S.A.S.



Ilustración 139. Áreas desprovistas de vegetación generan inestabilidad en las laderas.
Fuente: Geocing S.A.S.

Las zonas de amenaza media (áreas amarillas) indican los lugares en los cuales, en caso de generación de un evento de inestabilidad el material movilizado afectaría estas zonas, ubicadas en el pendientes medias- menos de 30° donde el terreno se caracteriza por tener pendientes medias, estas definen sectores compuestos por suelos transportados

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

aluvio torrenciales subreciente, en donde es posible la ocurrencia de movimientos en masa, cuando se presentan precipitaciones que elevan los niveles freáticos y en condiciones sísmicas.

Las zonas de amenaza baja están localizadas de manera general en el casco urbano donde la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa es inferior al 0.20%, debido a la baja inclinación del terreno, además de pendientes bajas que no favorecen a la generación de inestabilidad.

En conclusión, las zonas más críticas son las adyacentes a los márgenes de las quebradas La Guache, Cangrejo, Marajó , Drenaje N° y el Río Suaza, al igual que los de alta pendiente, debido a los factores naturales y antrópicos descritos anteriormente.

Es importante indicar, que, la zonificación y categorización de la amenaza por movimientos en masa fue evaluada para las condiciones actuales del terrero, respecto a uso, cobertura de suelo y pendientes; si por algún motivo estas son cambiadas para diferentes fines, la zonificación y categorización de la amenaza por movimientos en masa cambiara.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

13.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN

El análisis se basó en la cartografía digital a escala 1:10.000, registros de caudales y niveles, secciones transversales y un resumen de aforos de las estaciones hidrológicas localizadas en el área de influencia del municipio de Acevedo, las cuales permitieron determinar las crecientes probables de los cuerpos de agua analizados para diferentes períodos de retorno con el fin de establecer las diferentes cotas de las crecientes extremas probables; además de la condición de Amenaza por Inundación del río Suaza y sus afluentes: quebradas Marajó, Guache, La cangrejo y la quebrada No. 1.

13.2.1 Área de estudio

En la Ilustración 140 se observa el área objeto del presente análisis y se logra identificar el cauce principal el río Suaza así como sus afluentes, Qdas La Guache, Marajó y las Cangrejo. Una vez obtenida dicha información del ortofotomosaico se logró identificar los cauces actuales y abandonados del Río Suaza y sus afluentes bajo las condiciones de estiaje, así como los puntos críticos para realizar el levantamiento batimétrico para la construcción del modelo hidráulico. Se realiza la restitución topográfica del ortofotomosaico que permitió apoyar la generación del modelo de elevación del terreno del cauce seco y valle del río y sus afluentes.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 140. Ortofotomosaicos de localización general del río Suaza y sus afluentes Quebradas.
Fuente: Geocing S.A.S (2018).

- **Modelo de elevación (DEM)**

El levantamiento de la información de campo, se fundamentó en la obtención de una nube de puntos (Ilustración 141), tanto en ríos, quebradas, drenajes y de la zona de manera simultánea; las batimetrías del Río Suaza y sus afluentes se levantaron por medio de secciones topográficas en los cauces, además del topográfico en la zona aledaña a los cauces por medio de la utilización del Dron y Receptores GPS Topcon hipper II de doble frecuencia en tiempo real y equipo complementario de topografía. Las actividades de campo se concentraron en el levantamiento topo-batimétrico de secciones batimétricas, que involucraron un área de cauce, además del levantamiento con GPS que permitieron geo-referenciar puntos levantados con el Dron, conformando un área adicional aledaña a los cauces del río y sus afluentes. Una vez realizada la integración de la información del ortofotomosaico y del levantamiento hidro topográfico, el producto final es la generación del modelo de elevación digital (ver Ilustración 141).



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

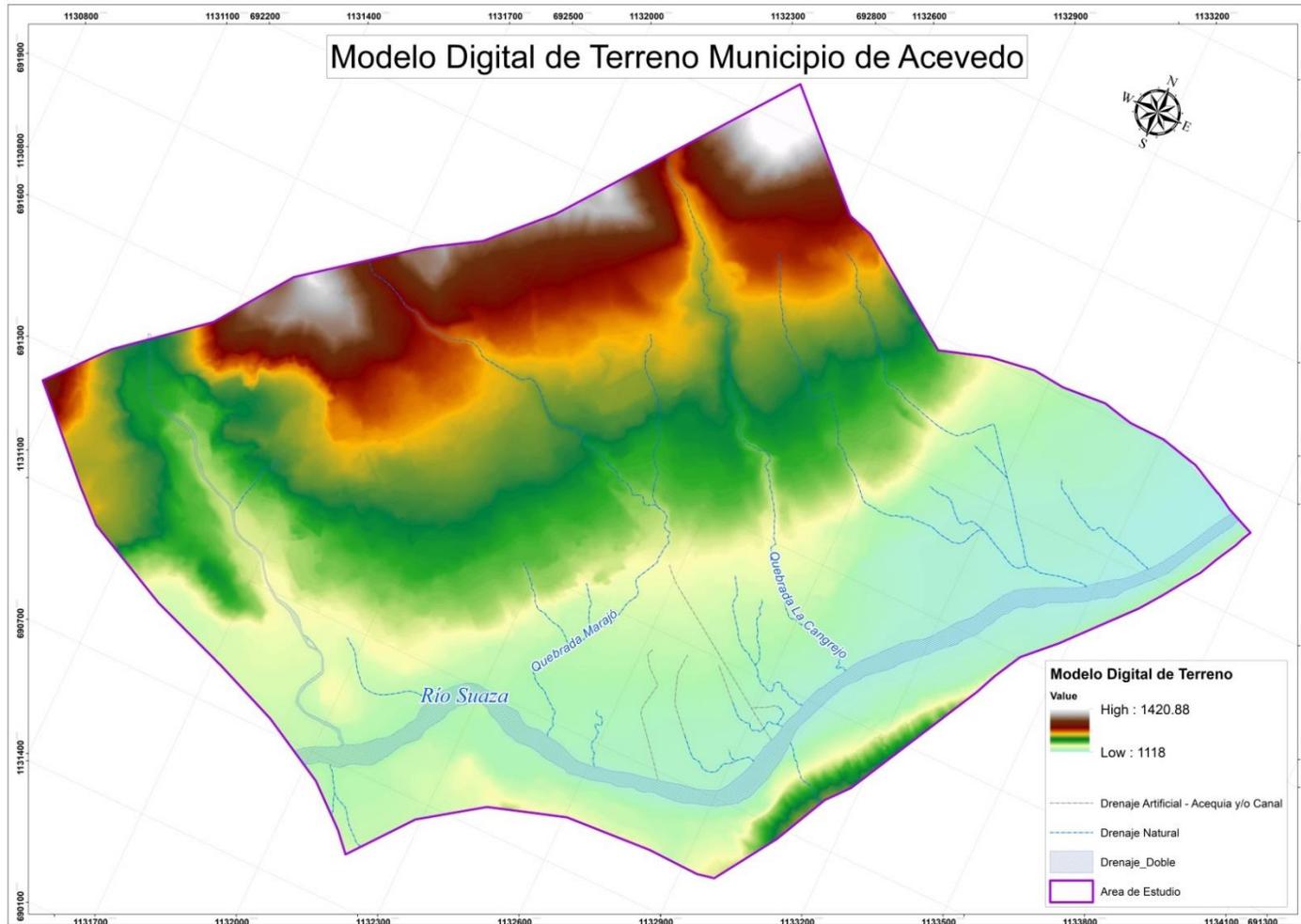


Ilustración 141 Modelo de elevación digital del terreno –DEM del área de influencia del río Suaza, sus afluentes y secciones Transversales de análisis, del municipio de Acevedo.

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Según el modelo de elevación digital del terreno – DEM, se establecieron 43 secciones hidro topográficas sobre el río Suaza en la margen izquierda del cauce que discurre en sentido suroccidente – nororiente; 49 secciones hidro topográficas sobre la quebrada la Guache, 67 secciones hidro topográficos sobre la quebrada Marajó, 48 secciones hidro topográficos sobre la quebrada Cangrejo, 39 secciones hidro topográficos sobre la quebrada No 1.

13.2.2 Estudio hidráulico tránsito de crecientes

Para la obtención de la zonificación de la amenaza se emplea el software HEC-RAS versión 5.0.3 desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos denominado "Water Surface Profiles".

- **Descripción General del Modelo Hec – Ras**

El Software HEC-RAS calcula los perfiles superficiales de agua para las condiciones de un flujo permanente o no permanente y gradualmente variado en canales naturales o artificiales. Este procedimiento está basado en solucionar la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas por medio de la ecuación de Manning; en el presente análisis se consideraron condiciones de flujo permanente y uniforme.

Este modelo simula la hidráulica del flujo para canales sobre cualquier tipo de sección transversal bajo flujo gradualmente variado, trabajando de acuerdo con la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + Y_1 + (V_1^2/2g) = Z_2 + Y_2 + (V_2^2/2g) + h$$

Dónde:

Zi, nivel del fondo del canal aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, este término se denomina cabeza de posición, en m.

Yi, lámina de agua aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, este término se denomina cabeza de presión, en m.

V²/2g, cabeza de velocidad aguas arriba (1) y abajo del tramo (2), en m.

h, pérdidas de energía en el tramo, dividiéndose en pérdidas por fricción (hf) y localizadas (hl), en m.

Las pérdidas por fricción (*hf*), para flujo gradualmente variado en un tramo de longitud *L* del canal se pueden expresar por medio de la ecuación de Manning:

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

$$h_f = ((Se_1 + Se_2)/2)L$$

Dónde:

Se_1 y Se_2 corresponden a los valores de la pendiente de la línea de energía aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo. Estos valores se expresan por medio de la fórmula de Manning para flujo uniforme en cada sección del tramo:

$$Se = n^2 V^2 / R^{4/3}$$

Dónde:

N, coeficiente de rugosidad de Manning, valor adimensional.

V, velocidad promedio del agua, en m/s.

R, radio hidráulico, en m, igual al área hidráulica A, en m², dividida entre el perímetro mojado P, en m.

El coeficiente de rugosidad de Manning se define de acuerdo con las caracterizaciones de campo, y teniendo en cuenta las recomendaciones de las diferentes referencias bibliográficas.

Por otro lado, las pérdidas localizadas en un punto del canal se expresan mediante la ecuación:

$$h_l = K \left| \left(\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \right) \right|$$

Dónde:

K, coeficiente de pérdidas localizadas, adimensional.

V_i , velocidad promedio aguas arriba (1) y aguas abajo (2) del punto o tramo en donde se produce la pérdida localizada, en m/s.

Los parámetros necesarios para desarrollar de manera adecuada el modelo en este software son:

- ✓ Conjunto de secciones transversales, obtenidas mediante levantamientos en terreno, la separación entre las mismas se define en el sitio, si los tramos de la corriente son rectos, se pueden tomar secciones cada 50 m o más, mientras que si se presentan curvas (que no sean muy cerradas), se deben tomar cada 10 o 20 m dependiendo de su longitud.
- ✓ Definir el coeficiente de rugosidad de Manning en cada sección.
- ✓ Ingresar los datos de los hidrogramas de salida obtenidos mediante el HEC-HMS.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

✓ Definir el régimen de flujo sobre el cual se va a calcular (subcrítico, supercrítico o mixto).

Los resultados obtenidos se pueden observar gráficamente y/o en tablas predefinidas, las cuales muestran entre otros el nivel de agua y la velocidad del flujo.

✓ La información de niveles de agua se traslada al programa ArcGIS con el fin de elaborar el plano de la mancha de inundación espacial sobre el área estudiada (la mancha de inundación da los límites geométricos hasta dónde llega la inundación). Sobre esta mancha de inundación se visualizan las obras de infraestructura que podrían verse afectadas.

Los parámetros básicos de entrada del software HEC-RAS para la zona de estudio son la geometría del cauce, distancia de separación entre las secciones transversales seleccionadas, las rugosidades y las condiciones de niveles aguas abajo y/o arriba, dependiendo del régimen del flujo, que para este caso fue modelado en flujo Mixto, debido a que el número de Froude en la modelación arrojó resultados de menor, mayor e igual que 1.

13.2.3 Definición de geometría.

Para hallar los parámetros de dinámica fluvial en los tramos el río Suaza y sus afluentes, se utilizó el software HEC-RAS (Versión 5.0.3) y su extensión en ArcGIS GEO-RAS, del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, utilizando el modelo de elevación digital del terreno -TIN, a partir del cual, se obtienen las secciones de análisis sobre las Quebradas, Canales y Drenajes; además de los niveles y/o caudales de crecientes máximas, estimados en las diferentes estaciones utilizadas de tipo limnimétrica y limnigráfica, considerado picos de crecientes con niveles de períodos de retorno de 2.33 años a 1000 años.

Secciones de Análisis

A partir del levantamiento hidrotopográfico Realizado por Geocing S.A.S, se obtuvieron las secciones, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Dadas las características morfológicas (disminución o estrechamiento de sección del cauce, cambios de dirección).
- Existencia de estructuras hidráulicas (antes y después de ellas)
- Confluencias o bifurcaciones de los drenajes.

Las secciones de análisis para cada uno de los cauces se pueden observar a partir de la Ilustración 142 hasta la Ilustración 146.

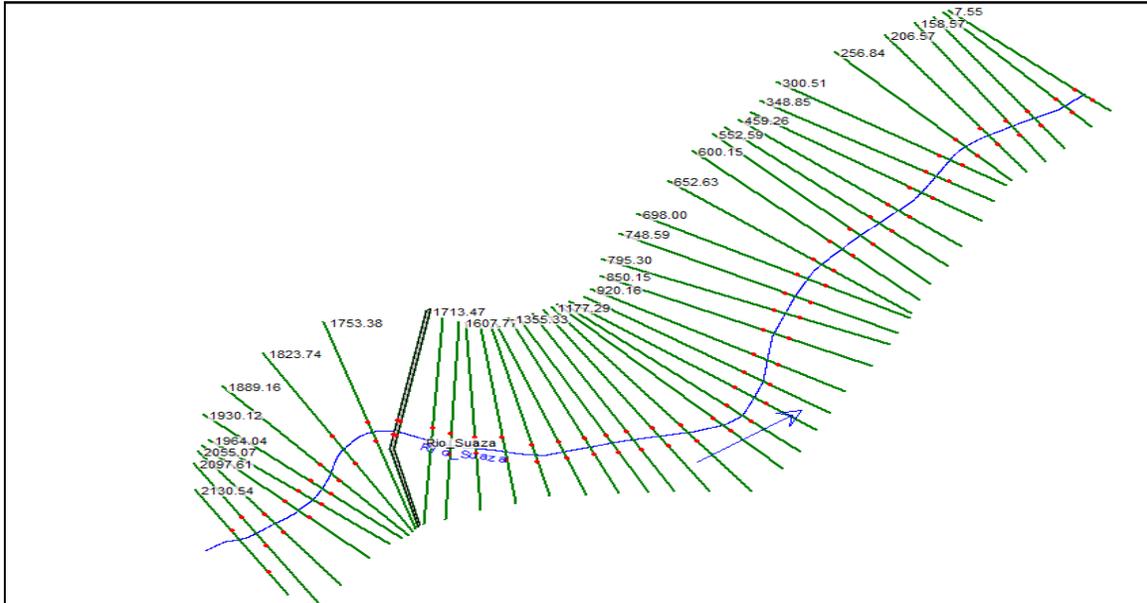


Ilustración 142 Secciones Hidrotopográficas del Río Suaza Utilizadas En La Modelación Hidráulica.
Fuente: Geocing S.A.S

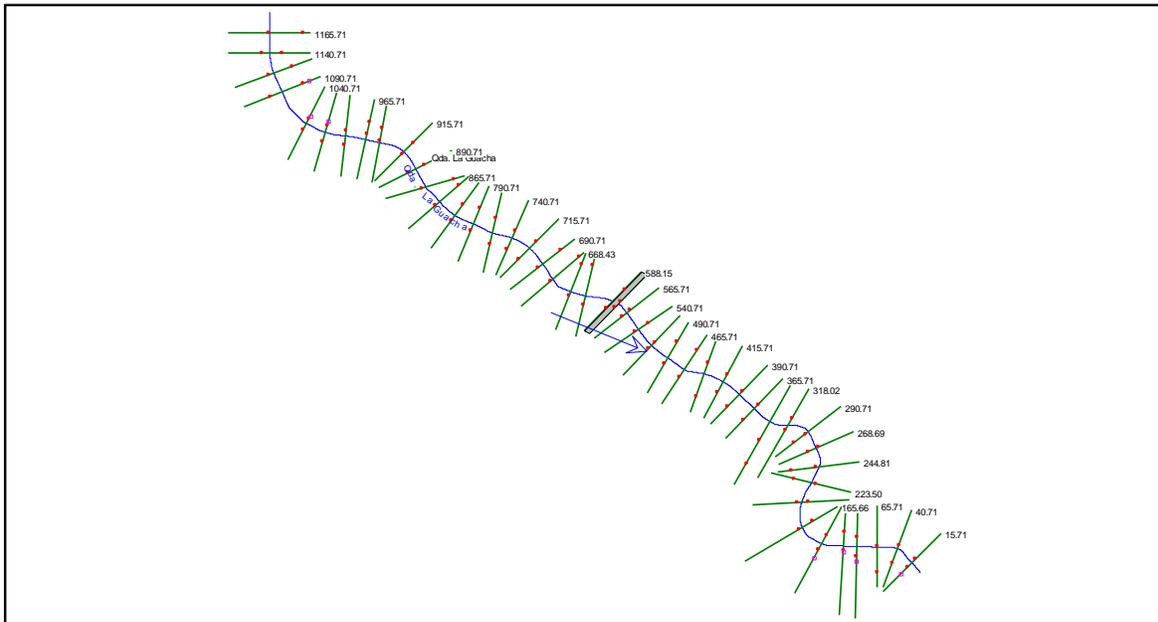


Ilustración 143 Secciones Hidrotopográficas de la Quebrada la Guache Utilizadas En La Modelación Hidráulica.
Fuente: Geocing S.A.S



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

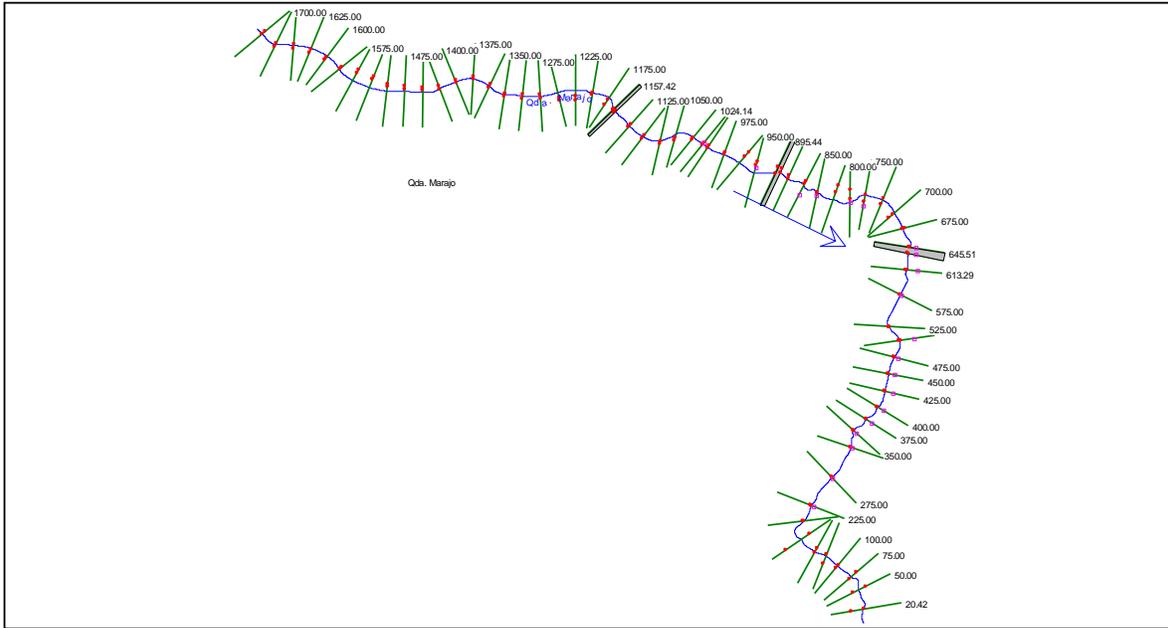


Ilustración 144 Secciones Hidrotopográficos de la Quebrada Marajó En La Modelación Hidráulica.
Fuente: Geocing S.A.S

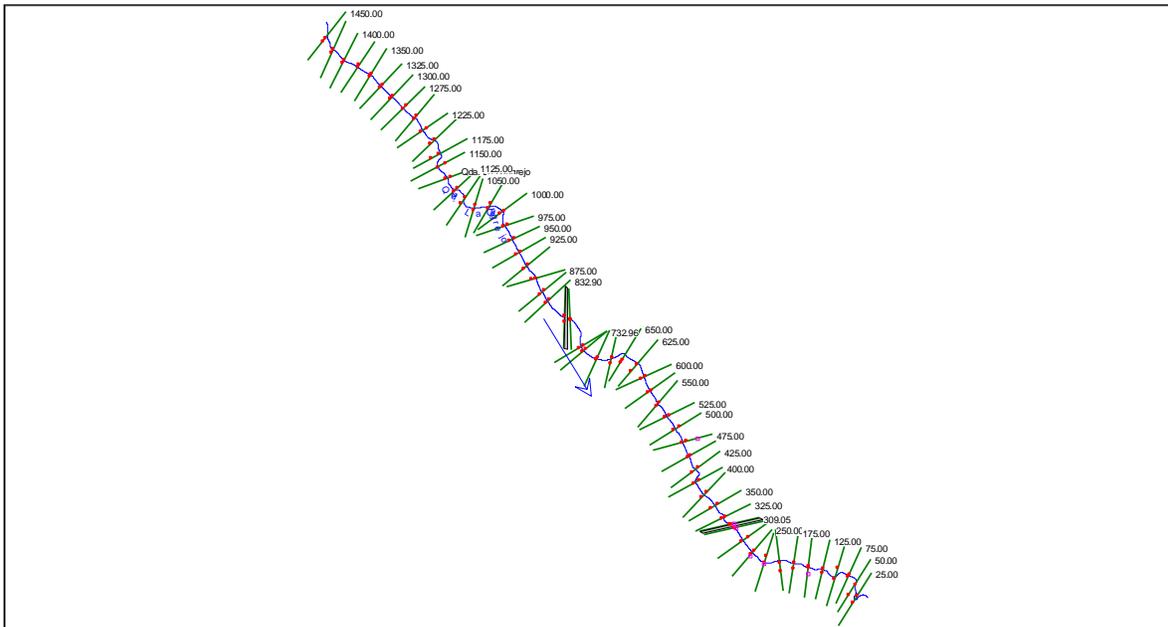


Ilustración 145 Secciones Hidrotopográficos de la Quebrada Cangrejo Utilizadas En La Modelación Hidráulica.
Fuente: Geocing S.A.S

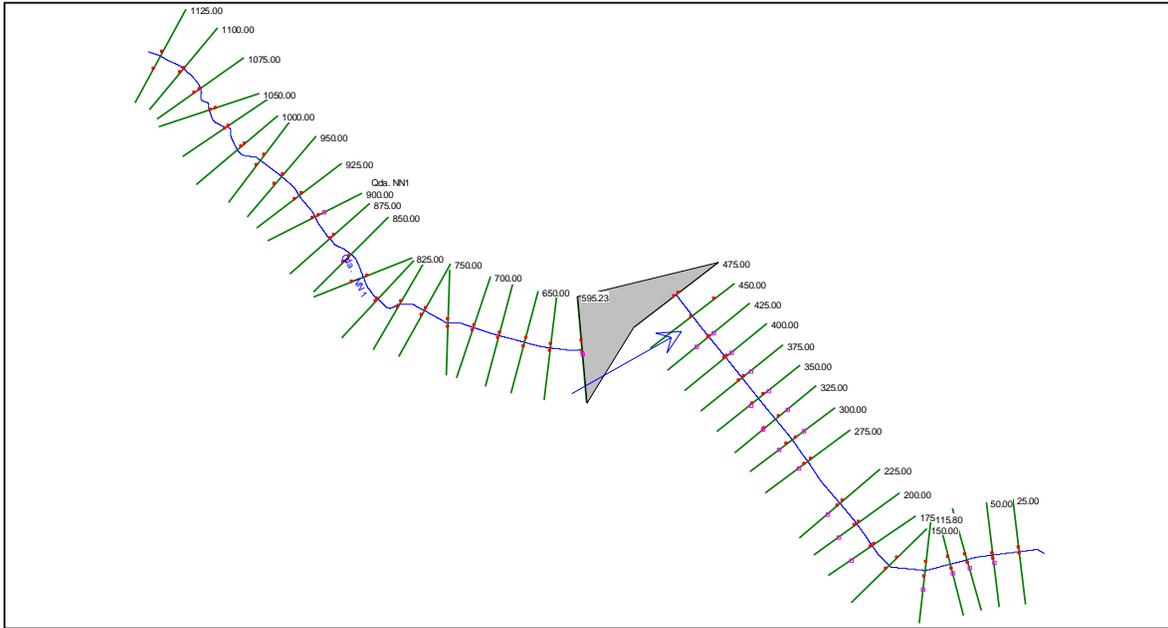


Ilustración 146 Secciones Hidrotopográficos de la Quebrada No 1 Utilizadas En La Modelación Hidráulica. Fuente: Geocing S.A.S

A continuación se muestra la geometría y modelo del río Suaza y quebradas que se encuentran dentro del casco urbano del municipio de Acevedo Ilustración 147 e Ilustración 148.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

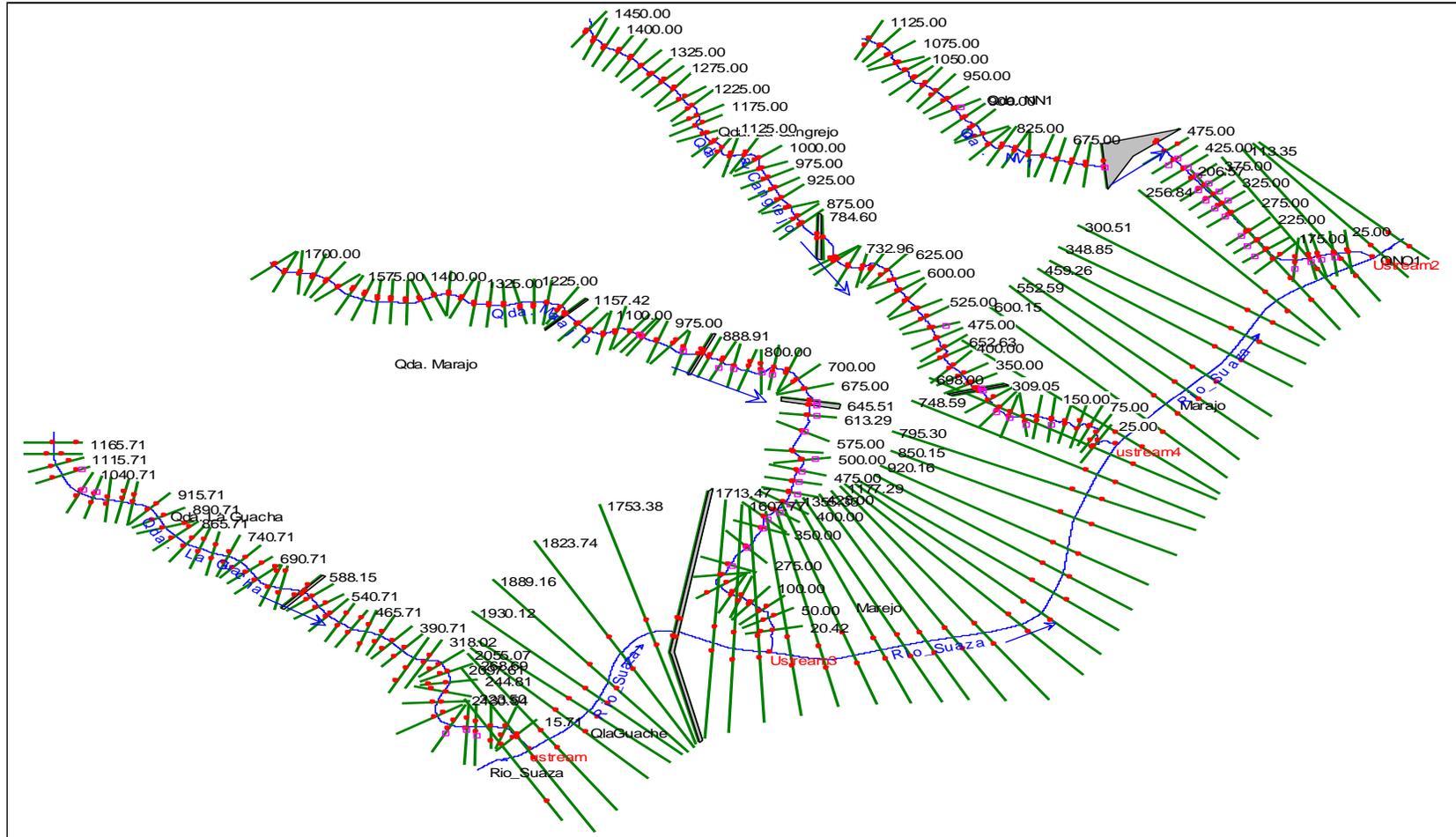


Ilustración 147 Modelo hidráulico HEC-RAS del río Suaza con sus afluentes - Quebradas.
Fuente: Geocing S.A.S

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

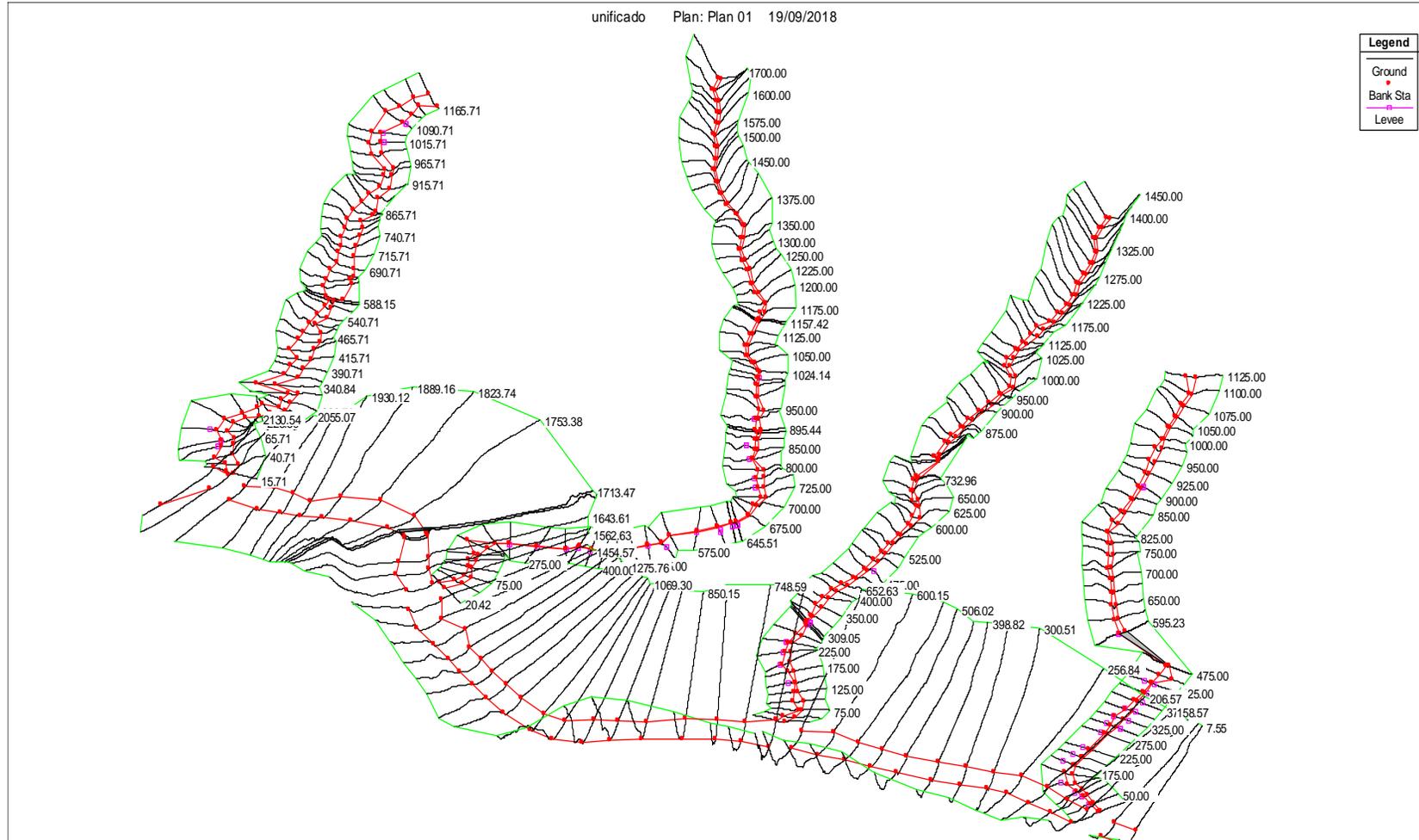


Ilustración 148 Modelo 3D Vista isométrica HEC-RAS del río Suaza con sus diferentes afluentes – Quebradas.
Fuente: Geocing S.A.S

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

13.2.4 Calibración del Modelo

Para la calibración de modelo hidráulico referente al material del cauce o rugosidad de Manning, se realizó un análisis regional de los aforos de las estaciones hidrológicas localizadas en el área de influencia regional de las diferentes cuencas a la altura del municipio de Acevedo; con el fin de establecer los coeficientes de rugosidad de Manning de los cuerpos de agua.

Con base a los resultados obtenidos para los valores de los coeficientes de rugosidad de Manning de la información obtenida en las estaciones hidrológicas, la interpretación de los datos que se ha realizado no da un estimado de los aforos para cada uno de los cauces de estudio y en las diferentes estaciones los valores son muy superiores a los valores teóricos que se encuentran en la literatura, lo cual hace presumir que desde el punto de vista hidrodinámico el flujo que se presenta en los cauces del río y las quebradas puede considerarse como flujos hidráulicamente rugosos, lo cual es acorde con los materiales evidenciados en los cauces, donde se evidencian bloques de gran magnitud que facilitan que se presenten flujos hidráulicamente rugosos. Utilizando la regionalización para caracterizar el coeficiente de rugosidad de Manning de los cauces presentes en las diferentes cuencas del casco urbano del municipio de Acevedo, se logró estimar los coeficientes de rugosidad de Manning del lecho del Río Suaza y sus afluentes, haciendo claridad que la zona en estudio se localiza en la zona establecida como de transición para las diferentes cuencas del municipio de Acevedo, tal como se presenta en la Tabla 90.

Tabla 90. Estimación del Coeficiente de rugosidad de Manning en el río Suaza y sus afluentes, entre el casco urbano y el municipio de Acevedo.

RÍO	RUGOSIDAD DE MANNING MÍNIMA ZONA DE TRANSICIÓN
Suaza	0,035 hasta 0.12

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 91 Rugosidad

QUEBRADAS	RUGOSIDAD DE MANNING MÍNIMA ZONA DE TRANSICIÓN
La Guache	0.02 hasta 0.085
Marajó	0.037 hasta 0,048
Cangrejo	0,02 hasta 0.046
No 1	0,0333 hasta 0.048

Fuente: Geocing S.A.S.

En las demás áreas aledañas a los cauces del río Suaza y sus afluentes se adoptaron valores teóricos de rugosidad de Manning, acorde con las características de la zona,

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

respecto de sus coberturas dado que no existe información de aforos de crecientes en el río y quebradas.

13.2.5 Caudales para los periodos de retorno.

Para la determinación de los parámetros hidráulicos de las crecientes de los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50, 100, 500 y 1000 años que se puedan presentar en el Río suaza y sus afluentes así como la determinación de los respectivos caudales de las crecientes analizadas. Dichos caudales se presentan en la Tabla 92.

Tabla 92 Caudales de las Crecientes Pico esperadas en el río Suaza y sus afluentes, entre el casco urbano y el municipio de Acevedo.

Crecientes	Sección	AÑOS									
		2.33	5	10	15	25	50	100	200	500	1000
		Caudales (m3/s)									
Río Suaza	2130,54	126,1	200,2	268,8	307,2	356,6	420,5	483,5	546,2	632,3	698,5
	2055,07	131,1	211,7	287,7	331,5	387,8	464,9	540,2	615,9	718,3	799,6
	1509,01	134,1	215,4	293,6	336,8	394,4	470,9	546,3	622,1	726,3	807,7
	652,63	135,8	217,7	296,5	340,4	398,4	474,8	550,5	626,5	731,8	813,5
	51,51	137,6	220,6	299,7	344,4	402,7	479,1	555,1	631,5	738	820,1
Quebrada la Guache	1170,04	34,3	52,7	68,9	78,7	91,1	108,3	125,9	143,7	167,8	186,2
Quebrada Marajó	1710	1,45	1,82	2,13	2,3	2,51	2,79	3,08	3,36	3,73	4,01
Quebrada Cangrejo	1418,5	3,11	3,91	4,56	4,92	5,38	5,99	6,59	7,19	7,98	8,58
Quebrada No 1	1120,6	0,41	0,51	0,6	0,64	0,7	0,78	0,86	0,94	1,04	1,12

Fuente: Geocing S.A.S.

Con base a los caudales estimados para las crecientes a transitar, se hace referencia al período de retorno de 100 Años para el río Suaza y sus afluentes de acuerdo a los términos de referencia que están estimulados en el Decreto 1077 del 2015.

13.2.6 Análisis de Creciente para un período de retorno de 100 años

Para la creciete esperada en un período de retorno de 100 años en el río Suaza y sus afluentes, se estableció el modelo hidráulico en el Software HEC-RAS permitiendo modelar los caudales picos de las crecientes y sus afluentes, estableciendo los perfiles hidráulicos de las láminas de agua para dichas creciete como se muestra en la siguiente ilustración:

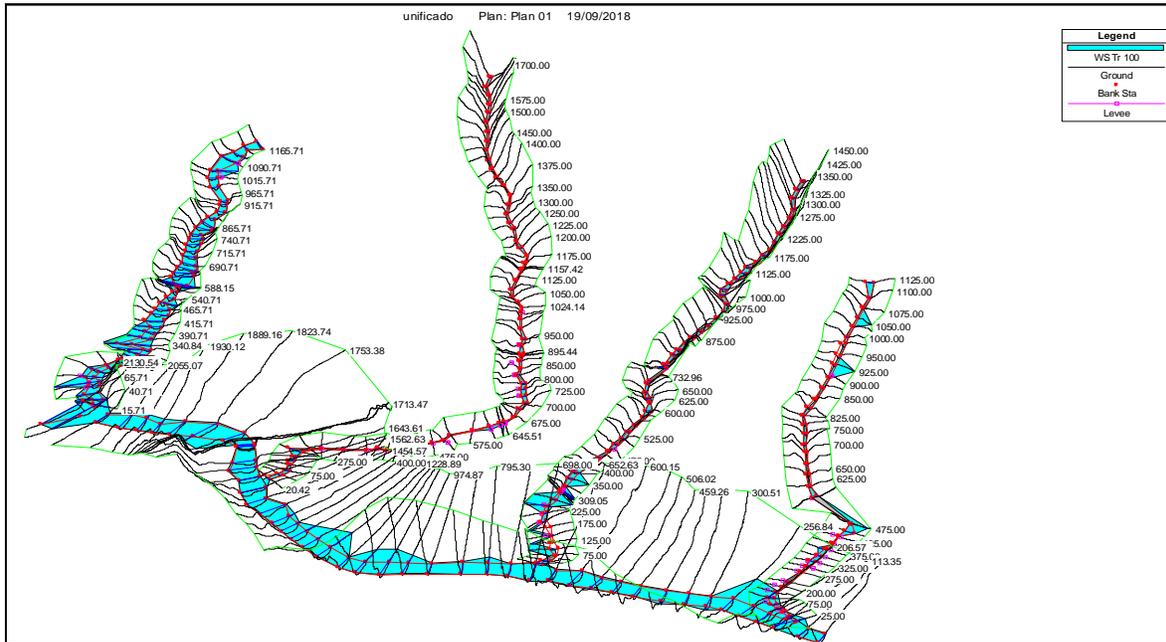


Ilustración 149. Modelo 3D Vista Isométrica HEC-RAS del Río Suaza y sus afluentes.
Fuente: Geocing S.A.S

La Ilustración 149, presenta la visualización de ríos y quebradas en el software HEC-RAS, donde se logra determinar las láminas de aguas de las crecientes del río suaza y sus afluentes como lo son las quebradas La Guache, Marajó, Cangrejo y No 1 para un período de retorno de 100 años, estableciendo las cotas de inundación para las crecientes modeladas. Identificando que en la margen izquierda se presenta una zona de inundación con un rango de aproximadamente 100 y 120 metros a partir del eje del río.

● **Río Suaza**

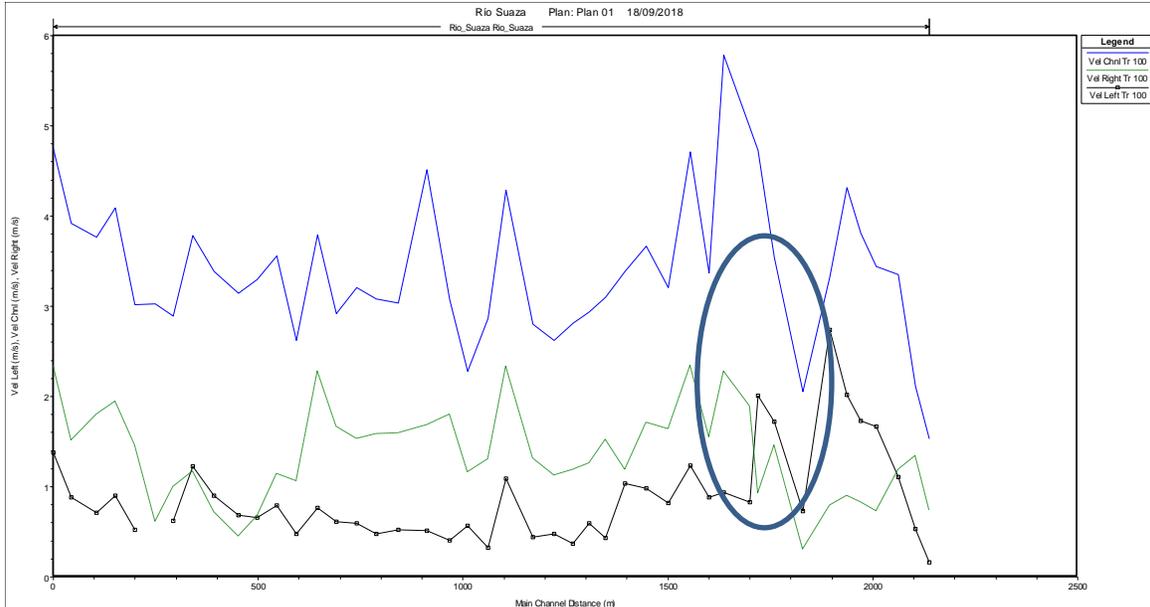


Ilustración 150. Perfil de velocidades del río Suaza, en el área de influencia ubicada en el Casco urbano - Creciente con período de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S

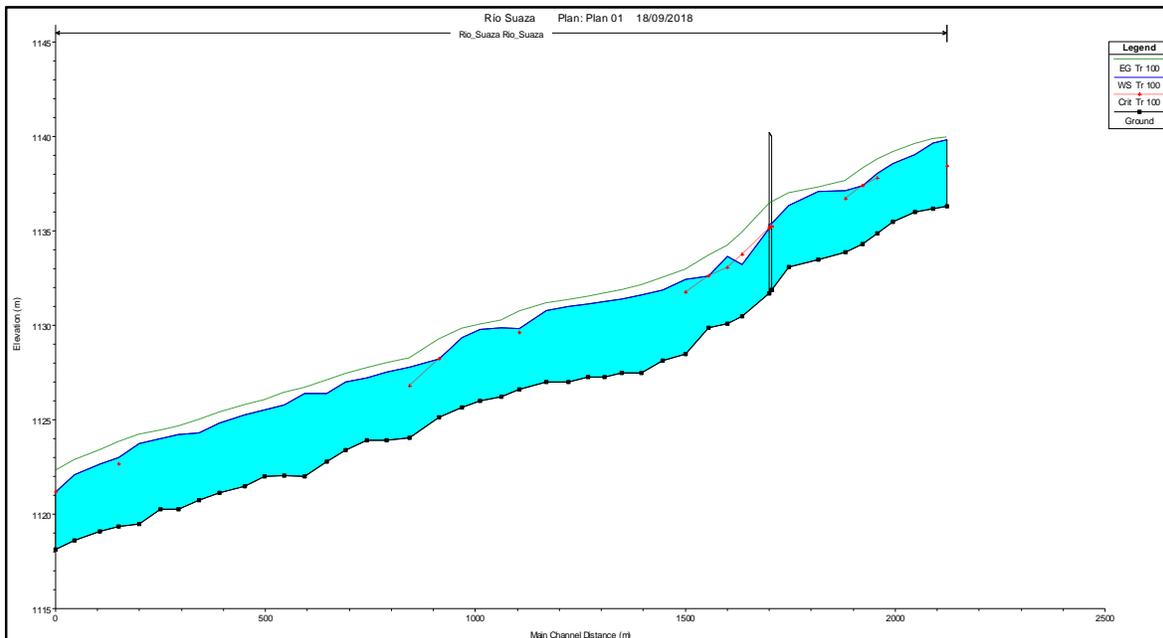


Ilustración 151. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciete con período de retorno de 100 años en el río Suaza, a la altura del Casco Urbano.
Fuente: Geocing S.A.S

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Como se observa en la Ilustración 150 en la sección RS-189, en la abscisa K1+713.46, se denota un cambio de la velocidad al pasar el puente, ya que la estructura (Ilustración 152), genera una reducción del área hidráulica dado el encajonamiento del cauce, lo cual genera una represamiento y una reducción en la velocidad aguas arriba y un aumento en la sección del puente alcanzando una mayor velocidad de flujo que puede llegar hasta 7 m/s. En la Ilustración 151 en la misma abscisa se establece que hay un aumento en la altura de la lámina de agua que pasa de 2 m a 4.3 m lo cual generan inundaciones en el margen derecho del río debido a un rebosamiento lateral, y al margen izquierdo una socavación del talud marginal del río por el aumento de su lámina de agua y su velocidad.

En la sección RS-190 de la abscisa K1+707.32 hasta la sección RS-191 de la abscisa K1+643.61 luego del paso por el puente, el cauce retoma el ancho de su sección natural, por lo cual restablece el área natural disminuyendo la velocidad, situación que genera un salto hidráulico, generando como consecuencia inundación al costado derecho del río aumentando su lámina de agua de 2.2 m a 5 m. En la sección RS-199 de la abscisa K1+275.76 hasta la sección RS-209 de la abscisa K0+748.59 la lámina de agua pasa de 1.7 metros a 3.6 metros, provocando por su topografía del costado izquierdo inundaciones que llegan 12 metros desde su eje del río.



Ilustración 152 Puente del Río Suaza
Fuente: Geocing S.A.S

En la Ilustración 152 se observa el puente que cruza sobre el río Suaza tiene 52 m de largo, ancho de 6 m y una elevación de 9 m. En el cual no tienen afectaciones por las crecientes en ninguno de los periodos de estudio, a continuación se en la Ilustración 153

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

se presenta la espacialización de la “mancha” de inundación generada para el río Suaza en un periodo de retorno de 100 años.

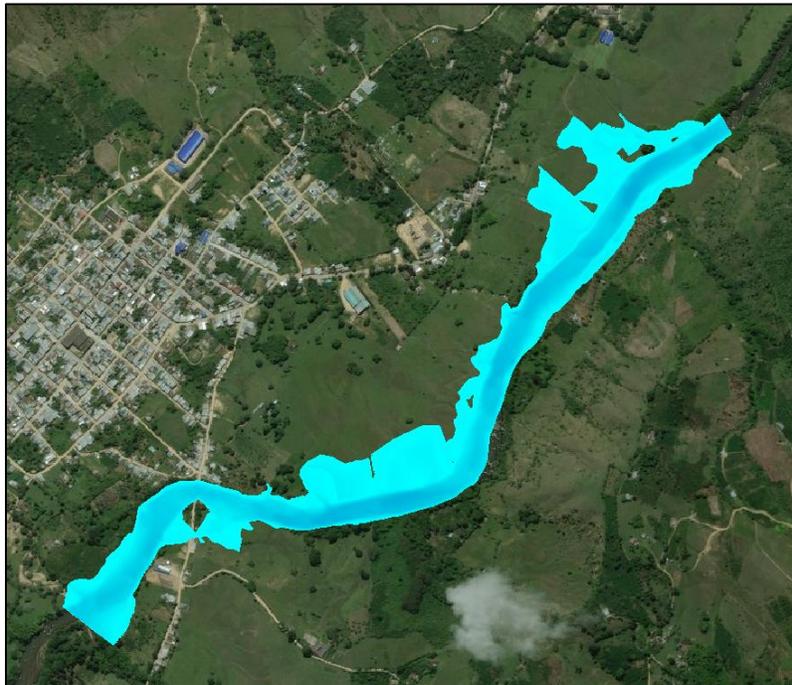


Ilustración 153 Río Suaza, periodo de retorno de 100 años
Fuente: Geocing S.A.S

• **Quebrada La Guache**

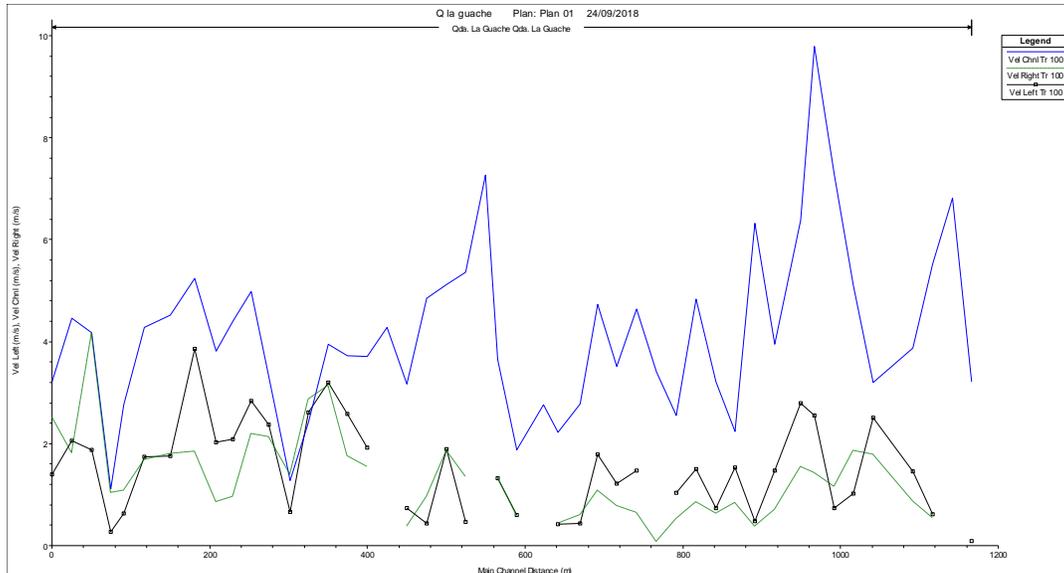


Ilustración 154. Perfil de velocidades de la Quebrada la Guache en el área de influencia - Creciente con período de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S

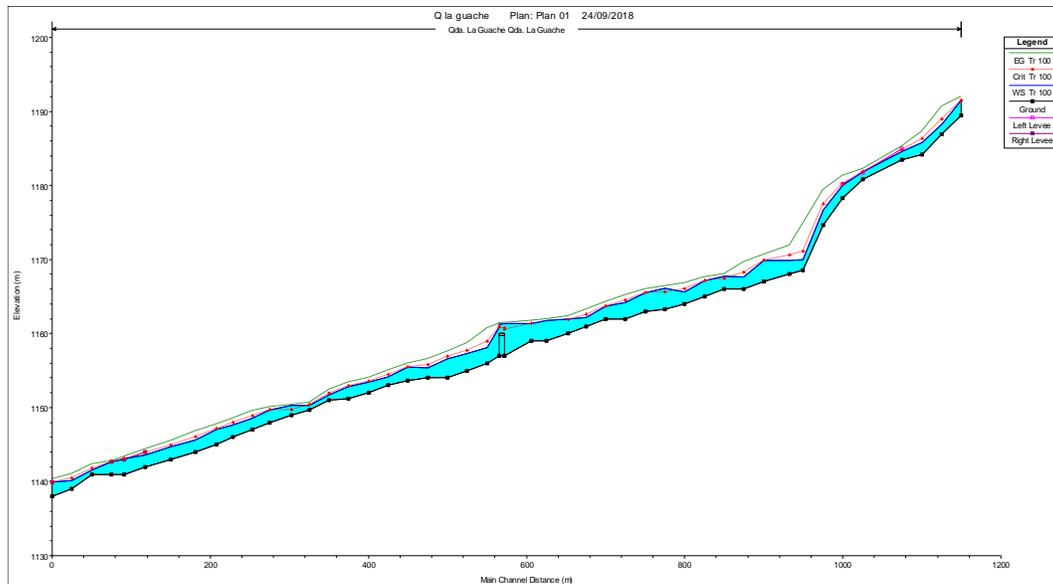


Ilustración 155. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciete con período de retorno de 100 años de la Quebrada la Guache a la altura del Casco Urbano, en el Municipio de Acevedo - Huila.
Fuente: Geocing S.A.S.

En la Ilustración 154 e Ilustración 155 se observa que en la sección QG-7 de abscisa K0+990 hay un cambio topográfico importante que aumenta la velocidad del cauce en 5 m/s sin tener ninguna afectación en la zona de estudio. En la sección QG-26 en la abscisa

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

K0+581.47, se encuentra un puente (Ilustración 156), con 20 m de largo, ancho de 5 m y altura de 4 m.



Ilustración 156 Puente quebrada La Guache
Fuente: Geocing S.A.S

En la Ilustración 157 se presentan 3 puntos de interés con las siguientes características resultado de la modelación en el software HEC-RAS de la quebrada La Guache en un periodo de retorno de 100 años.

Se ve afectado por el aumento del caudal en el periodo de retorno se determina que el área hidráulica del puente es insuficiente para el caudal que transporta la quebrada obstaculizando el tránsito libre, esto genera una velocidad que alcanza los 5 m/s. Se observa que la lámina de agua tiene 0.4 m y en el periodo de retorno alcanza una lámina de agua de 1,2 metros de altura generando inundación en las márgenes de la quebrada.

En la sección QG-33 de la abscisa K0+390 hasta la sección QG-52 de la abscisa K0+24.65 se observa el cambio de topografía de zona montañosa a zona de abanico, la cual se caracteriza por ser una zona inundable dado las condiciones en las que permiten un aumento del área hidráulica y por lo tanto una reducción en la velocidad de flujo.

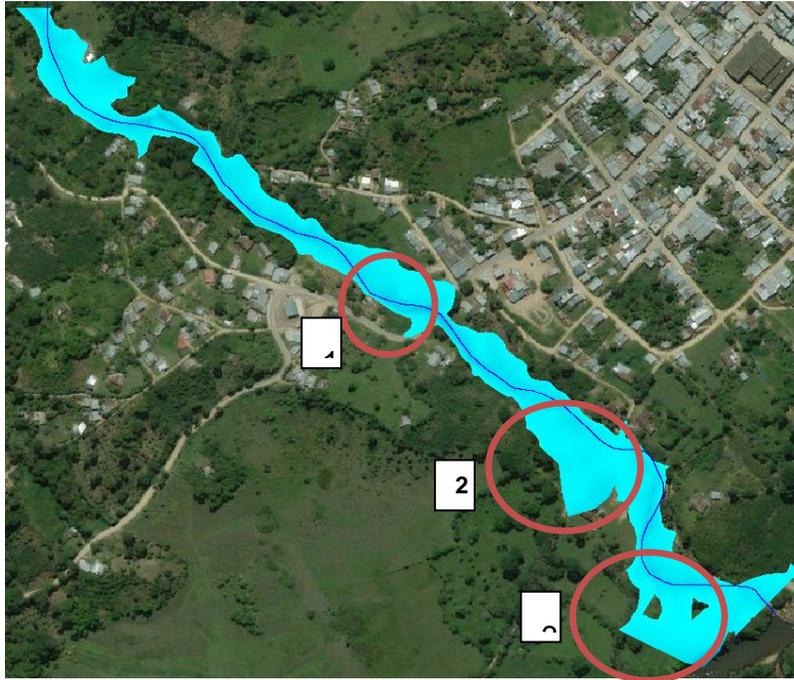


Ilustración 157 Espacialización quebrada La Guache para un periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S

- **Quebrada Marajó**

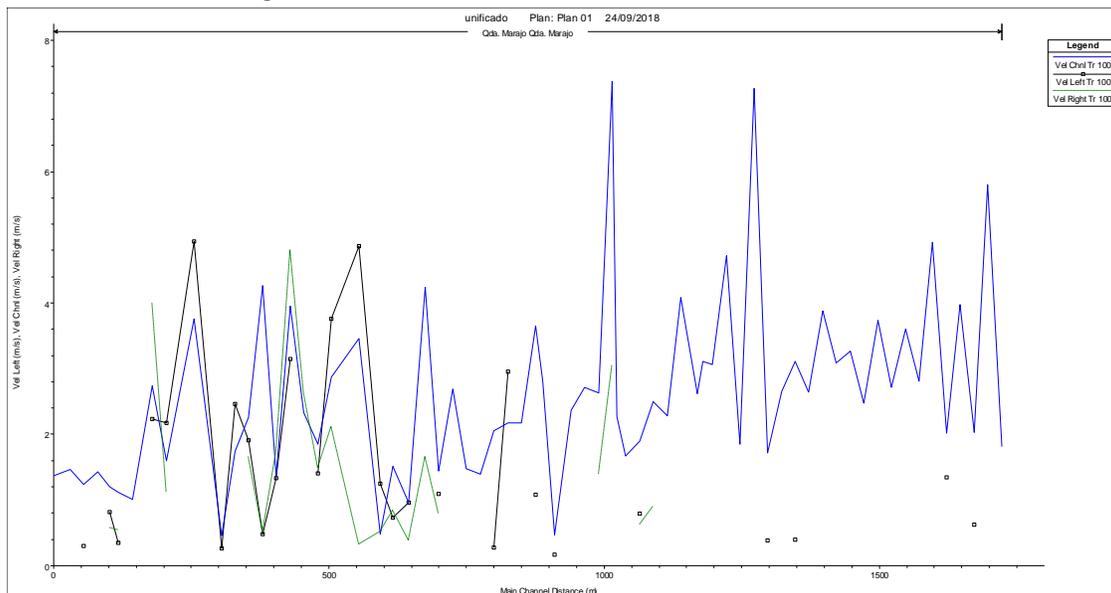


Ilustración 158. Perfil de velocidades de la Quebrada Marajó, en el área de influencia ubicada en el casco urbano del municipio de Suaza - Creciente con período de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

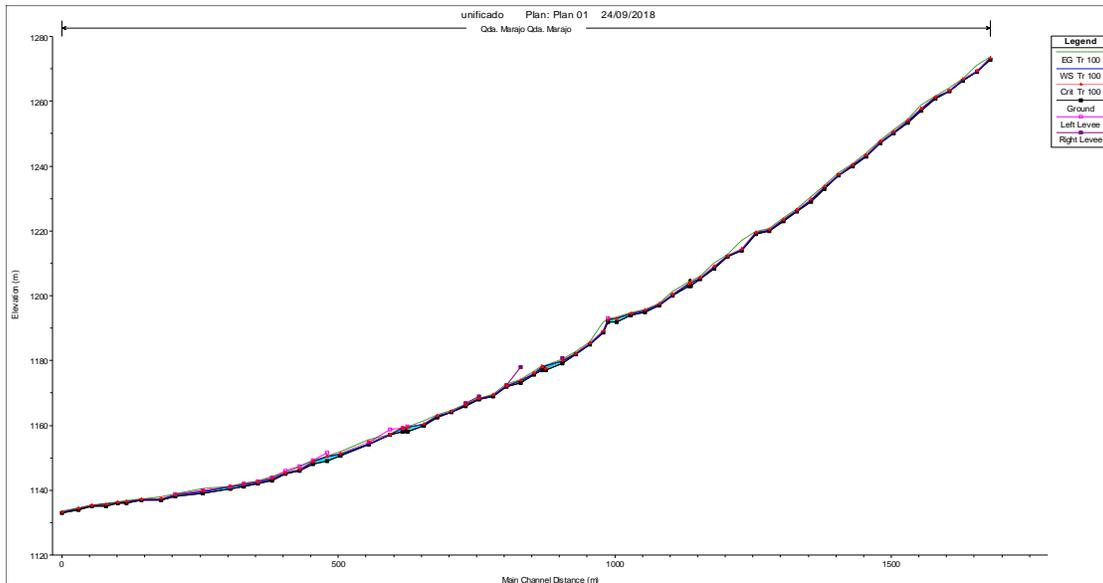


Ilustración 159. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciete con período de retorno de 100 años en la Quebrada Marajó, a la altura del Casco Urbano, en el Municipio de La Suaza - Huila.
Fuente: Geocing S.A.S

Los resultados correspondientes a la modelación para un periodo de retorno de 100 años se presentan en la Ilustración 150, en la cual se visualiza la espacialización de la mancha de la quebrada Marajó. Adicionalmente, en esta ilustración se identificó una zona que presenta condiciones particulares en el punto marcado como 1, esta se ubica en la sección QM-73 de la abscisa k1+174.19 en la cual se encuentra una alcantarilla con unas dimensiones de 5 m de largo, ancho de 3.2 m y galibo de 2 m, la cual no se ve afectado por el paso de la creciete para un periodo de retorno para 100 años.



Ilustración 160 Espacialización quebrada Cangrejo para un periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S

• **Quebrada Cangrejo**

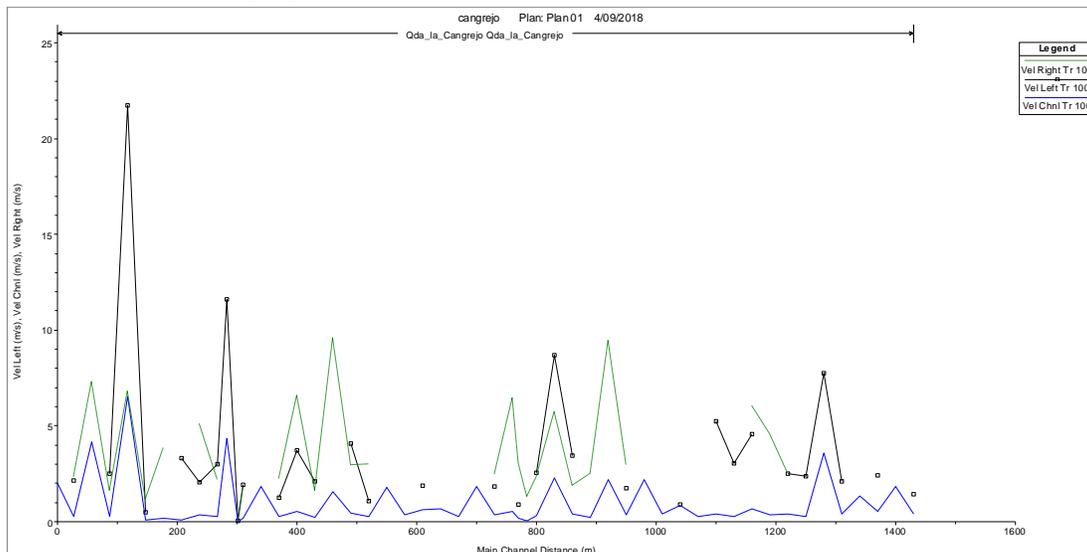


Ilustración 161. Perfil de velocidades de la Quebrada Cangrejo, en el área de influencia ubicada en el casco urbano del municipio de Suaza - Cresiente con periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

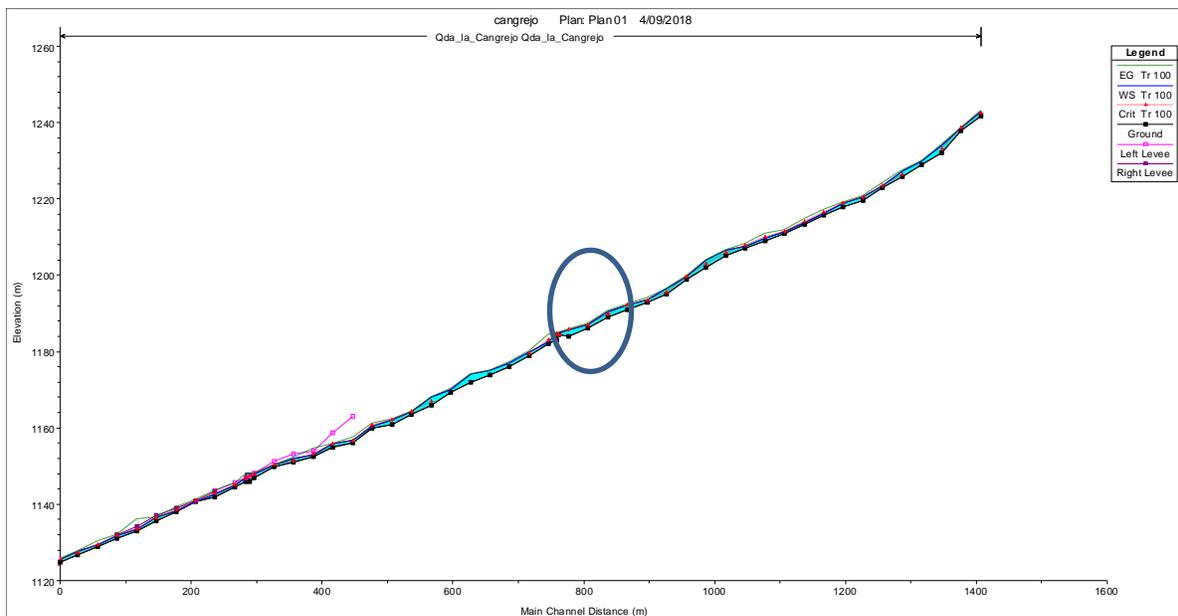


Ilustración 162. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años en la Quebrada Cangrejo, a la altura del Casco Urbano, en el Municipio de Suaza - Huila.
Fuente: Geocing S.A.S

Como se observa en la Ilustración 161 e Ilustración 162 en la sección QC-156 de la abscisa K0+773 se observa un box culvert con dimensiones aproximadas de 4 metros de largo, un ancho de 10 metros y 1.3 metros de elevación. El cual no se ve afectado por el paso de la quebrada.

En la sección QC-175 de la abscisa K0+297 se encuentra un box culvert (Ilustración 163), con dimensiones aproximadas de 4.3 metros de largo, un ancho de 9 metros y 1 metro de elevación, el cual se ve afecta por una altura de lámina de agua entre 0.6 m y 1.4 m. Se determina que la capacidad hidráulica del box culvert es insuficiente para el paso de la creciente de la quebrada en un periodo de retorno de 100 años, generando una reducción en el área hidráulica que ocasionando la inundación en la parte izquierda de la quebrada, tal como se presenta en el punto 1 de la Ilustración 163.

Por otra parte aguas abajo de la alcantarilla que se encuentra en la abscisa K0+297 genera en la sección QC-177 de la abscisa K0+278.5 hasta la sección QC-185 de la abscisa K0+38.5 un salto hidráulico que proporciona inundaciones por el cambio abrupto de la velocidad que pasa de 8 m/s a 1.5 m/s, generando afectaciones por inundación a ambos costados de la quebrada.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 163 Alcantarilla de la vía principal de la quebrada Cangrejo
Fuente: Google Earth

En la Ilustración 164 se observa el resultado del software HEC-RAS espacialización de la quebrada Marajó en un periodo de retorno de 100 años.

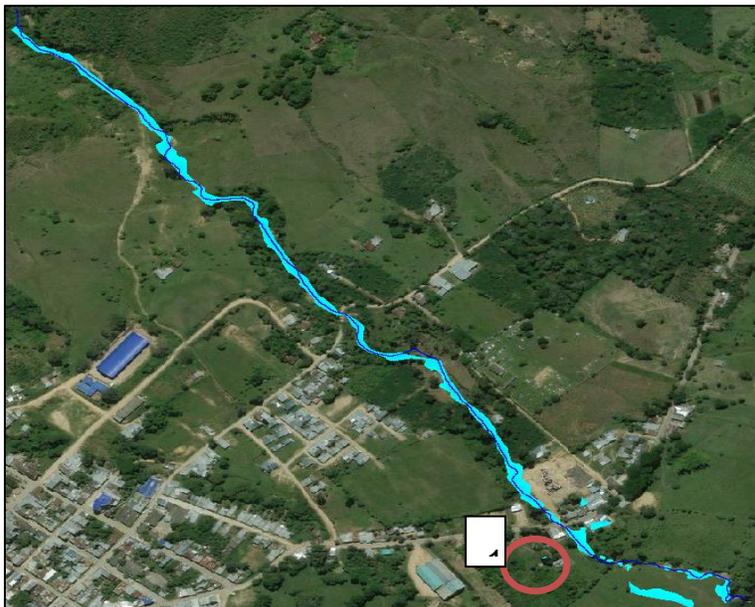


Ilustración 164 Espacialización quebrada Cangrejo para un periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S.

• **Quebrada No 1**

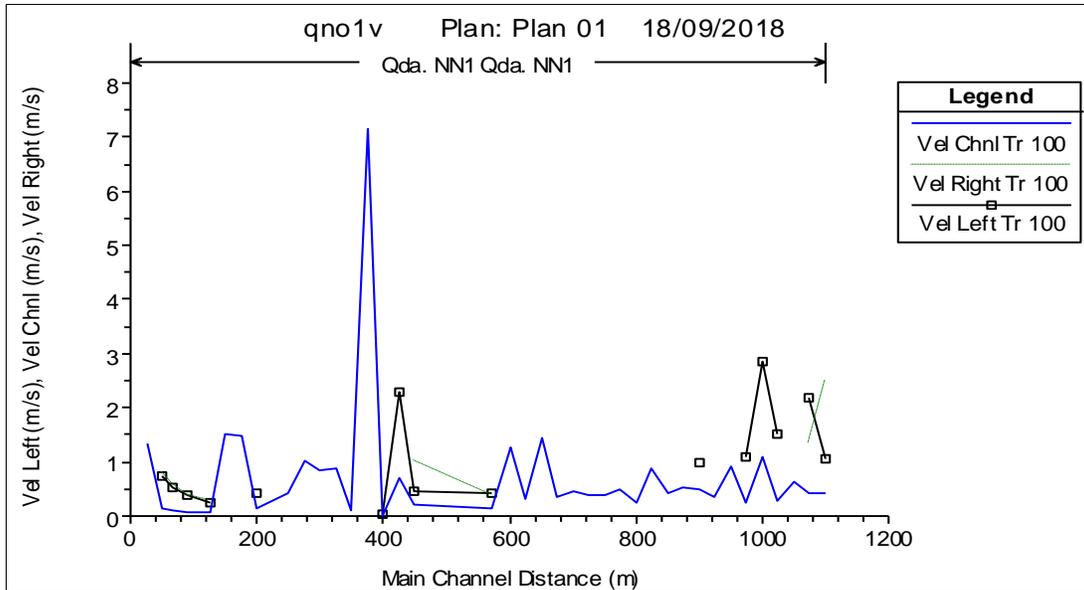


Ilustración 165. Perfil de velocidades de la Quebrada No 1, en el área de influencia ubicada en el casco urbano del municipio de Acevedo - Creciente con periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S.

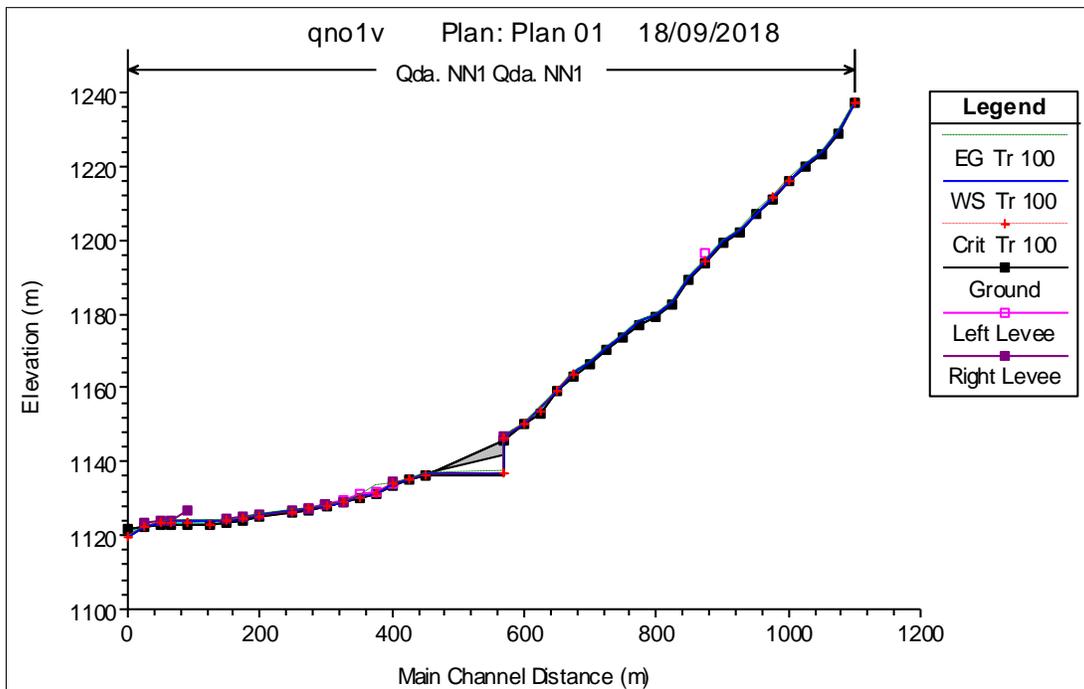


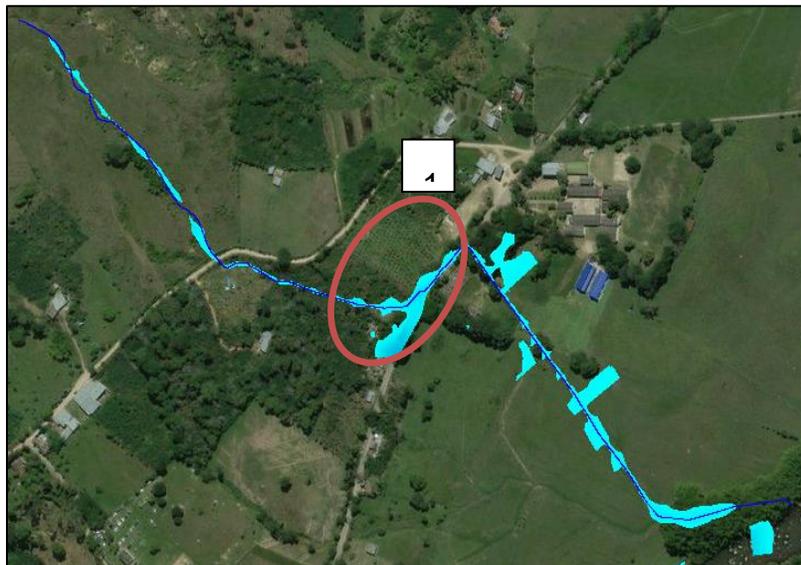
Ilustración 166. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciento con periodo de retorno de 100 años en la Quebrada No 1, a la altura del Casco Urbano, en el Municipio de Acevedo - Huila.
Fuente: Geocing S.A.S

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Para el punto 1 presentado en la Ilustración 166 se establece que la quebrada tiene una velocidad promedio de 0.5 m/s, con la única variación en la sección QN-254 en la abscisa K0+404.7 debido a un salto hidráulico derivado de un box culvert que tiene unas dimensiones de 5 m de ancho, 12 m de largo, una elevación de 1.2 metros y un diámetro de 1 metros. La estructura no tiene la capacidad hidráulica para soportar el caudal del periodo de retorno de 100 años por lo que se presenta un rebose lateral al margen derecho de la quebrada.

Posteriormente de la sección QN-255 de la abscisa K0+374.7 hasta la sección QN-264 de la abscisa K0+74.7 se evidencia que la topografía es una zona de llanura, en la cual debido a la pendiente y la correspondiente orografía favorece la inundación en ambos costados de la quebrada.

En la Ilustración 167 se presenta el resultado de la modelación en el software HEC-RAS, de la quebrada No 1 para un periodo de retorno de 100 años.



**Ilustración 167 Espacialización quebrada No 1 para un periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S**

La mayoría de los afluentes que transitan por los box culvert y las alcantarillas localizados en las quebradas la Guache, Marajó, Cangrejo y No 1 presentan algún tipo de afectación con crecientes en periodos de retorno superior a 100 años. Se prioriza el puente ubicado en la quebrada La Guache es susceptible a verse afectado debido a la altura de lámina de agua. Se recomienda que para los box culvert ubicados en las quebradas Marajó, Cangrejo y la quebrada No1 (nombre otorgado para por el proyecto) sean ajustados respecto a los caudales correspondientes a 100 años debido a que las secciones hidráulicas no pueden con periodos de retorno igual a este o superiores, facilitando el

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

paso de las quebradas y evitando inundaciones derivadas del represamiento que se genera aguas arriba, lo cual deriva en posibles reboses laterales.

Finalmente, se considera que la caracterización y el promedio de 2 a 5 m de la altura de la lámina de agua de la creciente para un período de retorno de 100 años permite determinar de manera espacial y local las alturas mínimas requeridas para las obras a proyectar y/o implementar en las áreas inundables del casco urbano de Acevedo, con el fin de reducir y/o mitigar la condición de riesgo de inundación y represamientos de la infraestructura y/o viviendas presentes en dicha zona inundable, siempre y cuando se tome dicha creciente como criterio de diseño o escenario de amenaza al cual se pretenda realizar la mitigación respectiva.

13.2.7 Categorización de la Amenaza Por Inundación

El nivel de amenaza se evaluó basados en las normas técnicas para el control de erosión y para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos de la CDMB, la cual lo clasifica en tres niveles; Nivel de amenaza Baja, Media y Alta.

El nivel de amenaza está en función tanto de la intensidad como de la probabilidad de la inundación. La intensidad de la inundación está definida por la profundidad y por la velocidad del flujo. La probabilidad es inversamente proporcional a la magnitud de la inundación. Por eso, los grandes eventos ocurren con menor frecuencia, pero poseen alta intensidad relativa a la profundidad y a la velocidad del flujo, mientras que los eventos pequeños son más frecuentes, pero menos dañinos. El nivel de la amenaza se define, entonces, como una función discreta que combina la intensidad (magnitud del evento) y el período de retorno (frecuencia). Teniendo en cuenta los criterios encontrados en la literatura acerca de los períodos de retorno y su intensidad, se propone categorizar la amenaza por inundación con la Tabla 93.

Tabla 93. Categorización de Amenaza por Inundación.

CATEGORÍA		PERÍODO DE RETORNO (años)	DESCRIPCIÓN
I	Bajo	1000	El evento de inundación puede ser concebible pero únicamente bajo circunstancias excepcionales. Los eventos ocurrirían con un período de retorno mayor o igual a 1000 años.
II	Medio	500	La ocurrencia de una Inundación durante el de término un tiempo de vida es poco probable, pero es posible que ocurra bajo condiciones adversas. Los eventos ocurrirían con un período de retorno de 500 años.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

CATEGORÍA	PERÍODO DE RETORNO (años)	DESCRIPCIÓN
III	Alto	100 La Inundación puede ser inminente. Los eventos ocurrirían con un período de retorno menor a 100 años.

Fuente: Geocing S.A.S.

13.2.8 Evaluación de la amenaza

De acuerdo con el criterio de evaluación presentado en la categorización de la amenaza, y tomando los datos de velocidad y profundidad de la lámina de agua obtenidos en la modelación hidráulica e integrando las manchas de Inundación para los diferentes períodos de retorno evaluados, se obtiene que la amenaza por inundación de la zona de estudio donde se observa que para esta zona se presentan amenazas desde la categoría baja hasta alta.

En la siguiente ilustración se presenta el mapa de amenaza por inundación final de la zona crítica evaluada del casco urbano del municipio Acevedo



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

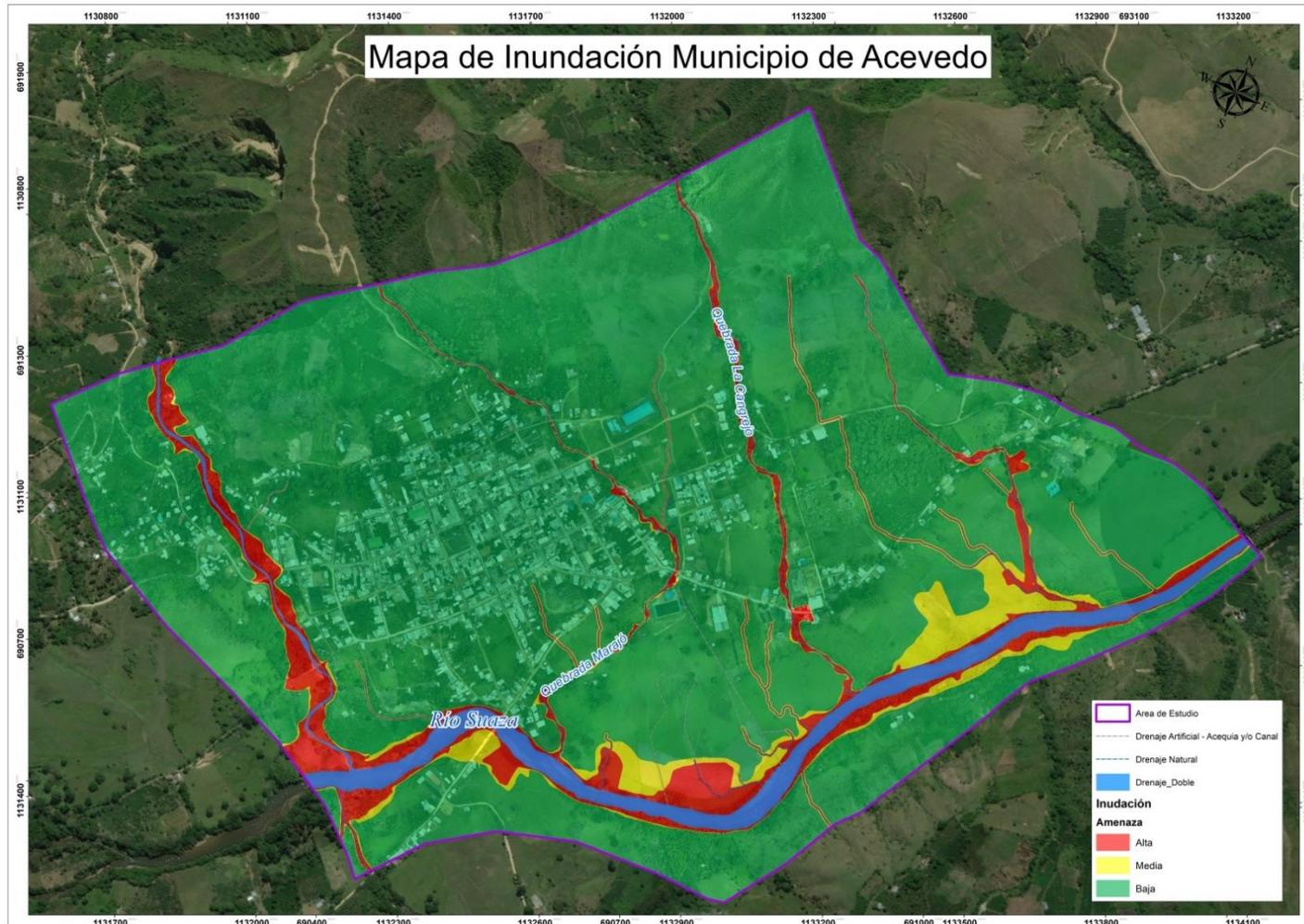


Ilustración 168. Mapa de Amenaza por inundación del casco urbano del Municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Según el anterior mapa, las zonas en amenaza por inundación de la cabecera municipal Acevedo se relacionan a continuación:

En la modelación local se encontró que el casco urbano del municipio de Acevedo está expuesto a eventos inundaciones en algunas zonas bañadas por el Río Suaza y sus afluentes en la zona de estudio. De acuerdo al análisis de la modelación hidráulica se evidencio que dentro del área de estudio se generan afectaciones por eventos de inundación en los principales drenajes del municipio (Rio Suaza, quebradas la Guache, Marajó, La Cangrejo y No 1), se observa que es posible en la mayoría de los puentes y Box culvert localizados en las quebradas La Guache, Marajó, Cangrejo y No 1, presente algún tipo de afectación para la ocurrencia de crecientes para un período de retorno igual o superior a 100 años, debido a que no tiene la capacidad hidráulica para transportar ese pico de creciente, por lo tanto se recomienda una restructuración o repotencialización de los mismos. Se recomienda hacer un estudio detallado en esas áreas puntuales debido al riesgo que puede generar a la población.

13.2.9 Resultados

La amenaza por inundación está asociada a la afectación y confluencia generada por el río Suaza y sus afluentes, en este caso en el casco urbano del Municipio de Acevedo traduce que son terrenos que se pueden ver afectados por amenazas graves.

El mapa de amenaza por Inundación permite observar los drenajes en el casco urbano del municipio de Acevedo, los cuales se encuentran categorizados por la probabilidad representativa de los periodos de retorno de 100, 500 y 1000 años. Esta categorización se representa tal como se presenta en la Tabla 94.

Tabla 94 Áreas y Porcentajes de cada nivel de amenaza por inundación.

Amenaza	Área (Ha)	Área (%)
Alta	28.99	10.02
Media	11.16	3.86
Baja	249.03	86.12
Total	289.18	100

Fuente: Geocing S.A.S

Según los resultados obtenidos se logra identificar que la categorización con amenaza baja representa la mayor área por inundación con el 86,12% del área total del municipio de Acevedo, seguido por la amenaza alta con el 10,02% del área total, y la menor área es la categorizada con amenaza media con el 3,86%.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

13.2.10 Recomendaciones:

Para los box culvert y alcantarillas de las quebradas del casco urbano de Acevedo se sugiere se realice la restructuración ya que establece que las obras están en regular estado y no cumplen con las condiciones técnicas para el paso de los caudales determinados por este estudio buscando mitigar la amenaza por inundación, relacionado a las crecientes de los periodos de retorno de 100, 500 y 1000 años en los drenajes que se encuentra dentro del municipio de Acevedo.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

13.3 AVENIDA TORRENCIAL

Según la correspondiente revisión de potencial de torrencialidad para los drenajes ubicados en el municipio de Acevedo se logra establecer que la quebrada La Guache y el río Suaza son susceptibles a presentar una avenida torrencial por lo tanto se establecieron los parámetros correspondientes para la modelación de las manchas.

Para la correspondiente modelación se establecieron los coeficientes de Manning de los la quebrada el Guache y el río Suaza tal como se presenta en la Tabla 95, observamos un coeficiente de rugosidad alto, por la cantidad de material que arrastra el cauce de la quebrada, localizados en la parte llana de la quebrada y el río.

Tabla 95 Manning de rugosidad av. torrencial

RÍO	RUGOSIDAD DE MANNING MÍNIMA ZONA DE TRANSICIÓN
Suaza	0,035 hasta 0.12

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 96 Rugosidad

Quebrada	RUGOSIDAD DE MANNING MÍNIMA ZONA DE TRANSICIÓN
La Guache	0.040 hasta 0.1095

Fuente: Geocing

Los caudales de inundación tienen un aumento del 40% a los periodos de retorno, ya que son eventos inesperados, ver la siguiente Tabla 97:

Tabla 97 Caudales Modelación Avenida Torrencial

Crecientes	Sección	AÑOS									
		2.33	5	10	15	25	50	100	200	500	1000
		Caudales (m3/s)									
Río Suaza	2130,54	176,54	280,28	376,32	430,08	499,24	588,7	676,9	764,68	885,22	977,9
	2055,07	183,54	296,38	402,78	464,1	542,92	650,86	756,28	862,26	1005,62	1119,44
	1509,01	187,74	301,56	411,04	471,52	552,16	659,26	764,82	870,94	1016,82	1130,78
	652,63	190,12	304,78	415,1	476,56	557,76	664,72	770,7	877,1	1024,52	1138,9
	51,51	192,64	308,84	419,58	482,16	563,78	670,74	777,14	884,1	1033,2	1148,14
Quebrada la Guache	1170,04	48,02	73,78	96,46	110,18	127,54	151,62	176,26	201,18	234,92	260,68

Fuente: Geocing SAS

A partir de los caudales establecidos y los coeficientes de rugosidad de Manning se generaron los parámetros correspondientes para la modelación de la avenida torrencial en el software FLOR-2D tal como se presentan en la Ilustración 169, en la cual se logra

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

identificar el contorno correspondiente a la modelación el cual se marca como una línea roja, un mallado dentro del mismo con un tamaño de 15 metros, los predios ubicados los cuales se marcan como recuadros anaranjados y las vías que se presentan como líneas verdes; esto con el fin de marcar las posibles obstrucciones y caminos que podría tomar en un evento de estos.



Ilustración 169. Parámetros Modelación FLO- 2D.
Fuente: Geocing SAS

En la Ilustración 170 se presenta los correspondientes resultados de la modelación de una avenida torrencial para un periodo de retorno de 100 años en la quebrada la Guache y el río Suaza.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

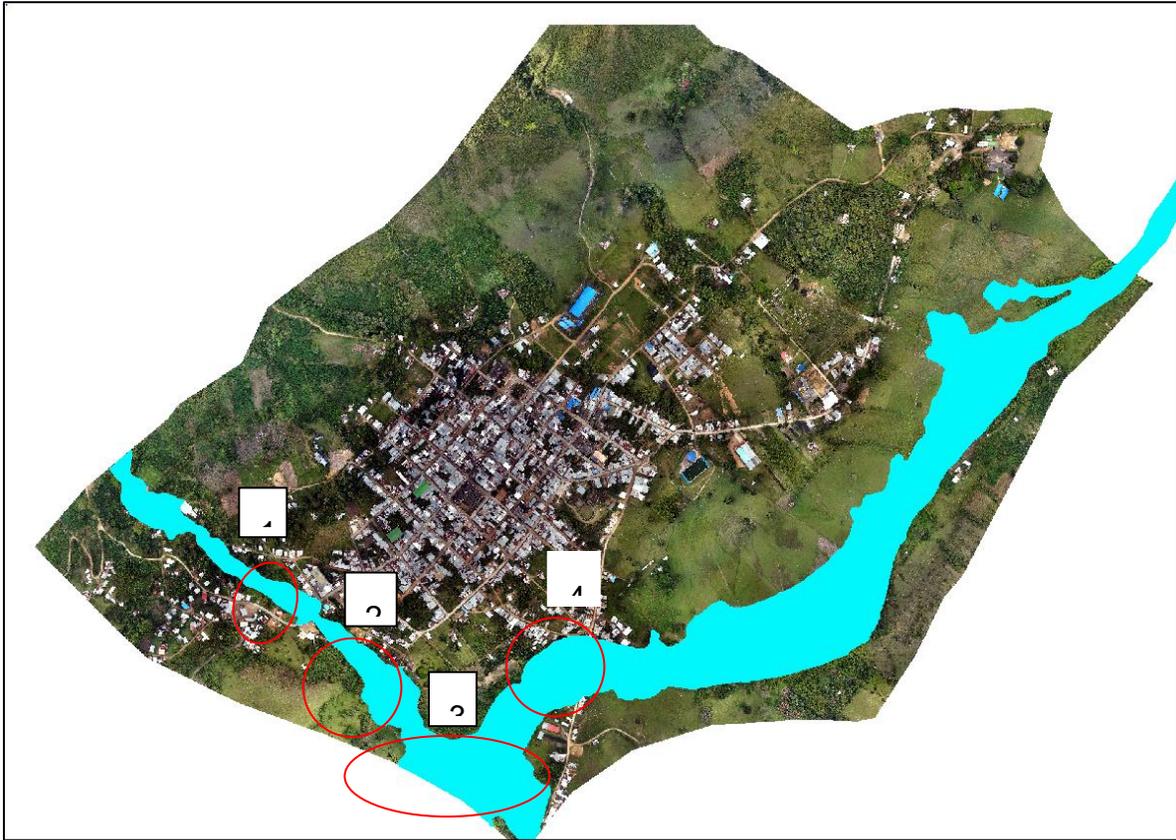


Ilustración 170. Resultados modelación avenida torrencial municipio de Acevedo y el casco urbano para un periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing SAS

Según los correspondientes resultados de la modelación de una avenida torrencial en un periodo de retorno de 100 años en el municipio de Acevedo se identificaron 4 puntos de interés tal como se presenta en la Ilustración 170 y como se describen a continuación:

1. En este punto se presenta una afectación considerable al puente que pasa por la quebrada La Guache, teniendo una lámina de agua aproximada de 2,3 m en la zona de estudio, con un desbordamiento de la quebrada de aproximadamente 20 m en ambos costados de la quebrada.
2. En este punto se presenta un salto hidráulico, que ocasiona un cambio abrupto en la velocidad que pasa de 2 m/s a 6 m/s (Ver Ilustración 171), debido a un cambio en el área hidráulica ocasionada por un puente ubicado en el punto; adicionalmente, aguas arriba se genera un represamiento de flujo y una reducción de velocidad que generan rebose lateral derecho.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

3. En el punto de desembocadura de la quebrada La Guache en el río Suaza se identifica una inundación debido a la sumatoria de caudales que representan estos drenajes, llevando a un rebose lateral al costado derecho de la quebrada y en ambos costados para el río, alcanzando alturas de 0,3 m y 1,5 m respectivamente, cabe resaltar que en este punto no se presentan elementos expuestos.

4. A pesar de que el río Suaza presenta rebose lateral en toda la tramo modelado dentro del municipio de Acevedo se establece este como un punto de interés debido a que en la zona se identifican 8 predios y un tramo vial de 170 m, debido a la ubicación que tienen respecto al drenaje.

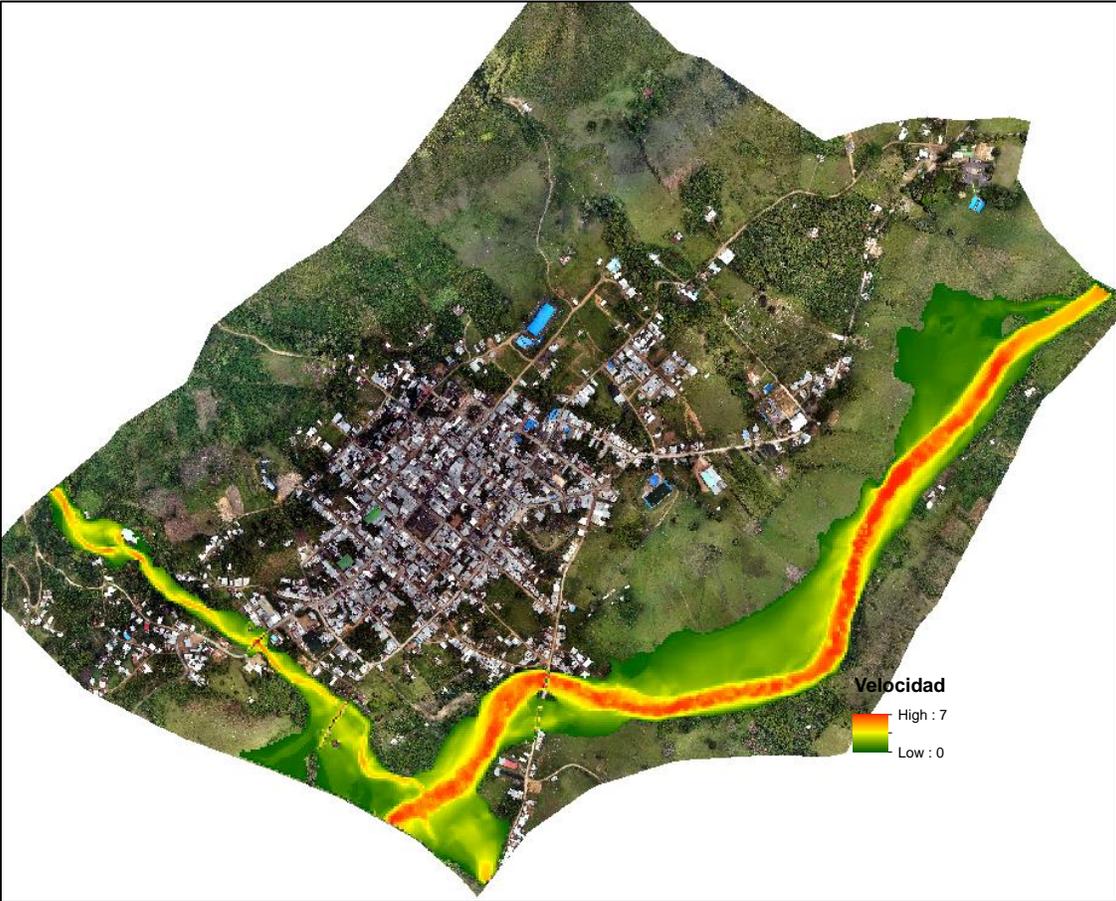


Ilustración 171. Velocidades modelación avenida torrencial municipio de Acevedo y el casco urbano para un periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S.

En la Ilustración 171 se presenta la variación de la velocidad de flujo a través del municipio de Acevedo, estableciendo que los puntos en los cuales se presentan los mayores valores son los correspondientes a al vaso del río Suaza y parte de la quebrada

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La Guache, con velocidades de hasta 7 m/s, siendo velocidades significativas que pueden generar arrastre de materiales que se encuentran en el lecho y la zona de inundación de la quebrada.

Como se evidencia en la Tabla 98, que durante el evento de avenida torrencial, hay un aumento significativo en la ronda hídrica, en el cual se verán afectadas las viviendas que están a lo largo de la rivera de la quebrada la Guache. Se determina que el box culvert aguas abajo, carece de las condiciones técnicas y funcionales para poder soportar la carga hidráulica que trae el cauce de la quebrada en un periodo de retorno de 100 años.

Mediante el perfil longitudinal se determina que aguas arriba hay unas caídas pronunciadas las cuales aumentan la velocidad del cauce, como es una caída rápida y en la parte inferior hay un descenso en parte llana, se observa un efecto de esparcimiento del cauce hacia los costados afectando gran parte de las zonas llanas de la quebrada la Guache, aumentando la zonas de inundación en el puente.

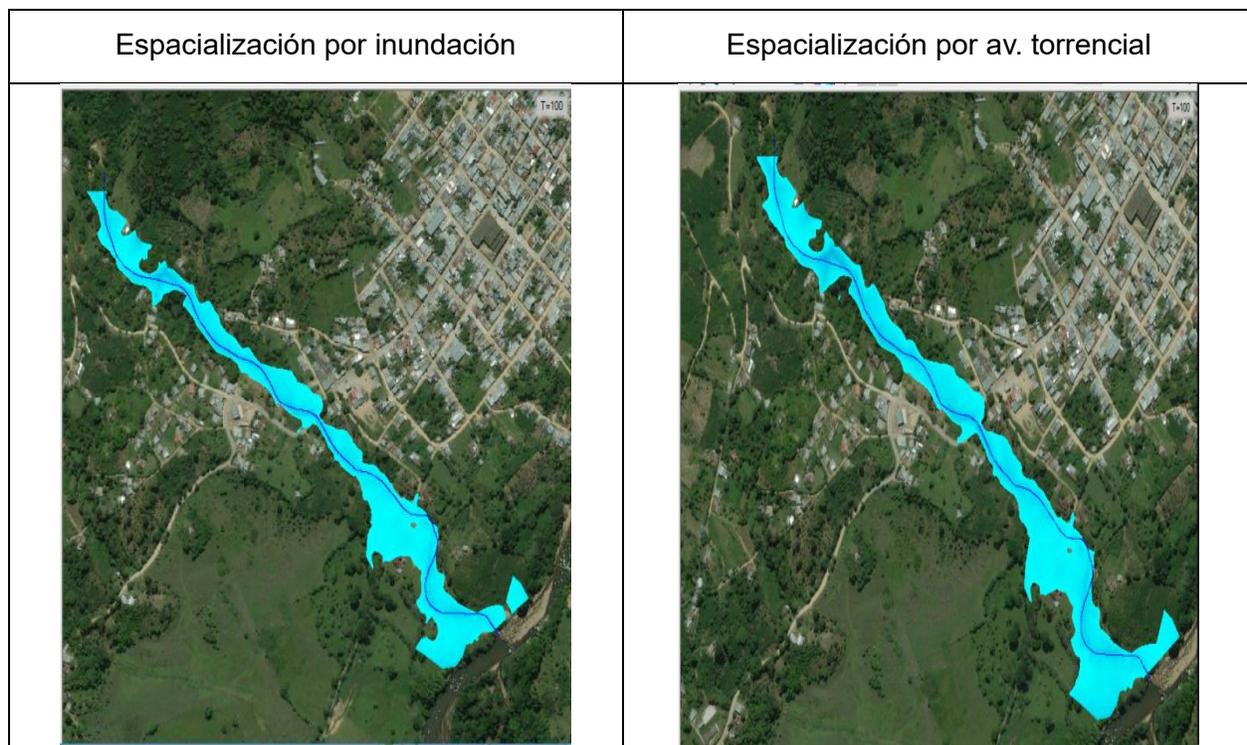


Tabla 98 Determinación de zonas de afectación por av. torrencial en la quebrada La Guache
Fuente: Geocing S.A.S.

Por otra parte se recomienda realizar un estudio complementario para determinar los planes de contingencia (PDC), y de esta forma tener alarmas que puedan preservar la vida de la población del municipio de Acevedo – Huila.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La amenaza por avenida torrencial está asociada a la afectación y confluencia generada por la quebrada la Guache y el río Suaza, representados según los periodos de retorno asociados en la Tabla 99.

Tabla 99 Áreas y Porcentajes de cada nivel de amenaza por avenida torrencial

CATEGORÍA		PERÍODO DE RETORNO (años)	DESCRIPCIÓN
I	Bajo	1000	El evento de avenida torrencial puede ser concebible pero únicamente bajo circunstancias excepcionales. Los eventos ocurrirían con un período de retorno mayor o igual a 1000 años.
II	Medio	500	La ocurrencia de una avenida torrencial durante el término un tiempo de vida es poco probable, pero es posible que ocurra bajo condiciones adversas. Los eventos ocurrirían con un período de retorno de 500 años.
III	Alto	100	La avenida torrencial puede ser inminente. Los eventos ocurrirían con un período de retorno menor a 100 años.

Fuente: Geocing S.A.S

En la Tabla 100 se presentan las áreas correspondientes a las categorías de amenaza por avenida torrencial, estableciendo que la mayor área del municipio se categoriza con amenaza baja con el 83,97% del área total, lo cual corresponde a 242,93 Ha, seguido por el 13,20% del área total que corresponde a la categoría de amenaza alta con 38,17 Ha, y la amenaza baja representa el 2,83% del área total

Tabla 100 Áreas y Porcentajes de cada nivel de amenaza por avenida torrencial

Amenaza	Área (Ha)	Área (%)
Alta	38,17	13,20
Media	8,19	2,83
Baja	242,93	83,97
Total	289,29	100

Fuente: Geocing S.A.S



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

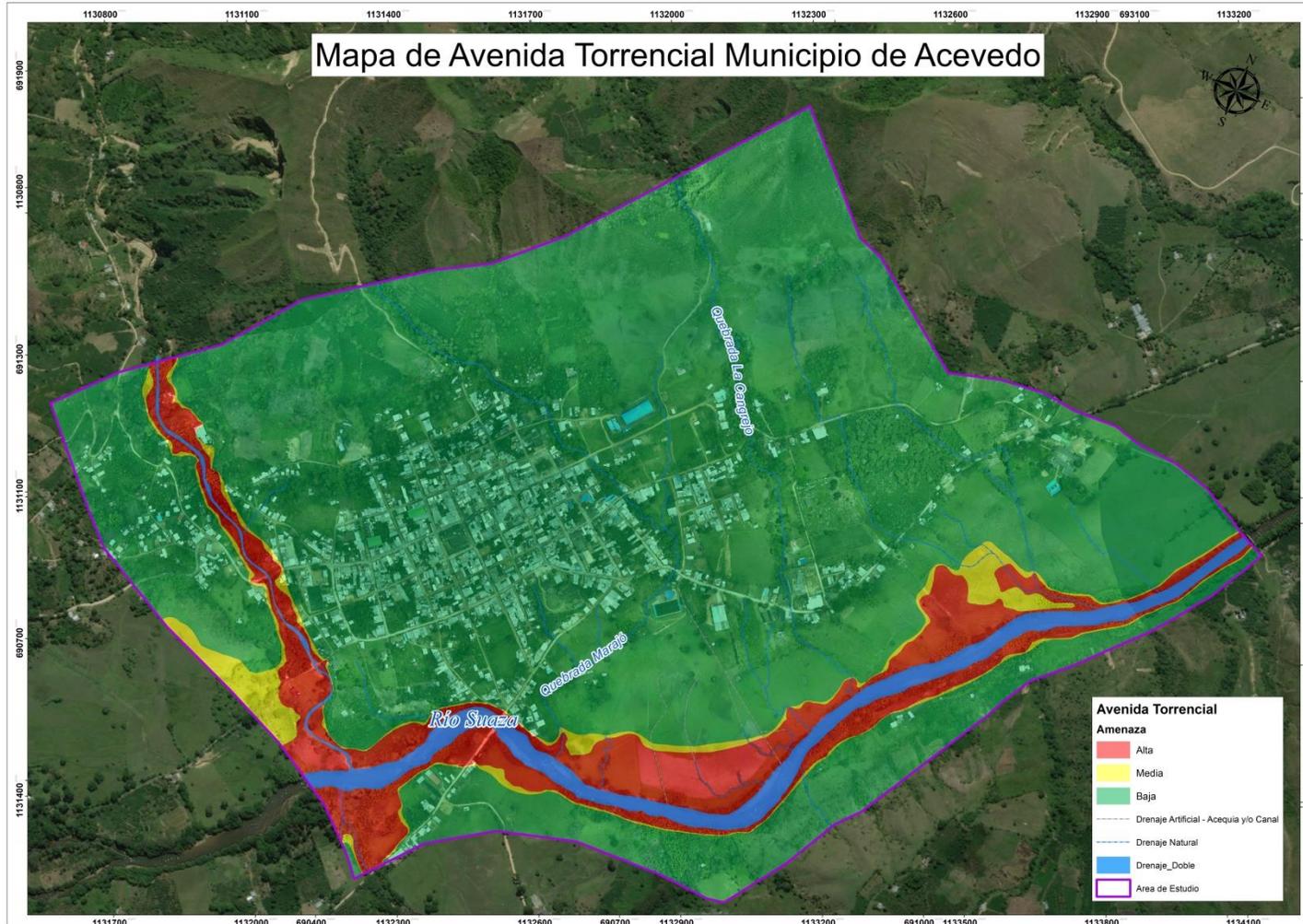


Ilustración 172. Mapa de Amenaza por Avenida torrencial del Municipio de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14 VULNERABILIDAD

En este capítulo se presenta el esquema metodológico bajo el cual se realizó el presente componente y los análisis de vulnerabilidad del área de estudio, teniendo como elementos expuestos predominantes las edificaciones y la infraestructura vial. Este análisis se compone por la vulnerabilidad social y la vulnerabilidad física por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

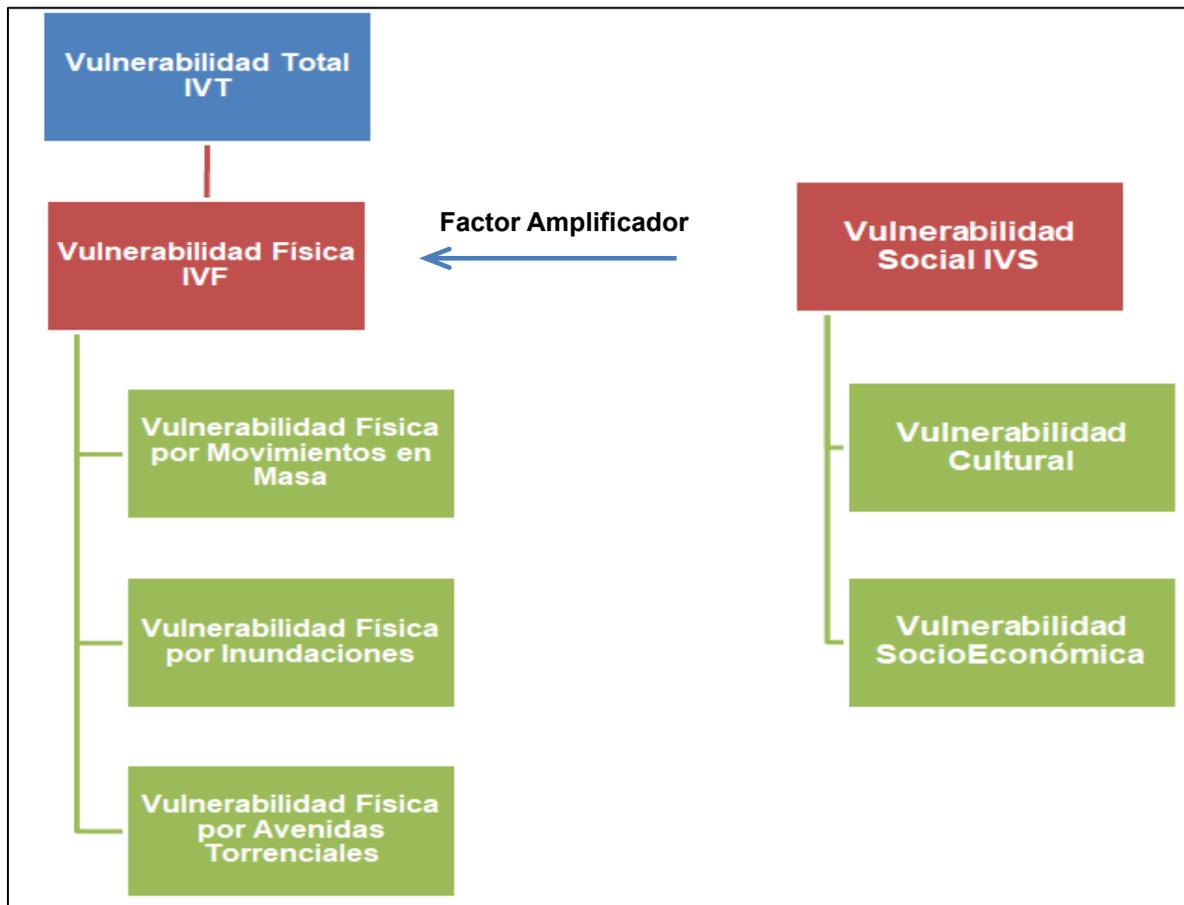


Ilustración 173 Diagrama para el análisis de Vulnerabilidad Total
Fuente: Geocing S.A.S

La vulnerabilidad social dentro de este componente actúa como un amplificador de la vulnerabilidad física y se cuantifica de tal manera en que se tome en cuenta la importancia de los temas sociales en los análisis. Puesto que trabaja como un factor amplificador y tiene una importancia que varía en el rango de 0 a 0.8. La vulnerabilidad social se encuentra compuesta por la vulnerabilidad cultural y socioeconómica.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14.1 METODOLOGÍA APLICADA PARA LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL

14.1.1 Metodología AHP

Se propone calificar las variables de vulnerabilidad física y social empleando el método de estimación por el Análisis de Procesos Jerárquicos (AHP por sus siglas en inglés), que consiste en utilizar el juicio de expertos, para ayuda en la toma de decisiones debido a que se basa en múltiples criterios de decisión; este método fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico. El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un Modelo Jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas.

Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones por pares entredichos elementos (criterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales. El fundamento del proceso de Saaty descansa en el hecho que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. A continuación se presenta la descripción de los procesos AHP.

Para determinar los pesos ponderados entre “n” variables ($n \geq 2$), que influyen relativamente en la obtención o calificación de un objetivo o meta, para lo cual se debe llevar a cabo el proceso presentado en la Ilustración 174

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

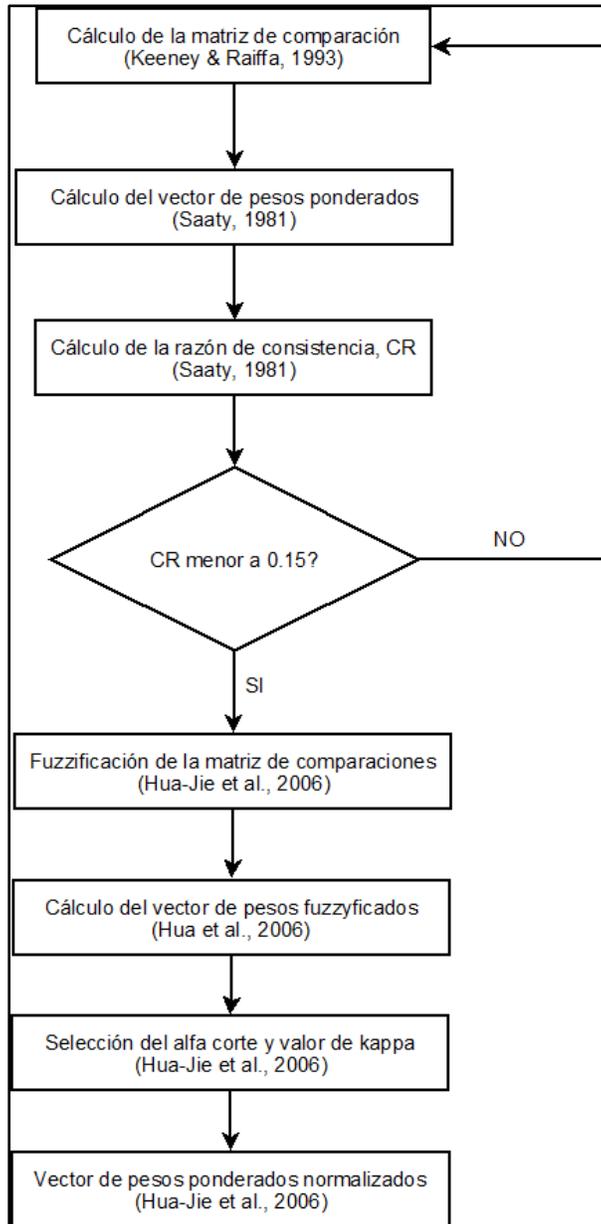


Ilustración 174. Diagrama de flujo del proceso propuesto para la evaluación de los pesos ponderados normalizados utilizando metodología AHP-difuzza
Fuente: Toskano (2005)

14.1.2 Obtención de los pesos ponderados

- **Matriz de comparación**

El primer paso para obtener los pesos ponderados es determinar la matriz de comparación, de orden $n \times n$:

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

$$\{A\} = \begin{pmatrix} a_{11} & K & a_{1n} \\ M & O & M \\ a_{n1} & L & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Dónde:

$$a_{ii} = 1, \text{ para } i = 1, 2, \dots, n \quad a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

La comparación se hace por pares, obteniendo $\frac{n(n-1)}{2}$ comparaciones, siguiendo los siguientes criterios de calificación:

Tabla 101. Escala numérica para comparación entre pares

1	3	5	7	9
Los elementos C y R tienen la misma importancia	El elemento C es ligeramente más importante que el elemento R.	El elemento C es más importante que el elemento R.	El elemento C es fuertemente más importante que el elemento R.	El elemento C es muy fuertemente más importante que el elemento R.

Los valores pares (2, 4, 6 y 8) son intermedios entre las calificaciones presentadas anteriormente. El valor es el inverso en el caso que la relación sea inversa.

- **Cálculo del vector de pesos**

Se calcula el vector de pesos, el cual puede ser obtenido como promedio aritmético o geométrico, según las siguientes ecuaciones (Saaty, 1981), respectivamente:

$$\{w_i\} = \left\{ \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{k=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{kj}}} \right\} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\{w_i\} = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ik}} \right] \right\} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Ilustración 175 Cálculo de vectores de peso a) Promedio aritmético y b) Promedio geométrico
Fuente: Saaty, 1981

- **Cálculo de la razón de consistencia**

Se estima la consistencia o coherencia de la evaluación llevada a cabo en la estimación de los coeficientes de la matriz de comparaciones mediante la adaptación de la razón de consistencia (RC) propuesta por Saaty (1981), de acuerdo con la siguiente expresión:

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde, **IC** es el “Índice de Consistencia” de la evaluación, definido como (Ormazábal, 2002):

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \cdot w_i$$

O, alternativamente como (López & Donado, 2007):

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n \left(Ln a_{ij} - Ln \frac{v_i}{v_j} \right)^2}{\frac{(n-2)(n-2)}{2}}, \quad v_{r=i \text{ ó } j} = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n a_{rk}}$$

De otra parte, el término **IA** es el “Índice de Aleatoriedad”, cuyos valores son los presentados en la Tabla 102.

Tabla 102. Índices de aleatoriedad (IA) de las matrices de comparaciones por pares, según su orden (Ormazábal, 2002).

Tamaño de la matriz (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de Aleatoriedad, IA	0,01	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fuente: Ormazábal (2002)

El coeficiente RC expresa un valor relativo de la inconsistencia, de manera que si su valor es 1 indica que su inconsistencia es del 100%, y si es 0, el juicio emitido es totalmente coherente. Teniendo en cuenta lo recomendado por Saaty (1981), se acepta una tolerancia del RC del 10% (o un valor de RC de 0.1) para calificar de buena una ponderación, siendo aceptables resultados hasta del 15%. Si el resultado no es suficientemente coherente (RC>15%) deberá volverse a realizar la valoración por pares, repitiéndose de forma iterativa hasta que el RC sea menor a 0.15.

14.1.3 Fuzzificación de la matriz de comparaciones

Para tener en cuenta la variabilidad en la de la valoración de la matriz de comparaciones, se utilizó un número borroso de tipo triangular (Morillas, 2002; Tae-Heon & Woo-Bae, 1999; Zadeh, 1978), que se puede describir con la siguiente función de pertenencia:

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{(x-l)}{(m-l)}, & l \leq x \leq m \\ \frac{(u-x)}{(u-m)}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x < l, x > u \end{cases}$$

Para los valores AHP, se seleccionaron los siguientes números difusos triangulares (adaptados de Morilla, 2002), según la relación sea directa (Ilustración 176) o inversa (Ilustración 177), y cuyos valores se presentan en la Tabla 103.

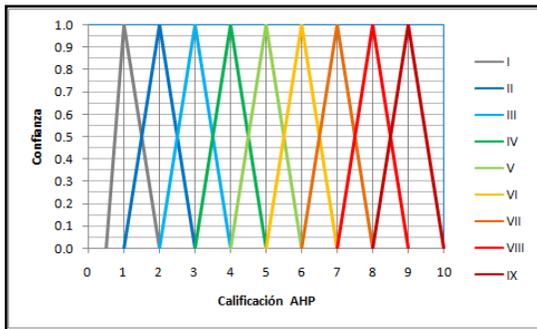


Ilustración 176. Calificación difusa de los criterios de calificación AHP (relación directa).
Fuente: Adaptado de Morilla (2002)

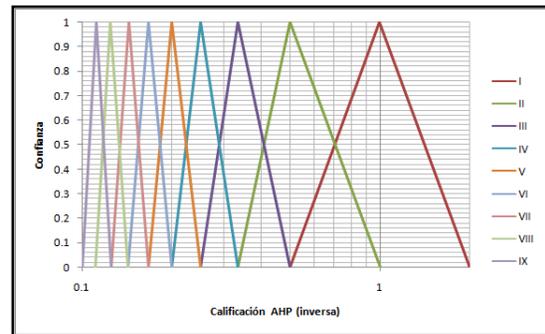


Ilustración 177 Calificación difusa de los criterios de calificación AHP (relación inversa).
Fuente: Adaptado de Morilla (2002)

Tabla 103. Valores del número difuso triangular para las diferentes categorías borrosas.

CATEGORIA BORROSA	RELACIÓN DIRECTA			RELACIÓN INVERSA		
	V. mínimo	V. Medio	V. máximo	V. mínimo	V. Medio	V. máximo
I	1/2	1	2	1/2	1	2
II	1	2	3	1/3	1/2	1
III	2	3	4	1/4	1/3	1/2
IV	3	4	5	1/5	1/4	1/3
V	4	5	6	1/6	1/3	1/4
VI	5	6	7	1/7	1/4	1/5
VII	6	7	8	1/8	1/7	1/6
VIII	7	8	9	1/9	1/8	1/7
IX	8	9	10	1/10	1/9	1/8

Fuente: Adaptado de Morilla (2002)

De esta forma, y con base en la matriz de comparaciones obtenida anteriormente, se puede obtener la matriz de comparaciones borrosa, teniendo en cuenta los números difusos o borrosos triangulares definidos anteriormente, según la categoría difusa, obteniendo la matriz difuza o borrosa de comparaciones (Hua-Jie et al., 2006):

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

$$\left[\overset{\circ}{\mathbf{A}} \right] = \begin{pmatrix} (1,1,1) & K & (a_{1n_l}, a_{1n_m}, a_{1n_u}) \\ M & O & M \\ (a_{n1_l}, a_{n1_m}, a_{n1_u}) & L & (1,1,1) \end{pmatrix}$$

• **Cálculo del vector de pesos fuzzyficados**

Con base en la matriz de comparaciones borrosa, se obtiene el vector de pesos borrosos o fuzzyficados (Huan-Jie et al., 2006), bien sea por el promedio aritmético o geométrico (ver numeral □) para cada uno de los valores de la terna de cada calificación (l, m y u), ordenando la terna obtenida de menor a mayor, definiendo el vector de pesos borroso o fuzzyficado como:

$$\{ w_{i_l}, w_{i_m}, w_{i_u} \} = \left\{ \begin{array}{c} w_{i_l}, w_{i_m}, w_{i_u} \\ M \\ M \\ M \\ w_{n_l}, w_{n_m}, w_{n_u} \end{array} \right\}$$

• **Selección del alfa-corte y el valor de kappa para determinar el valor de pesos normalizados**

Con el fin de realizar la desfuzzificación o desborrificación del vector de pesos borroso, se utilizó el proceso sugerido por Hua-Jie et al. (2006), en el cual se selecciona el alfa corte (valor de α entre 0 y 1) según la certeza en el rango borroso seleccionado, encontrándose un rango para cada uno de los pesos determinados (para una confianza del 100%, el rango se reduce a un solo número, correspondiente al valor de la calificación AHP normal), según las siguientes ecuaciones:

$$P_{i\alpha_l} = [\alpha \cdot (w_{i_m} - w_{i_l})] + w_{i_l}$$

$$P_{i\alpha_r} = w_{i_u} - [\alpha \cdot (w_{i_u} - w_{i_m})]$$

$$P_{i\alpha} = \begin{pmatrix} [P_{1\alpha_l}, P_{1\alpha_r}] \\ \vdots \\ [P_{n\alpha_l}, P_{n\alpha_r}] \end{pmatrix}$$

• **Método de calificación**

En la Ilustración 178 se presenta el diagrama de flujo para determinar la calificación de susceptibilidad a deslizamientos utilizando los métodos de calificación WLC y OWA explicados a continuación.

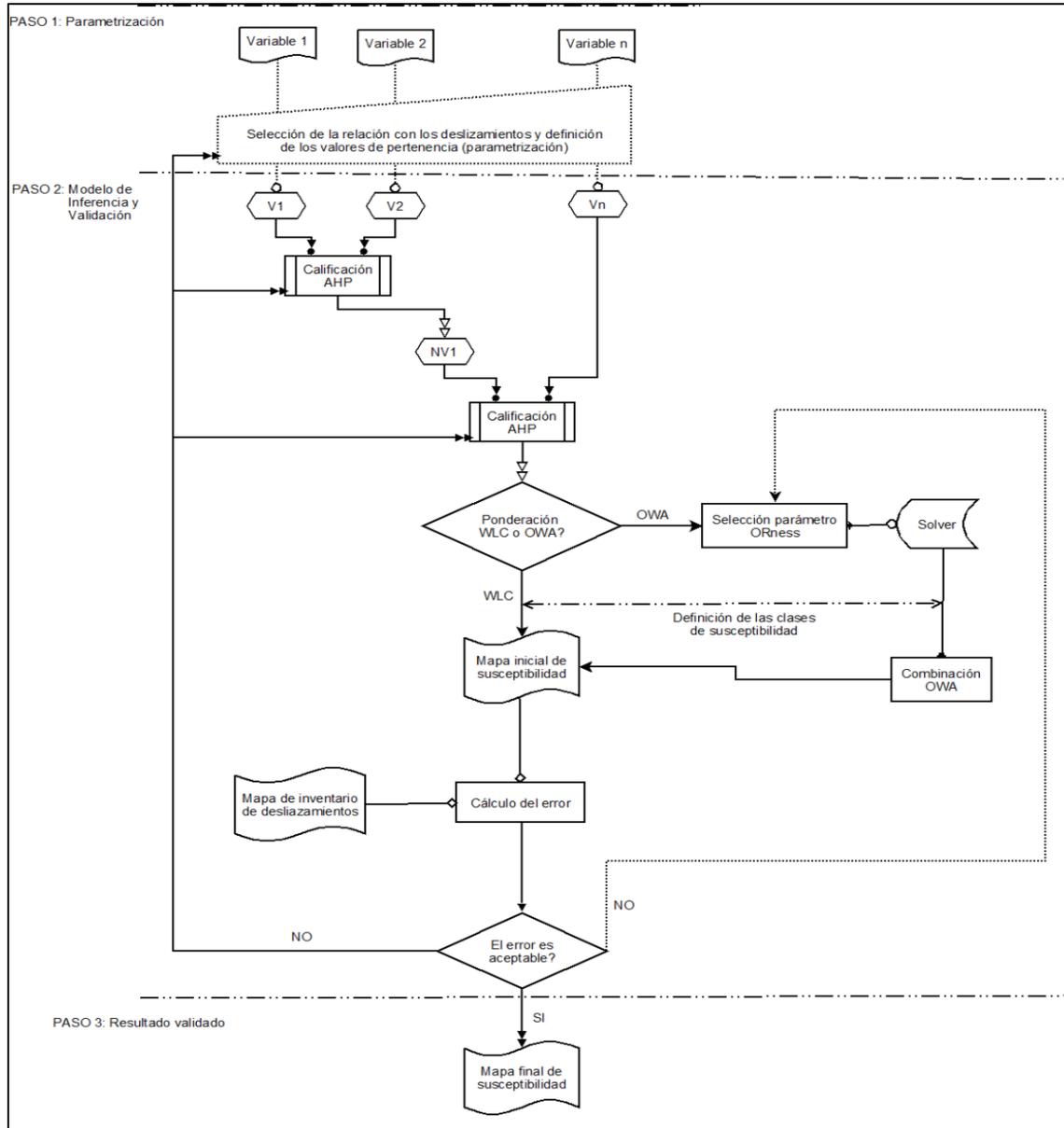


Ilustración 178. Diagrama de flujo para la calificación de la susceptibilidad utilizado los métodos WLC y OWA
Fuente: Adaptado de Malczewski, (2006)

14.1.4 Combinación lineal ponderada (WLC)

Una vez los criterios o variables de calificación han sido estandarizados o parametrizados y sus respectivos pesos han sido establecidos, el método de la combinación lineal ponderada o WLC por sus siglas en inglés (Voogd, 1983), es el más simple método para la agregación de los criterios de evaluación en un criterio de calificación. Así, según el método WLC, el índice de susceptibilidad a deslizamientos (ISD) se obtiene de la suma

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de cada criterio de evaluación multiplicado por su respectivo peso (obtenido de la calificación AHP), es decir:

$$IS = \sum_{i=1}^n c_i \cdot v_i$$

14.1.5 Ponderación promedio ordenada (OWA)

Yager (1988) introdujo el método de ponderación promedio ordenada (OWA, por sus siglas en inglés), en donde para un número “*n*” de criterios (o atributos) el parámetro OWA es definido como:

$$OWA_i = \sum_{j=1}^n u_j \cdot z_{ij}$$

Donde,

$$u_j = \frac{v_j \cdot w_j^*}{\sum_{j=1}^n v_j \cdot w_j^*}$$

Siendo,

$z_{i1} \geq z_{i2} \geq \dots \geq z_{in}$	Valores ordenados de las calificaciones $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$
w_j^*	Valores iniciales ordenados de los pesos entre variables.
v_j	Valores de los pesos ponderados ordenados según el criterio OWA.

Se define el operador ORness (Yager, 1993; Yager, 1998; Carlsson & Fuller, 1997) como:

$$ORness = \eta = \sum_{j=1}^n \frac{n-j}{n-1} \cdot v_j$$

El parámetro OWA puede ser caracterizado por la medida de su dispersión, usando la medida de la entropía de Shannon, donde la dispersión normalizada es definida como (Malczewski, 2006):

$$\chi = \sum_{j=1}^n \frac{v_j \cdot \ln v_j}{\ln n}$$

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

O’Hagan (1990)⁶, sugiere que para determinar los valores de los pesos ponderados ordenados se debe relacionar del grado ORness (η) y la medida de la dispersión (entropía, χ), resolviendo para ello el siguiente problema matemático no lineal:

$$\max(\chi)$$

$$\text{Sujeto a: } \eta = \sum_{j=1}^n \frac{n-j}{n-1} \cdot v_j, \quad \sum_{j=1}^n v_j = 1, \quad \text{para } j = 1, 2, K, n$$

La solución de las dos ecuaciones anteriores determina el máximo grado de dispersión para un grado dado de ORness.

14.2 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FÍSICA

La vulnerabilidad física se refiere a las deficiencias que poseen los elementos expuestos para resistir los efectos de un evento que causa amenaza (movimientos en masa, inundaciones, sismos, etc.). Según Cifuentes (2011) “La vulnerabilidad física es el grado de pérdida o nivel de daño potencial de un elemento o conjunto de elementos en riesgo en el área afectada por la amenaza”.

En otras palabras, la vulnerabilidad determina lo propenso que son los elementos expuestos a sufrir daños (Wilches-Chaux, 1989) por lo que un elemento es más vulnerable a medida que sufre mayores daños.

La vulnerabilidad frente a eventos catastróficos puede reducirse o mitigarse mediante diferentes tipos de medidas como lo pueden ser la construcción de estructuras resistentes a terremotos o inundaciones, medidas de zonificación, entre otras.

Los dos principales factores de la vulnerabilidad física son la ubicación de los asentamientos humanos y las condiciones técnicas y específicas de los elementos expuestos. El primer factor se refiere a la localización de los bienes que se encuentran expuestos a los eventos naturales, puesto que al estar ubicados en una zona inundable o en una ladera inestable aumenta considerablemente la vulnerabilidad a sufrir un daño físico. El segundo factor, condiciones técnicas y específicas, se refiere al tipo de materiales y estructuras con las que fueron construidos los elementos expuestos. Este segundo factor se conoce también como la tipificación de las estructuras.

⁶ TAL COMO SE DESCRIBE EN MALCZEWSKI (2006).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14.2.1 Vulnerabilidad física por movimientos en masa

La vulnerabilidad física por movimientos en masa en este capítulo se verá reflejada por un índice del mismo nombre (IVF), el cual será calculado mediante el desarrollo de la metodología propuesta por Leone⁷ y modificada por Soler et al⁸.

✓ Edificaciones e infraestructura asociada

• Tipificación de las estructuras

Para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante movimientos en masa, se parte del análisis de información secundaria puntual, como planos catastrales y de redes, seguido de la consecución de información primaria referente a las características naturales y estabilidad de la zona.

Dicha información se obtiene para emplearla en el cálculo matemático de la vulnerabilidad, utilizando el cálculo del denominado Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), mediante el desarrollo de la metodología propuesta por Leone⁹ y modificada por Soler et al¹⁰.

En resumen la metodología propone:

- Clasificar la tipología de viviendas. Esta información es tomada en campo a partir del análisis de los elementos arquitectónicos.
- Calcular los índices de vulnerabilidad física (IVF), dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las sollicitaciones y las características del elemento expuesto (viviendas).

En forma general, la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad 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 en la Tabla 104, teniendo en cuenta los siguientes criterios de resistencia de la estructura. El tipo de sollicitación mostrado en dicha tabla corresponde a

⁷ Leone, F. (1999) CONCEPT DE VULNERABILITE APPLIQUE A L'EVALUATION DES RISQUES GENERES PAR LES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERREIN. Tesis de doctorado, Universidad de Grenoble.

⁸ Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN SANTAFÉ DE BOGOTÁ, COLOMBIA. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

⁹ Leone, F. (1999) CONCEPT DE VULNERABILITE APPLIQUE A L'EVALUATION DES RISQUES GENERES PAR LES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERREIN. Tesis de doctorado, Universidad de Grenoble.

¹⁰ Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN SANTAFÉ DE BOGOTÁ, COLOMBIA. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

los procesos de daño que describen la acción de un proceso sobre un elemento estructural.

Tabla 104. Criterios de resistencia de la estructura.

TIPO DE SOLICITACIÓN	MODOS DE DAÑO	CRITERIO DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA
Desplazamientos laterales	-Transporte -Deformación	Profundidad de la cimentación
	-Asentamientos -Ruptura	Arriostramiento de la estructura
Empujes laterales	-Deformación -Ruptura	Altura de la estructura
		Profundidad de la cimentación
		Refuerzo
Impactos	-Deformación -Ruptura	Refuerzo

Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo con los criterios expuestos anteriormente, para tipificar las viviendas se adopta el criterio de Leone, el cual se resume a continuación en la Tabla 105.

Tabla 105. Tipología de las viviendas.

TIPO EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
B1	Viviendas en material de reciclaje
B2 Mampostería	Vivienda en mampostería sin estructura.
B2 Prefabricados	Vivienda prefabricada.
B3	Casas hasta de dos (2) niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
B4	Casas de más de dos (2) niveles de buena calidad de construcción (con estructura).

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Calificación de los daños**

En la metodología propuesta por Leone, para calificar los daños producidos en las viviendas por movimientos en masa, se sigue el criterio del DRM (Délégation aux Risques Majeurs), el cual divide los daños en cinco (5) categorías, como se muestra en la Tabla 106:

Tabla 106. Clasificación de los daños según el DRM.

ÍNDICE DE DAÑO (IP)	TIPO DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
I	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada.	0,0 - 0,1
II	Fisuración de paredes (muros). Reparaciones no urgentes.	0,2 - 0,3
III	Deformaciones importantes. Daños en elementos estructurales.	0,4 - 0,6

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

ÍNDICE DE DAÑO (IP)	TIPO DE DAÑO	PORCENTAJE DE DAÑO
IV	Fracturación de la estructura. Evacuación inmediata.	0,7 - 0,8
V	Derrumbe parcial o total de la estructura.	0,9 - 1,0

Fuente: Geocing S.A.S.

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).

✓ Infraestructura Vial

Teniendo en cuenta que la principal evaluación que se realiza dentro de las zonas internas de las poblaciones Colombianas está enfocada a las vías, a continuación se presentan los elementos a tener en cuenta para la Evaluación de las Vías.

La calificación de cada una de las vías, es asignada teniendo en cuenta que los pavimentos flexibles se pueden deformar bajo ciertas características y es más adaptable ante diferentes solicitaciones. Los pavimentos rígidos tienen dificultad para adaptarse ante deformaciones y son más vulnerables que un pavimento flexible. Las estructuras sin pavimentos se califican más alto debido a que sus estructuras son más susceptibles, ya que no cuentan con estructuras adecuadas para soportar solicitaciones y permiten la infiltración del agua lluvia y de escorrentía directamente sobre la estructura.

• Tipificación de la Infraestructura Vial

Se utilizó y adoptó como metodología para el análisis de vulnerabilidad en vías la propuesta por Leone y el DRM para edificaciones, tomando a criterio por parte de esta consultoría los análisis de vulnerabilidad. Los parámetros adoptados para la evaluación de la vulnerabilidad y calificación de los índices de pérdidas y daños potenciales en la infraestructura vial se describen a continuación.

Tabla 107. Clasificación de la tipología de vías.

SISTEMA VIAL PRIMARIO	TIPO DE VÍA	CONVENCIÓN
Vías nacionales	Vías de primer orden	VU1
Vías departamentales	Vías de segundo orden	VU2

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

SISTEMA VIAL PRIMARIO	TIPO DE VÍA	CONVENCIÓN
Vías municipales interveredales	Vías de tercer orden	VU3
Vías urbanas	Vías de cuarto orden	VU4
Vías veredales o ramales	Vías de quinto orden	VU5

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 108. Clasificación de los daños de la infraestructura vial¹¹.

ELEMENTO EXPUESTO		ÍNDICE DE DAÑO (IDa)	DAÑOS POTENCIALES	PORCENTAJE DE DAÑO
Infraestructura aledaña	Estructura de las vías líneas vitales asociados	I	Sin daños	0 – 0,05
		II	Daño de la calzada	0,05 - 0,3
		III	Hundimiento de la calzada	0,3 - 0,6
		IV	Obstrucción de la calzada de gran volumen	0,5 - 0,8
		V	Ruptura de la calzada	0,8 - 1,0

Fuente: Geocing S.A.S.

• Tipo de Solicitud

El tipo de solicitud depende de la localización del elemento expuesto en referencia al sitio donde ocurre el evento natural¹², en otras palabras, depende del movimiento del terreno de acuerdo al tipo de evento de estudio. Estos movimientos se pueden expresar en términos de desplazamientos verticales, horizontales, totales y diferenciales, o de presiones laterales de tipo estático, dinámico, hidrodinámico o de impacto¹³. Un ejemplo de estos movimientos se presenta a continuación.

¹¹ Clasificación propuesta por el DRM y adoptado por Geocing S.A.S

¹² Soler, F., González, A. y Vesga, L. (1999). Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá, Colombia. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.

¹³ Cifuentes, D. (2011). Modelación de vulnerabilidad física de estructuras de uno y dos pisos, asociada a deslizamientos. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia.

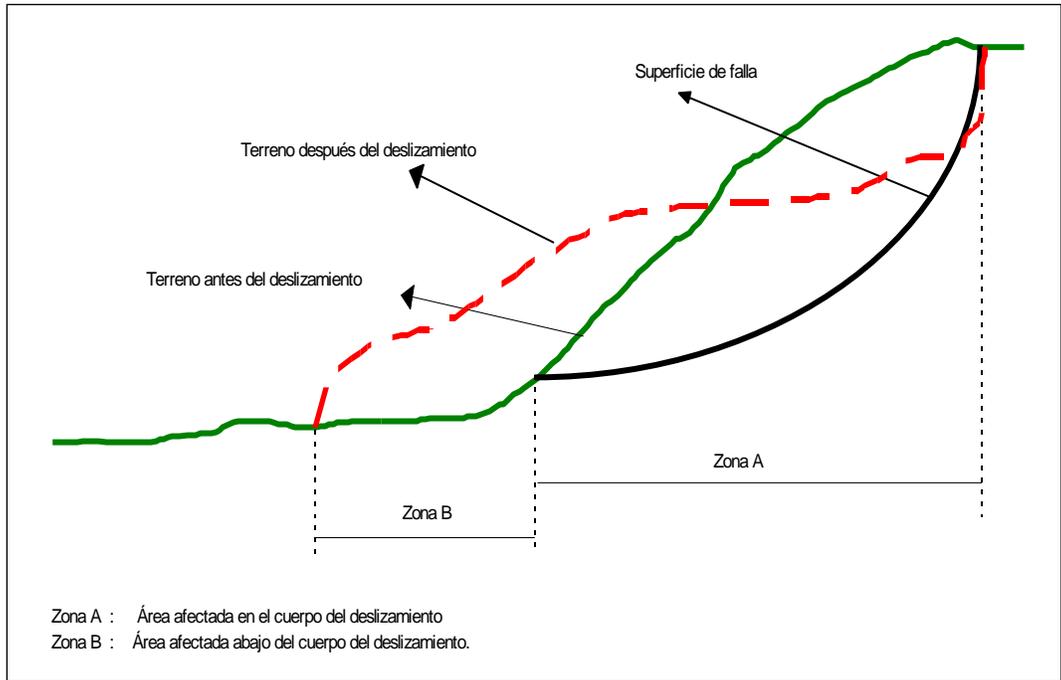


Ilustración 179. Esquema de deslizamiento.
Fuente: Geocing S.A.S.

Como se puede observar en la Ilustración 179 , se pueden distinguir dos zonas, en la Zona A (en el cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Directa, los daños que van a sufrir las viviendas se pueden relacionar con los desplazamientos laterales (DL) que, a su vez, dependen de la velocidad del movimiento (entre más rápido, los daños pueden ser mayores). Para la caracterización de las velocidades de los movimientos se utilizó la escala propuesta por Cruden y Varnes¹⁴, presentada en la Tabla 108. Clasificación de los daños de la infraestructura vial.

Tabla 109. Rangos de velocidad utilizadas en el estudio.

DESCRIPCIÓN	CLASE	VELOCIDAD CARACTERÍSTICA
Muy rápido	VM1	Mayor a 50 mm/seg
Rápido	VM2	Entre 0,5 mm/seg y 50 mm/seg
Moderado	VM3	Entre 0,05 mm/seg y 0,5 mm/seg
Lento	VM4	Entre 0,005 mm/seg y 0,05 mm/seg

¹⁴ Cruden , D. y Varnes D.(1991). **Landslides types and processes**. Universidad de Alberta.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

DESCRIPCIÓN	CLASE	VELOCIDAD CARACTERÍSTICA
Muy lento	VM5	Menor a 0,005 mm/seg

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Zona B (abajo del cuerpo del deslizamiento) o Zona de Influencia Indirecta, los daños de las viviendas se pueden relacionar con los empujes laterales (EL) que, igualmente, se pueden asociar con la altura que alcanza la acumulación de material contra la vivienda, así:

Tabla 110. Categorías de las presiones laterales utilizadas en el estudio.

DESCRIPCIÓN	CLASE	CARACTERÍSTICA
Presión lateral alta	PL1	Mayor a 2/3 de la altura de la vivienda
Presión lateral media	PL2	Entre 1/3 y 2/3 la altura de la vivienda
Presión lateral baja	PL3	Menor a 1/3 de la altura de la vivienda

Fuente: Geocing S.A.S.

• Matriz de daño

Se asocian los Índices de Daños Actuales (IDa) descritos en la Tabla 106 y Tabla 108, ocasionados por un evento dado, de acuerdo tanto al tipo de solicitud (magnitud del evento) como a la tipología de la vivienda o de las vía (resistencia del elemento expuesto). En otras palabras, a cada elemento expuesto le pertenece un IDa el cual se asigna utilizando la matriz de daño mostrada en la Tabla 111. Se adaptó la matriz de daño de la metodología de Leone modifica por Soler (1998) al estudio y por lo tanto es la única que se va a utilizar para asociar los IDa a todos los elementos expuestos estudiados. Sin embargo, se hace la aclaración de que en la metodología y en el estudio se realiza la diferenciación entre la clasificación de la tipología y la sollicitación que presentan cada uno de los elementos expuestos. A continuación se presenta la matriz de daño utilizada (ver Tabla 111)

Tabla 111. Matriz de daño utilizada en el estudio.

MATRIZ DE DAÑO					
CLASE DE SOLICITACIÓN	TIPOLOGÍA DEL ELEMENTO EXPUESTO				
	B1	B2	B3	B4	B5
I	V	IV	III	II	I
II	V	IV	III	II	I
III	V	IV	III	II	II
IV	V	IV	IV	III	II
V	V	V	IV	III	III
VI	V	V	V	III	III

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

MATRIZ DE DAÑO					
CLASE DE SOLICITACIÓN	TIPOLOGÍA DEL ELEMENTO EXPUESTO				
	B1	B2	B3	B4	B5
VII	V	V	V	IV	III
VIII	V	V	V	IV	IV
IX	V	V	V	V	IV
X	V	V	V	V	IV

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 112. Matriz de daño para infraestructura vial para los tipos de vías presentes en el municipio

TIPO DE VÍA			
Intensidad	V-3	V-4	V-5
Leve	A	F	S
Media	F	S	S
Alta	S	S	S
Muy Alta	S	S	S

Fuente: Geocing S.A.S.

• Distancia de Viaje

La distancia de deslizamiento resulta ser un parámetro de gran importancia ya que la estimación del volumen deslizado y su velocidad determinan el punto donde el deslizamiento afectará las estructuras físicas. Principalmente, la distancia de viaje depende de las características del talud, mecanismos de falla y tipo de movimiento, características del talud hacia abajo y la información sobre el parámetro en eventos previos de deslizamientos en el sitio de estudio o cerca de él (Mostajo, 2013). La distancia de viaje se puede relacionar con el volumen deslizado por medio de expresiones empíricas, a partir del ángulo de fricción aparente y el volumen deslizado (ver Ilustración 181) o a través de la modelación cinemática de movimiento¹⁵ (ver Ilustración 180). Adicionalmente, el volumen deslizado es uno de los parámetros que por lo general se utiliza para definir la intensidad de un deslizamiento. Cifuentes (2011) menciona que la intensidad de un deslizamiento se define en función del volumen de deslizamiento estimado y la velocidad esperada del movimiento (Ver Ilustración 182).

¹⁵ Cifuentes, D. (2011). Modelación de vulnerabilidad física de estructuras de uno y dos pisos, asociada a deslizamientos. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia.

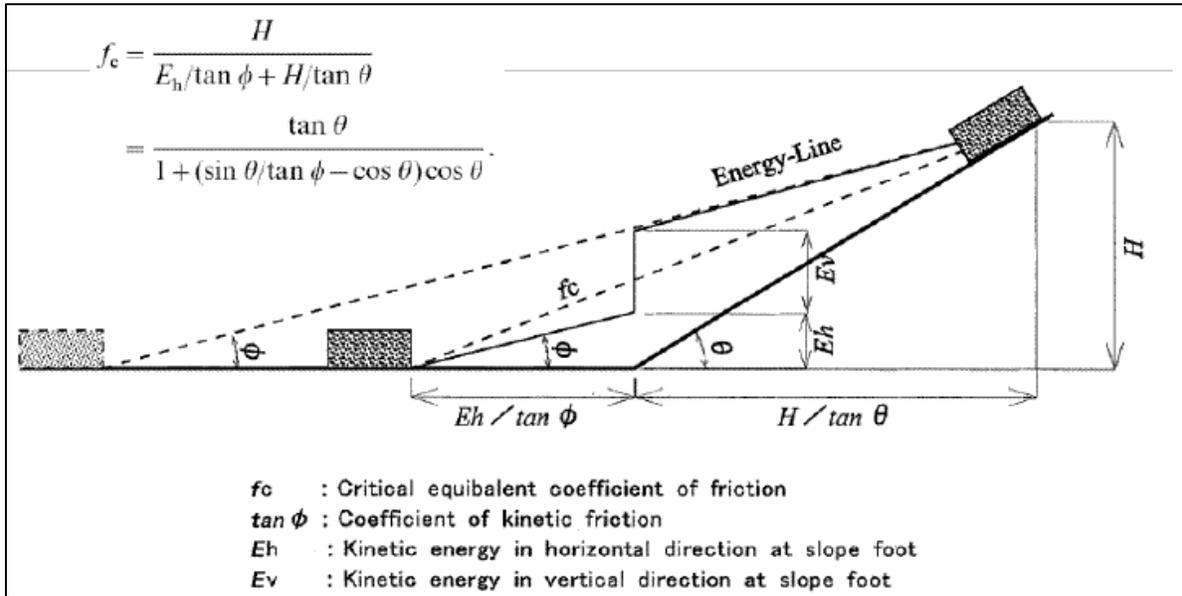


Ilustración 180. Modelación cinemática de movimiento para la determinación de la distancia de viaje
 Fuente: Cifuentes, 2011.

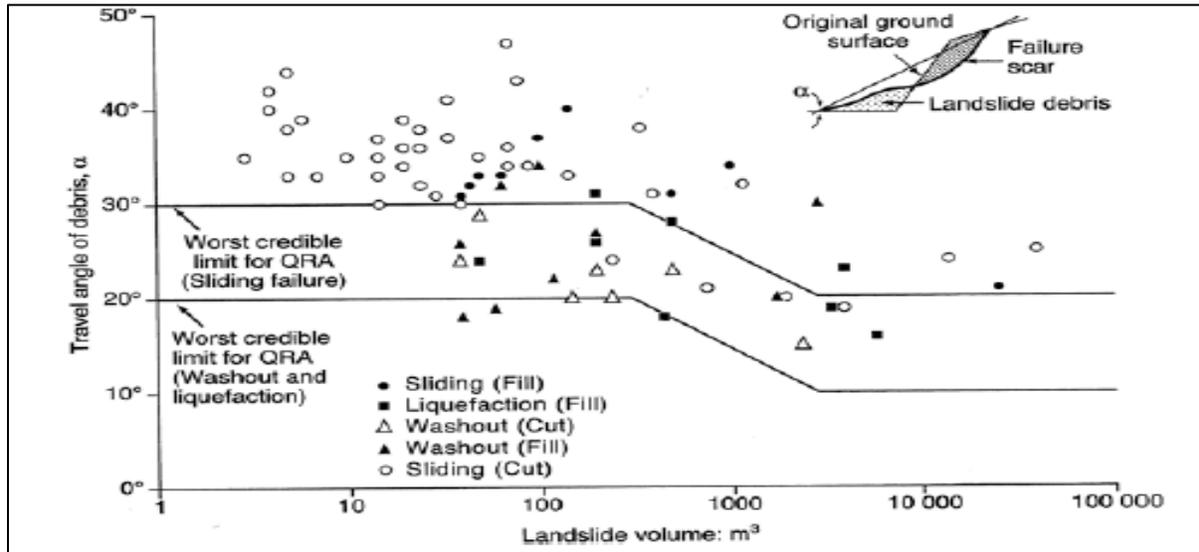


Ilustración 181. Estimación de la distancia de viaje a partir del ángulo de fricción aparente y el volumen deslizado
 Fuente: Cifuentes, 2011

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Volumen estimado (m ³)	Velocidad del deslizamiento esperada		
	Deslizamiento rápido (caída de roca)	Movimiento rápido (flujo de detritos)	Movimiento lento (deslizamiento reactivo)
<0.001	Baja		
<0.5	Media		
>0.5	Alta		
<500	Alta	Baja	
500-10.000	Alta	Media	Baja
10.000-50.000	Muy alta	Alta	Media
>500.000		Muy alta	Alta
>>500.000			Muy alta

Ilustración 182. Intensidad de deslizamiento de acuerdo a la velocidad esperada y volumen estimado
Fuente: Cifuentes, 2011

La velocidad de movimiento del deslizamiento puede describir el potencial de daño de la mejor manera, sin embargo es un parámetro difícil de medir o predecir. Cifuentes (2011) presenta un ejemplo en donde se utiliza la velocidad como una variable para describir la magnitud del movimiento (Ver Ilustración 183).

Clase de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/seg)	Velocidad Típica	Probable Importancia Destructiva
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s	Catástrofe de mayor violencia, los edificios expuestos son totalmente destruidos por el impacto del material desplazado, muchas muertes.
6	Muy rápido	5×10^1	3 m/min	Algunas pérdidas de vidas humanas; velocidad demasiado grande, destrucción importante.
5	Rápido	5×10^{-1}	1.8 m/hr	Evacuación es posible; estructuras, bienes y equipos son destruidos.
4	Moderado	5×10^{-3}	13 m/mes	Algunas estructuras pueden mantenerse, si se encuentran a corta distancia frente a la masa desplazada, las estructuras localizadas en la masa desplazada son extensamente dañadas
3	Lento	5×10^{-5}	1.6 m/año	Correctivos pueden llevarse a cabo durante el movimiento, algunas estructuras se puede mantener con trabajos frecuentes, si el movimiento total no es grande durante fase de aceleración.
2	Muy lento	5×10^{-7}	15 mm/año	Algunas estructuras permanentes sin daños por el movimiento, si hay grietas se pueden reparar.
1	Extremadamente lento			Imperceptible sin instrumentación

Ilustración 183. Ejemplo de escala de velocidad para describir el potencial de daño de un deslizamiento
Fuente: Cifuentes, 2011

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Curvas de Fragilidad**

La vulnerabilidad física de los elementos en riesgo de deslizamientos se puede describir mediante funciones de fragilidad. Estas funciones permiten la estimación del riesgo dentro del marco de una ejecución o consecuencia. Se encuentran expresadas para cada elemento en riesgo en términos de la intensidad del deslizamiento y las probabilidades de daño. Las curvas de fragilidad expresan la probabilidad condicional, para cada elemento en riesgo, de que se encuentre o sobrepase cierto grado de daño durante un deslizamiento de cierto tipo e intensidad¹⁶. En general, las funciones evalúan el grado de vulnerabilidad de un elemento en riesgo cuando está sujeto a un esfuerzo producto de un proceso natural peligroso. Adicionalmente, proveen una evaluación cuantitativa de la intensidad del daño que un tipo de esfuerzo puede generar sobre un elemento (Pascale, Sdao, & Sole, 2010)¹⁷.

14.2.2 Vulnerabilidad física por Inundaciones

Las inundaciones son eventos naturales con un gran potencial de destrucción los cuales han afectado a un gran número de personas y han causado daños y pérdidas incalculables. El número de personas afectadas y pérdidas van en constante aumento dado al incremento de las construcciones a lo largo del curso de los ríos.

Existen medidas estructurales y no estructurales las cuales se pueden implementar para lidiar con las inundaciones. Las medidas estructurales están compuestas por un conjunto de estructuras que tienen el fin de modificar los flujos de agua y por lo tanto sus parámetros hidráulicos; volumen de inundación, elevación del nivel de agua, duración de la inundación, caudal máximo, altura, velocidad, entre otros (Sagala, 2006). Por otro lado, las medidas no estructurales reducen el riesgo a inundaciones por medio de sistemas de alertas, planes de emergencias, regulaciones y zonificación del uso del suelo (Retnan & Natarajan, 2013).

Aunque las medidas anteriormente mencionadas actúan como acciones de mitigación de la amenaza por inundación, no se debe ignorar la necesidad de realizar la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo.

¹⁶ SafeLand. (2011). Physical vulnerability of elements at risk to landslides: Methodology for evaluation, fragility curves and damage states for buildings and lifelines.

¹⁷ Pascale, S., Sdao, F., & Sole, A. (2010). A model for assessing the systemic vulnerability in landslide prone areas. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 1575-1590.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

El análisis de la inundación se puede realizar mediante el uso de funciones de daño que se encuentran disponibles en la literatura y para su evaluación se adaptó la Metodología de Daños y Víctimas por Inundaciones de Kok et al. (2005).

Para calcular el daño potencial que puede generar una inundación la metodología presenta la siguiente fórmula:

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i n_i S_i$$

Donde

α_i = factor de daño o índice de daño con categoría i

n_i = número de unidades en la categoría i.

S_i = Daño máximo por unidad en categoría i

Donde el índice de daño α_i se deriva de la función de daño y existe una función de daño por categoría. Ejemplos de las categorías son: agricultura, vehículos, infraestructura, etc. Este factor de daño muestra la influencia de las condiciones hidráulicas y los siguientes parámetros son los que de mayor forma lo influyen:

- d = Altura de Flujo (m)
- u = Velocidad de Flujo (m/s)
- u_{KT} = Velocidad de Flujo Crítica (m/s)
- w = tasa de aumento (m/hour)
- β = Factor del Material
- r = Factor de refugio
- s = Presencia de Olas

Los factores de daño que presenta la metodología de Kok se derivan del estudio de Tweede Waterkeringen Hoeksche Waard (Vrouwenvelder, 1997) y aplican a las áreas que tienen baja frecuencia de inundación.

Como se definió anteriormente, los elementos expuestos a las inundaciones son para la zona de estudio son las viviendas, la infraestructura vial y puentes.

✓ Edificaciones e infraestructura asociada

Para analizar la vulnerabilidad física de los elementos expuestos, se deben analizar los daños directos que causa el flujo de agua sobre las estructuras. Para desarrollar este enfoque se deben tener en cuenta las acciones del flujo, las que se encuentran definidas

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

como los efectos que una inundación puede tener sobre una casa, las cuales pueden potencialmente generar daños o hasta causar que la estructura falle. Entre las diferentes acciones de flujo que se imponen sobre una edificación se destacan las siguientes: fuerzas hidrostáticas, fuerzas de flotación, fuerzas hidrodinámicas, y erosión (Nadal, Zapata, Pagán, López, & Agudelo, 2010).

La metodología de Kelman & Spence (2004) presenta una descripción de las acciones de flujo de las inundaciones, las cuales actúan como un prisma de presiones sobre las paredes de las edificaciones.

✓ Fuerzas Hidrostáticas

Existen dos tipos de formas en las que estas fuerzas actúan, como presiones laterales y como capilaridad. La presión lateral que ejerce un flujo contra una casa es:

$$\Delta P = \rho_w g (f_{diff} - y) = \Delta P_{hydrostatic} \text{ donde } y = 0 - \rho_w g y \text{ Para } h \leq y \leq f_{diff}$$

$$\Delta P = 0 \text{ Para } y > f_{diff}$$

Donde $y=0$ es la base la casa. La segunda ecuación puede ser utilizada para considerar toda la casa o para una parte de la casa como las ventanas o una puerta de madera. Esto de acuerdo a que se pueden presentar diferentes escenarios para los niveles de agua y presiones alcanzados por la inundación sobre una casa. La siguiente imagen muestra ejemplos de dichos escenarios.

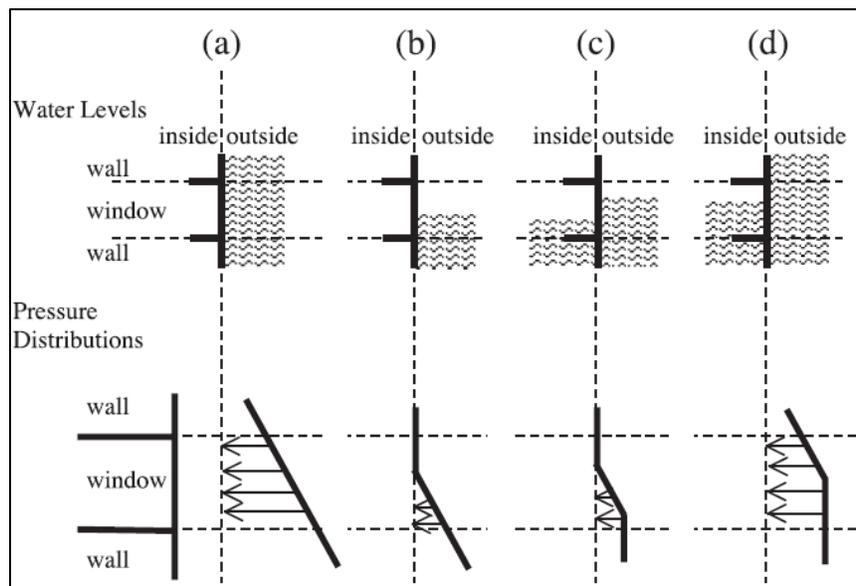


Ilustración 184. Niveles de agua y presiones que actúan sobre una casa para diferentes escenarios. Fuente: Kelman & Spence (2004)

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La capilaridad es importante en cuanto a que los objetos que se encuentran dentro de la casa pueden estar fabricados con materiales que absorban agua, o los mismos materiales con los que fue construida la casa pueden absorber agua lo que resultará más adelante en daños.

✓ **Fuerzas Hidrodinámicas**

Existen tres formas de fuerzas hidrodinámicas: 3 acciones relacionadas con la velocidad (incluida la turbulencia) y 2 acciones relacionadas con ondas. La presión lateral que ejerce el flujo de agua alrededor de una vivienda se puede definir como $\Delta P = 0.5\rho v^2$, para una aproximación de primer orden. Cambios en la velocidad y por lo tanto en las diferencias de presión ocurren cuando el agua fluye alrededor de las esquinas de una vivienda o por huecos en las estructura porque se generan turbulencia que impactan la estructura. Las acciones de las ondas tienen la capacidad de aumentar o disminuir las presiones y las fuerzas ejercidas sobre la vivienda. Las olas que rompen en, sobre o cerca de una casa pueden ejercer grandes presiones al compararlas con otras acciones hidrodinámicas.

✓ **Erosión**

El agua en movimiento puede causar erosión al mover el suelo de los lados o lecho del río a lo largo por donde fluye. Este movimiento genera un transporte de sedimentos que altera la densidad inicial del flujo de agua.

✓ **Fuerzas de Flotación**

La fuerza de flotación es función del volumen sumergido del objeto que en este caso resulta ser la casa. Este volumen es igual al volumen de agua que ha sido desplazado por la casa, dando como resultado la siguiente ecuación, $\rho_w g A f$. La fuerza de flotación es entonces la fuerza de empuje hacia arriba que causa que la vivienda o partes de ella floten. Las fuerzas hidrodinámicas o presiones hidrostáticas laterales pueden después reemplazar las partes flotantes y potencialmente generar daños. Por su parte, la metodología de Kok et al. (2005) define el índice de daño potencial para cada una de las diferentes categorías de daño, debido que los daños que pueda ocasionar una inundación dependen de los materiales y estructuras de las edificaciones. Las categorías utilizadas en la metodología y un resumen de sus características se presentan en la Tabla 113.

Tabla 113. Categoría de Daños según materiales y estructura.

Categoría de Daño	Materiales	Estructura
Viviendas de 1 piso	Ladrillo o Bloque	Mampostería Simple y Estructural
Viviendas de poca altura (2 – 3 pisos)	Ladrillo o Bloque	Mampostería Simple y Estructural

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Categoría de Daño	Materiales	Estructura
Viviendas de altura intermedia (4-5 pisos)	Concreto Fundido	Mampostería Estructural
Viviendas de gran altura (Más de 6 pisos)	Concreto Fundido	Mampostería Estructural

Fuente: Geocing S.A.S.

A parte del nivel del agua, la influencia de las olas (en el caso de una tormenta) y la velocidad de flujo son unos parámetros que generalmente se presumen que influyen los daños por inundación.

Por consiguiente, la peligrosidad de la inundación y la gravedad de las características del flujo en relación con la seguridad de las personas y bienes materiales dependen directamente de la capacidad de empuje del flujo el cual puede ser definido por la combinación por el calado, velocidad de flujo y presencia de olas (Gracia, y otros, 2014).

- **Nivel del Agua y Velocidad de flujo**

La metodología menciona que se necesita una velocidad de flujo crítica para determinar si una edificación va a colapsar a causa de velocidades de flujo altas. Indica que si la velocidad de flujo producto del modelo hidráulico es mayor que la velocidad de flujo crítica, el factor de daño o índice de daño es igual a 1. Según las modelaciones, la velocidad de flujo en la que las edificaciones pueden colapsar se encuentra entre 1 y 8 m/s. Y por lo tanto, se define que el método estándar se debe calcular utilizando una velocidad de flujo crítica de 8 m/s. La metodología establece que para las viviendas de un piso, la velocidad crítica corresponde a ¼ de la velocidad de flujo crítica del método estándar. Este valor es menor dado que las paredes de estos tipos de viviendas son resistentes a velocidades de flujo de solamente 1 a 2m/s, mientras que las paredes de los edificios en concreto resisten 8 m/s como máximo.

- **Tormentas**

Una vez se ha establecido el índice de daño causado por el calado y las altas velocidades de flujo, se puede calcular la probabilidad de que las edificaciones colapsen como un resultado de olas producto de una tormenta. La probabilidad del colapso de una edificación dada la presencia de olas durante de una tormenta se muestra en la siguiente ecuación:

$$P_{f \text{ tormenta}} = \beta \times 10^{-3} d^{1.8} r$$

Donde

β = Factor del material
 r = Factor de refugio

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

En la metodología se asume que el factor del material para viviendas de un piso o de baja altura es de 0.8 y de 0.4 para viviendas de altura intermedia o alta.

El factor de refugio tiene un valor entre 0 y 1, donde toma el valor de 1 cuando no se presenta refugio y 0 representa el refugio máximo.

• Índice de daño potencial total por Inundaciones

El índice de daño potencial total para las viviendas se calcula por lo tanto con la siguiente expresión:

$$\alpha = P_{f \text{ tormenta}} * 1 + (1 - P_{f \text{ tormenta}}) \alpha (d, u)$$

$\alpha (d, u)$ = Índice de daño basado en el nivel de agua y velocidad de flujo.

$P_{f \text{ tormenta}}$ = Probabilidad de falla durante una tormenta.

La función de daño para cada categoría de daño de las edificaciones presenta alta complejidad por lo que no se presenta en el informe, sin embargo, se implementó como un código en Excel para su cálculo. Las curvas del índice de daño potencial total producto de la función de daño de cada categoría se presentan a continuación.

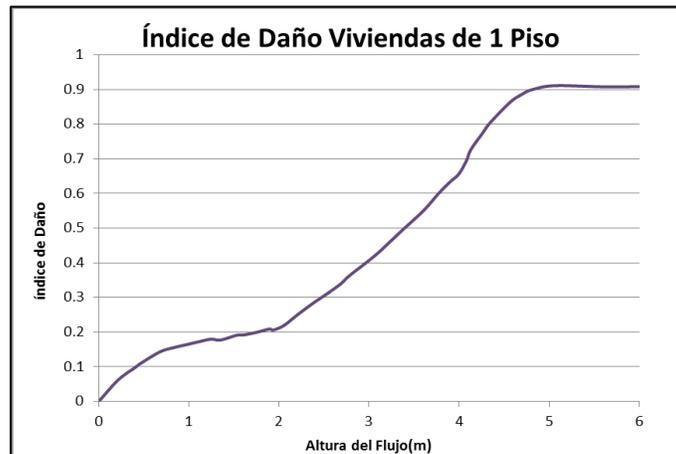


Ilustración 185. Índice de Daño de las Viviendas de 1 Piso.
Fuente: Adaptación de Kok et al. (2005).

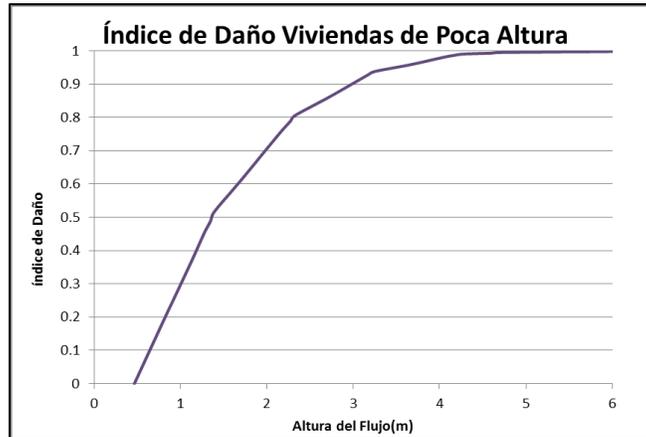


Ilustración 186. Índice de Daño de las Viviendas de Poca Altura.
Fuente: Adaptación de Kok et al. (2005).

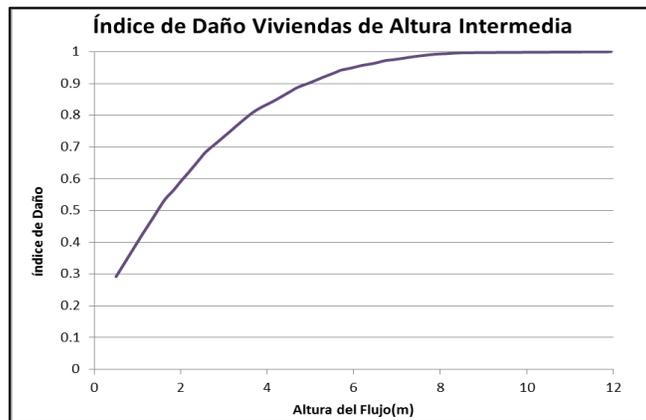


Ilustración 187. Índice de Daño de las Viviendas de Altura Intermedia.
Fuente: Adaptación de Kok et al. (2005).

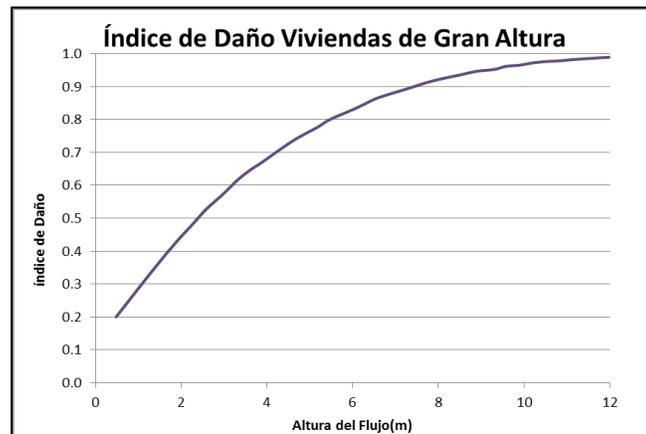


Ilustración 188. Índice de Daño de las Viviendas de Gran Altura.
Fuente: Adaptación de Kok et al. (2005).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La consultora propone la siguiente matriz de daño donde se clasifica el índice de daño potencial numérico de las edificaciones dentro de las diferentes categorías de lógica difusa para más adelante calcular el índice de vulnerabilidad física por inundaciones.

Tabla 114. Clasificación Difusa del índice de daño potencial de las viviendas.

Índice de Daño (IDp)	Tipo de daño	Categoría Difusa
0,0 - 0,2	El agua se pone en contacto con la estructura por fuera pero no entra.	I
0,2 - 0,4	El agua infiltra (gotea a través de las aberturas pequeñas) o se dañan características externas por el agua.	II
0,4 - 0,6	Agua penetra a través de una abertura cerrada o abierta (probablemente rompiendo la abertura) como una puerta o ventana.	III
0,6 - 0,8	Agua penetra a través de rutas no incluidas como aberturas (es atacada la integridad estructural) por ejemplo una pared o el tejado.	IV
0,8 - 1,0	La estructura sufre daños más allá de la reparación, por ejemplo las paredes colapsan.	V

Fuente: Geocing S.A.S.

✓ Infraestructura Vial

En cuanto a la categoría de infraestructura vial, la metodología de Kok presenta la siguiente función para el índice de daño potencial:

$$\alpha_{vías} = \text{MIN}(0.28d, 0.18d + 0.1, 1)$$

Donde la siguiente gráfica presenta la curva de Daño para esta categoría.

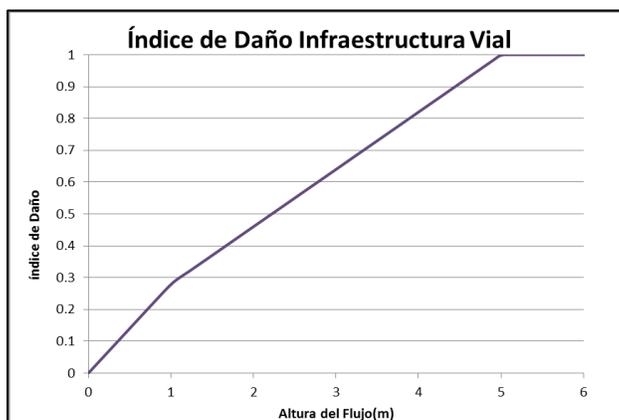


Ilustración 189. Índice de Daño de la Categoría de infraestructura vial
Fuente: Adaptación de Kok et al. (2005).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La consultora propone la siguiente matriz de daño donde se clasifica el índice de daño numérico obtenido de la Ilustración 189 para la infraestructura vial dentro de las diferentes categorías de lógica difusa.

Tabla 115. Clasificación Difusa del índice de daño potencial de la infraestructura vial.

Elemento Expuesto	Porcentaje de daño	Daños Potenciales	Índice de Daño Potencial
Infraestructura Vial	0 - 0,3	Daño superficiales	I
	0,3 - 0,5	Hundimiento de la estructura	II
	0,5 - 0,7	Fisuración de la estructura del pavimento	III
	0,7 – 0,8	La estructura sufre daños graves	IV
	0,8 – 1,0	Pérdida total de la Infraestructura	V

Fuente: Geocing S.A.S.

14.2.3 Vulnerabilidad física por Avenidas Torrenciales

La avenida torrencial representa una inundación de gran volumen y corta duración (Kim & Choi, 2011). Este tipo de eventos ha ocurrido con mayor frecuencia durante los últimos años debido a las lluvias fuertes o excesivas en un periodo de tiempo corto sobre un área pequeña. Las avenidas torrenciales pueden causar grandes daños en infraestructura y pérdida de vidas humanas debido a su rápida manifestación y altas velocidades que no dan tiempo de reacción a las personas que se encuentran en el área de influencia del evento.

Matemáticamente un flujo torrencial se caracteriza por contener una mezcla de material sólido (que incrementa considerablemente la viscosidad y densidad del flujo, disminuyendo su velocidad) y de un líquido intersticial (agua). Kelman (2002) presenta una propuesta para la evaluación de la vulnerabilidad física de las estructuras por medio de perfiles de vulnerabilidad “matrices de vulnerabilidad bidimensionales” en donde se enfoca en establecer las presiones diferenciales del flujo torrencial que podrían causar daños y el análisis de fallas en ventanas y muros. Esta metodología trabaja con las fuerzas hidrostáticas e hidrodinámicas y las convierte en primas de presiones en los muros de la edificación.

Kelman (2002) evalúa el daño en la estructura teniendo en cuenta las características de las acciones que un flujo impone sobre una edificación: la presión hidrostática, presión hidrodinámica impuesta por la velocidad de flujo, la erosión, el empuje y la acción de los sólidos suspendidos. En la sección 14.2.2 se presenta una descripción de las fuerzas anteriormente mencionadas.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

En el presente estudio se trabajó con una adaptación de los perfiles de vulnerabilidad de Kelman (2002) para diferentes tipos de estructuras. Se utilizó una clasificación de las estructuras similar a la usada para calcular la vulnerabilidad por inundaciones, la cual se muestra nuevamente en la Tabla 116.

Tabla 116. Categoría de Daños según materiales y estructura para avenidas torrenciales.

Categoría de Daño	Materiales	Estructura
Viviendas de 1 piso	Ladrillo o Bloque	Mampostería Simple y Estructural
Viviendas de poca altura (2 pisos)	Ladrillo o Bloque	Mampostería Simple y Estructural
Viviendas de altura intermedia (3 pisos)	Concreto Fundido	Mampostería Estructural
Viviendas de gran altura (Más de 4 pisos)	Concreto Fundido	Mampostería Estructural

Fuente: Adaptación de Kelman (2002).

Las matrices de los diferentes perfiles de vulnerabilidad adaptadas de Kelman (2002) para calcular el índice de daño potencial se presentan a continuación:

Tabla 117. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de 1 Piso.

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)			
	0,0	0,5	1,0	1,5 o mayor
0,0	0	2	4	5
0,5	0	2	4	5
1,0	0	2	4	5
1,5	0	4	4	5
2,0	0	4	5	5
2,5	0	4	5	5
3,0	0	4	5	5
3,5	0	4	5	5
4,0	0	4	5	5
4,5	0	4	5	5
5,0	0	4	5	5
5,5 o mayor	0	5	5	5

Fuente: Adaptación de Kelman (2002).

Tabla 118. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Poca Altura.

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	> 2,0
0,0	0	2	4	4	5
0,5	0	2	4	5	5
1,0	0	2	4	5	5
1,5	0	2	4	5	5
2,0	0	2	4	5	5
2,5	0	2	4	5	5

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	> 2,0
3,0	0	2	4	5	5
3,5	0	4	4	5	5
4,0	0	4	5	5	5
4,5	0	4	5	5	5
5,0	0	4	5	5	5
5,5	0	4	5	5	5
6,0	0	4	5	5	5
6,5	0	4	5	5	5
7,0	0	4	5	5	5
7,5 o mayor	0	5	5	5	5

Fuente: Adaptación de Kelman (2002)

Tabla 119. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Altura Intermedia.

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
0,0	0	2	2	4	5
0,5	0	2	4	4	5
1,0	0	2	4	4	5
1,5	0	2	4	4	5
2,0	0	2	4	4	5
2,5	0	2	4	5	5
3,0	0	2	4	5	5
3,5	0	2	4	5	5
4,0	0	2	4	5	5
4,5	0	4	4	5	5
5,0	0	4	5	5	5
5,5	0	4	5	5	5
6,0	0	4	5	5	5
6,5	0	4	5	5	5
7,0	0	4	5	5	5
7,5	0	4	5	5	5
8,0	0	4	5	5	5
8,5	0	4	5	5	5
9 o mayor	0	5	5	5	5

Fuente: Adaptación de Kelman (2002).

Tabla 120. Índice de Daño Potencial por avenidas torrenciales de las Viviendas de Gran Altura.

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5 o mayor
0,0	0	2	2	4	4	5
0,5	0	2	2	4	4	5
1,0	0	2	2	4	5	5
1,5	0	2	2	4	5	5

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Velocidad del Flujo Máxima (m/s)	Altura (m)					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5 o mayor
2,0	0	2	4	4	5	5
2,5	0	2	4	4	5	5
3,0	0	2	4	4	5	5
3,5	0	2	4	5	5	5
4,5	0	2	4	5	5	5
5,0	0	2	4	5	5	5
5,5	0	4	4	5	5	5
6,0	0	4	5	5	5	5
6,5	0	4	5	5	5	5
7,0	0	4	5	5	5	5
7,5	0	4	5	5	5	5
8,5	0	4	5	5	5	5
9,0	0	4	5	5	5	5
9,5	0	4	5	5	5	5
10,0	0	4	5	5	5	5
10,5 o mayor	0	5	5	5	5	5

Fuente: Adaptación de Kelman (2002)

El consorcio propone la siguiente matriz de daño donde se clasifica el índice de daño potencial numérico de las edificaciones dentro de las diferentes categorías de lógica difusa para más adelante calcular el índice de vulnerabilidad física por avenidas torrenciales.

Tabla 121. Clasificación Difusa del índice de daño potencial por avenidas torrenciales de las viviendas.

Índice de Daño (IDp)	Tipo de daño	Categoría Difusa
0	El flujo torrencial no se encuentra en contacto con la estructura	0
1	El flujo torrencial se pone en contacto con la estructura por fuera pero no entra.	I
2	El flujo torrencial infiltra (gotea a través de las aberturas pequeñas) o se dañan características externas por el agua.	II
3	El flujo torrencial penetra a través de una abertura cerrada o abierta (probablemente rompiendo la abertura) como una puerta o ventana.	III
4	El flujo torrencial penetra a través de rutas no incluidas como aberturas (es atacada la integridad estructural) por ejemplo una pared o el tejado.	IV
5	La estructura sufre daños más allá de la reparación, por ejemplo las paredes colapsan.	V

Fuente: Adaptación de Kelman (2002).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Índice de Daño Actual (IDa)**

El índice de daño actual representa el índice de daño que se le asigna al elemento expuesto dadas las características estructurales evaluadas en la encuesta física realizada a las diferentes edificaciones.

La base de datos obtenida a partir del estudio y las encuestas físicas se presentan anexadas a este informe. Se aclara que a cada una de las encuestas le pertenece un código el cual concuerda con el mapa de resultados expuestos y la base de datos obtenida.

- **Edad de la Construcción**

La edad de la construcción está directamente ligada al estado del inmueble en general, ya que entre más años tenga la construcción más deteriorada se encuentra, sus técnicas constructivas no son las adecuadas para cumplir con la Norma Sismo Resistente y sus materiales presentan diferentes desgastes. Adicionalmente, si la construcción es más nueva se podría considerar que sus materiales cuentan con mejores condiciones de calidad y las técnicas empleadas para su construcción son las adecuadas. En la Tabla 122 se presenta su categorización.

Tabla 122. Pesos ponderados - Parámetro: Edad de la Construcción.

Edad de La construcción	Parámetro (años)	Peso
Después 2010	7	0,20
Entre 1997 y 2010	21	0,50
Antes de 1997	22	0,90

Fuente: Geocing S.A.S.

Según las encuestas aplicadas e información recopilada, el 32,3% de las edificaciones se han construido antes de 1997, el 35,5% han sido construidas entre los años 1997 y 2010 periodo en donde se establecieron las primeras normas sismo resistentes y el 32,3% restante han construidas después del 2010 bajo el periodo de funcionamiento de la última versión de la NSR. En la Ilustración 190 se presenta la distribución de las edificaciones encuestadas según su año de construcción.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

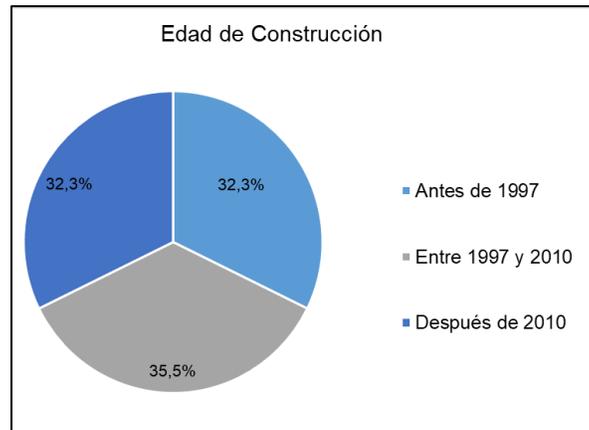


Ilustración 190. Distribución de las edificaciones encuestadas según su fecha de construcción.
Fuente: Geocing S.A.S.

• Número de pisos

Es la distribución vertical de una construcción, correspondiente a la cantidad de niveles con los que cuenta una edificación. En términos generales, las encuestas realizadas para el presente estudio arrojaron que el 89,92% de las edificaciones son estructuras de un sólo piso y el 10,08% son de 2 pisos. Ver Ilustración 191

Tabla 123. Pesos - Parámetro: Número de pisos.

Parámetro	Calificación
1	0,20
2	0,30
3	0,40
4	0,50
5	0,70
>5	0,80

Fuente: Geocing S.A.S.

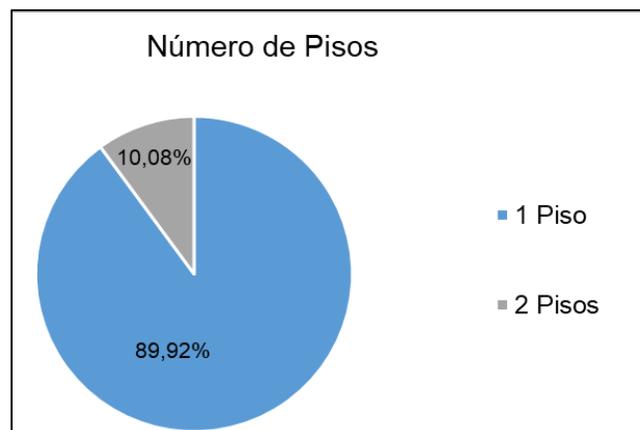


Ilustración 191. Distribución de las edificaciones encuestadas según su número de pisos.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

• Forma de construcción

Es la metodología, materiales y técnicas utilizadas en el proceso de constructivo de un inmueble, para este estudio se consideraron tres identificadores, en la Tabla 124 se presentan las calificaciones asignadas:

Tabla 124. Pesos - Parámetro: Forma de construcción.

Parámetro	Calificación
Empresa Constructora	0,2
Prefabricado	1,0
Informal	0,4

Fuente: Geocing S.A.S.

Se encontró que 100% del total de las edificaciones encuestadas fueron construidas de forma informal. En la Ilustración 192 se presenta la distribución de esta variable.

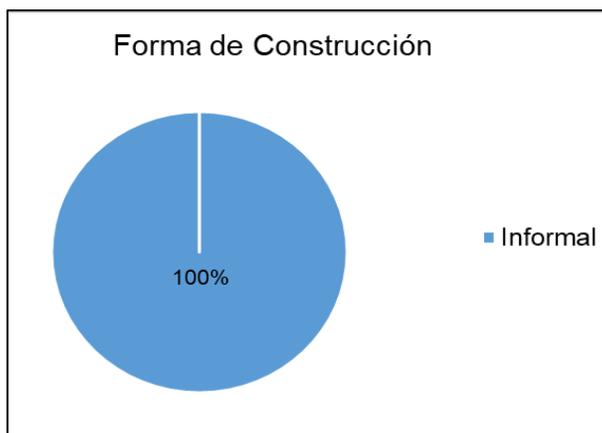


Ilustración 192. Distribución de las edificaciones encuestadas según su forma de construcción.

Fuente: Geocing S.A.S.

• Tipo de entrepiso

Las losas o placas de entrepiso son los elementos rígidos que separan un piso de otro, construidos monolíticamente o en forma de vigas sucesivas apoyadas sobre muros estructurales, el tipo del entrepiso se determina de acuerdo al tipo de materiales utilizados y procesos constructivos, en esta oportunidad se planteó la posibilidad de que se pudieran presentar en la zona de estudio entrepisos de madera, metálicos, concreto reforzado u otros.

Se analizaron cada uno de los parámetros considerados y la siguiente tabla enseña los pesos seleccionados para cada tipo de entrepiso:

Tabla 125. Pesos – Tipo de entrepiso.

Parámetro	Calificación
Metálico	0,4

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Parámetro	Calificación
Madera	0,8
Concreto reforzado	0,1
No aplica	0,0

Fuente: Geocing S.A.S.

Según la información recolectada en las encuestas, se observó que el 58,3% de las viviendas que presentan entrepiso lo tienen en concreto, seguido de entrepiso en madera con un 25,0% y finalmente con un 8,3% se identificó entrepiso metálico y otro tipo de entrepiso como bahareque. Es importante destacar que las edificaciones que presentan entrepiso corresponden al 10,08% del 100% de las viviendas encuestadas. En la Ilustración 193 se presenta la distribución de esta variable.

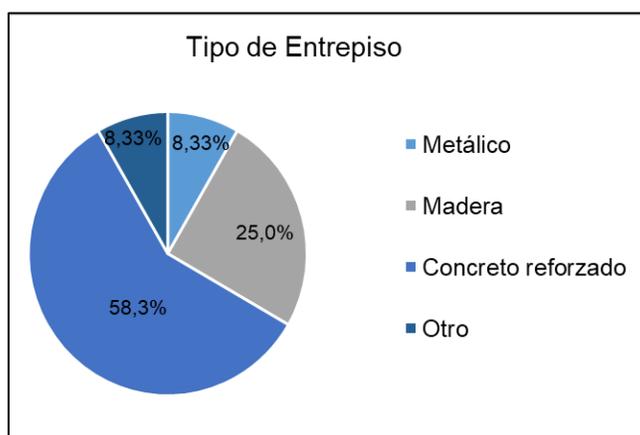


Ilustración 193. Distribución de las edificaciones encuestadas según su tipo de entrepiso.

Fuente: Geocing S.A.S.

• Tipo de cubierta

Son módulos de cerramiento superior, que resguardan las estructuras de agentes externos. Se clasificaron los materiales utilizados en la zona de estudio como zinc, asbesto cemento, concreto, teja plástica u otros. Se analizaron cada uno de los parámetros considerados y la siguiente tabla muestra los pesos seleccionados para evaluar el tipo de cubierta:

Tabla 126. Pesos - Parámetro: Tipo de Cubierta.

Parámetro	Calificación
Zinc	0,4
Concreto	0,2
Teja Plástica	0,8
Asbesto Cemento	0,6
Otro (Teja Barro y plástico)	0,9

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Se evidenció que el tipo de cubierta de las edificaciones se distribuye en su mayoría en Zinc con un 93,3%, seguido del 5,9% con cubierta asbesto cemento y finalmente con un 0,8% se identificaron cubiertas con tejas plásticas. La Ilustración 43, muestra la distribución del tipo de cubierta de las edificaciones.

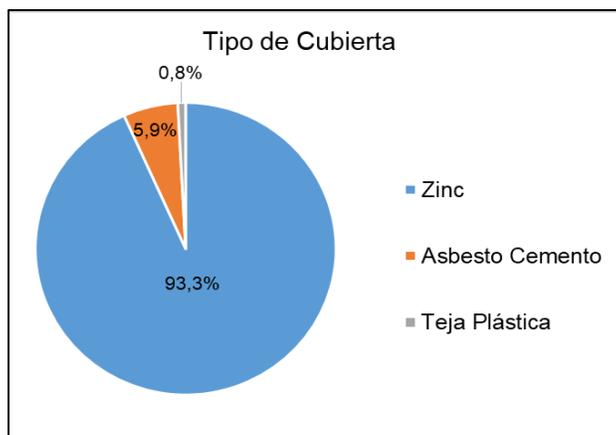


Ilustración 194. Distribución de las edificaciones encuestadas según su tipo de cubierta.
Fuente: Geocing S.A.S.

• Sistema estructural

Un sistema estructural es el modelo físico que sirve de marco para los elementos estructurales, y que refleja un modo de trabajo o configuración de la estructura. Un inmueble puede tener, a su vez, una mezcla de sistemas estructurales.

Pueden clasificarse por su campo de actuación, sistema de trabajo, metodología y materiales utilizados, en esta oportunidad se consideraron los siguientes sistemas, parámetros que se analizaron y luego del cálculo de los pesos, se obtuvo una calificación como se muestra en la Tabla 127.

Tabla 127. Pesos - Parámetro: Sistema Estructural.

Parámetro	Calificación
Pórtico	0,2
Prefabricado	0,4
Mampostería Estructural	0,2
Madera	0,9
Mixto	0,8
Muro portante confinado	0,2
Muro portante NO confinado	0,9

Fuente: Geocing S.A.S.

Los resultados de las encuestas realizadas arrojan que el 42,02% de las edificaciones presentan otro tipo de sistema estructural como bahareque y guadua, el 29,41% edificaciones con muro portante no confinado, el 13,45% muro portante confinado, el

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

5,88% pórticos, el 5,88% sistema estructural mixto y madera y finalmente con el 3,36% se identificaron viviendas con sistema estructural tipo pórtico. La distribución de esta variable se presenta en la Ilustración 195.

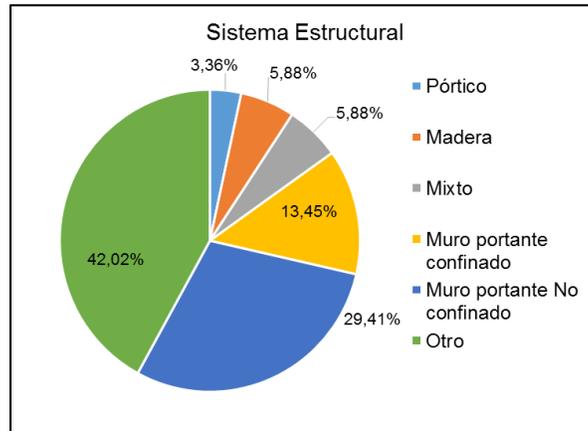


Ilustración 195. Distribución de las edificaciones encuestadas según su sistema estructural.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Estado del inmueble**

De acuerdo a las características y condiciones actuales de los predios se realizó una categorización de cada uno, se dio una apreciación entre bueno, regular o malo, parámetros que se analizaron y luego del cálculo de los pesos, se obtuvo una calificación descrita en la Tabla 128.

Tabla 128. Pesos - Parámetro: Estado del inmueble.

Parámetro	Calificación
Bueno	0,2
Regular	0,5
Malo	0,8

Fuente: Geocing S.A.S.

La mayoría de las edificaciones se encuentran en estado bueno con un 36,13%, en estado regularse identificó un 48,74% y en estado malo un 15,13%. La distribución de esta variable se presenta en la Ilustración 195.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

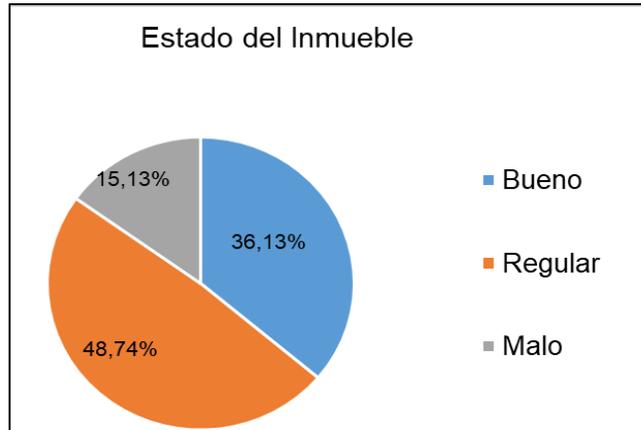


Ilustración 196. Distribución de las edificaciones encuestadas según tipo de daño.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Daños en toda la construcción**

En la inspección y revisión de los predios se identifican los signos de daños presentes en las estructuras tales como fisuras, grietas, desprendimientos y niveles de humedad, los cuales evidencian los cambios en las condiciones y estabilidad de las estructuras. De acuerdo a lo anterior se determinó la siguiente calificación para las patologías evaluadas en los muros, pisos, techos, vigas y columnas:

Tabla 129. Pesos ponderados - Parámetro: Daños en toda la construcción.

Parámetro	Calificación
Fisuras	0,1169
Grietas	0,2599
Desprendimiento	0,5395
Humedad	0,0837

Fuente: Geocing S.A.S.

Las edificaciones encuestadas se distribuyen entre 4 tipos de daños propuestos por la presente consultoría. Los porcentajes de los daños presentes en las edificaciones encuestadas se encuentran distribuidos de la siguiente forma: un 33,90% presentan humedad, en un 28,81% de las edificaciones se identificaron desprendimiento, seguido de fisuras con un 22,88% y finalmente con un 14,41% se identificaron grietas. La distribución de esta variable se presenta en la siguiente ilustración.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

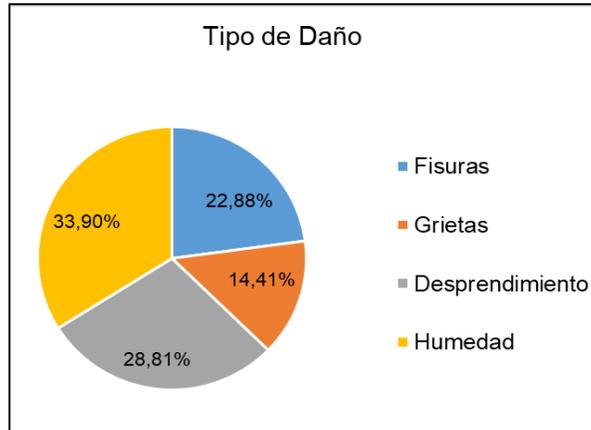


Ilustración 197. Distribución de las edificaciones encuestadas según tipo de daño.
Fuente: Geocing S.A.S.

Adicionalmente y como complemento a lo expuesto anteriormente en la Tabla 130 y Tabla 131 se presenta la calificación de los tipos de daños dependiendo de su localización en las estructuras. Se consideran estos parámetros porque dependiendo de su ubicación pueden afectar en gran medida o no a la estabilidad de la estructura.

Tabla 130. Pesos – Parámetro Localización de los Agrietamientos en la Estructura de la edificación.

Parámetro	Calificación
Sin agrietamientos	0,0
Muros	0,7
Columnas	1,0
Vigas	1,0
Pisos	0,2
Techo	0,3

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 131. Pesos – Parámetro Localización de las Humedades en la Estructura de la edificación.

Parámetro	Calificación
Sin humedad	0,0
Muros	0,4
Columnas	0,8
Techo	0,3

Fuente: Geocing S.A.S.

Según los resultados obtenidos en las encuestas, las viviendas encuestadas en su mayoría no presentan agrietamientos (77,69%); las viviendas en donde se identificaron grietas se encuentran distribuidas así: en muros con un 17,36% y en los pisos con un 4,13%. En cuanto a la humedad, el 58,28% de las edificaciones no presentan humedad; las humedades que se identificaron en las viviendas se encuentran localizadas así: el 37,70% de las humedades se encuentran en los muros y el 4,10% en el techo. Las

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

siguientes ilustraciones indican la distribución de las viviendas según la localización de las grietas y humedades.

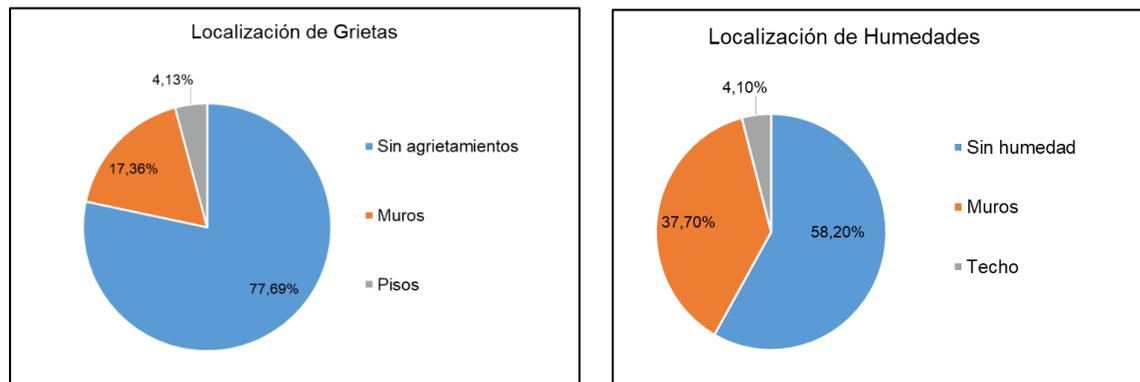


Ilustración 198. Distribución de las edificaciones encuestadas según la localización de sus daños.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Severidad de Daños en toda la construcción**

En la inspección y revisión de los predios se identifican los signos de daños presentes en las estructuras tales como fisuras, grietas, desprendimientos y niveles de humedad, los cuales evidencian los cambios en las condiciones y estabilidad de las estructuras. De acuerdo a lo anterior se determinó la siguiente calificación para evaluar las severidades medias y altas que presentan los inmuebles de acuerdo con el número aproximado de grietas que se observaron en su estructura.

Tabla 132. Pesos - Parámetro: Severidad de Daños.

Parámetro	Calificación
Bajo	0,20
Medio	0,50
Alto	0,80

Fuente: Geocing S.A.S.

Según la información recolectada de las edificaciones que presentan daños, se observa que el 81,51% de las edificaciones presentan daños con severidad baja, el 16,81% en categoría media y el 1,68% restante presentan severidad media. En la Ilustración 198 se presenta la distribución de esta variable.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

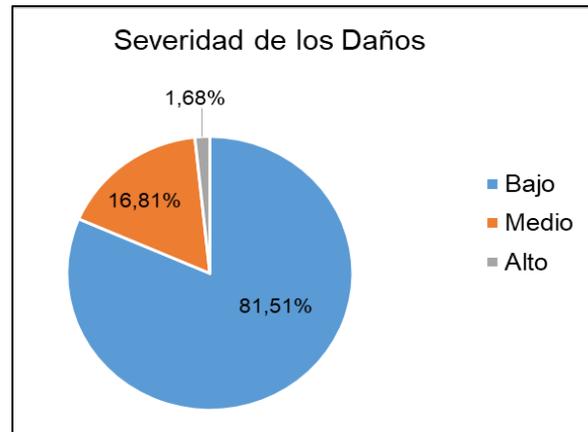


Ilustración 199. Distribución de las edificaciones encuestadas según la severidad de daños.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Tipología de la vivienda**

El tipo de vivienda y sus características físicas se analizarán dentro del contexto de la vulnerabilidad física, las construcciones en sí mismas, son indicativos de la calidad de vida de los habitantes, por lo cual se determinó la siguiente calificación para cada uno de los parámetros de acuerdo a su influencia en la condición de vulnerabilidad:

Tabla 133. Pesos - Parámetro: Tipología de la vivienda.

Parámetro	Calificación
B1	1,0
B2 (mampostería)	0,7
B2 (prefabricado)	0,6
B3	0,4
B4	0,2

Fuente: Geocing S.A.S.

A continuación se presentan algunas imágenes de las tipologías encontradas en el presente estudio.



Ilustración 200. Vivienda Tipología B1 (Vivienda en materia reciclaje).
Fuente: Geocing S.A.S.



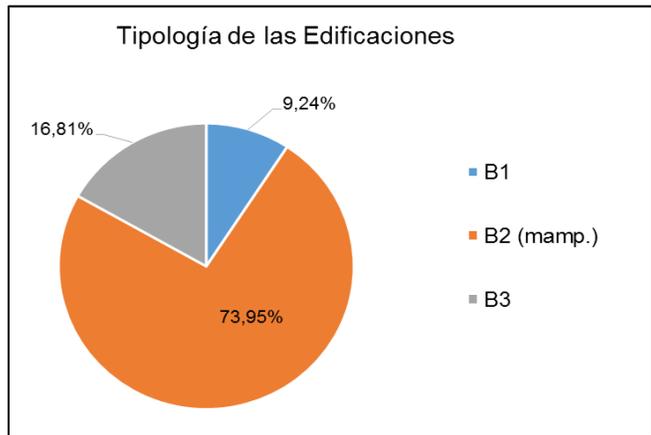
Ilustración 201. Vivienda Tipología B2 (Vivienda en mampostería sin estructura).
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



**Ilustración 202. Vivienda Tipología B3 (Edificaciones hasta de dos (02) niveles de buena calidad de construcción (con estructura).
Fuente: Geocing S.A.S.**

En la Ilustración 203 se presenta la tipología de la infraestructura de la zona de estudio; información que fue obtenida a partir de las encuestas realizadas en campo.



**Ilustración 203. Tipología de Viviendas.
Fuente: Geocing S.A.S.**

Como se puede observar la tipología con mayor porcentaje es la **B2** Mampostería (73,95%) correspondiente a 88 viviendas, **B3** (16,81%) con 20 viviendas y finalmente en la tipología **B1** (9,24%) se identificaron 11 viviendas.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Cálculo del Índice de Daño Actual**

Una vez se tiene la calificación de cada uno de los parámetros considerados, se les asigna un peso de importancia con la metodología AHP y se realiza una suma ponderada de estos valores para calcular el índice de daño potencial. En la Tabla 134 se presenta los pesos ponderados calculados para las variables evaluadas en la vulnerabilidad física por inundaciones.

Tabla 134. Pesos de los parámetros evaluados para calcular el índice de daño actual.

Vector de pesos finales	Vector de pesos
No. De Pisos	0,026
Forma de Construcción	0,055
Tipo de Entrepiso	0,040
Cubierta	0,041
Sistema Estructural	0,241
Estado del inmueble	0,082
Daños en toda la construcción	0,142
Severidad de daños	0,181
Tipo de Vivienda	0,192

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Categorización del Índice de vulnerabilidad física (IVF)**

Para la categorización del IVF se proponen tres (3) niveles de gravedad relativa o consecuencias del evento sobre el sistema (Nivel I a Nivel III), de acuerdo a la calificación del IVF tal como se puede ver en la Tabla 135.

Tabla 135. Categorización del índice de vulnerabilidad física.

GRAVEDAD RELATIVA		IVE ₉₀	DESCRIPCIÓN
I	Baja	0,00 – 0,35	Las consecuencias no afectan el funcionamiento del sistema; pérdidas o daños despreciables.
II	Media	0,35 – 0,65	Las consecuencias afectan parcialmente al sistema en forma grave; pérdidas o daños moderados.
III	Alta	0,65 – 1,00	Las consecuencias afectan en forma total al sistema; pérdidas o daños de gran magnitud.
		IVF ₉₀	INDICE DE VULNERABILIDAD FISICO CONFIANZA DEL 90%

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Índice de vulnerabilidad física (IVF)**

El índice de vulnerabilidad física refleja la exposición y la sensibilidad que tienen los elementos expuestos a unas condiciones peligrosas y su habilidad, capacidad y resiliencia para afrontar y adaptarse a los efectos de estas condiciones. Las características de la naturaleza de la exposición y el grado en que los elementos expuestos lo experimentan dependen de las características de los eventos y de los mismos elementos expuestos los cuales presentan cierto grado de incertidumbre.

El Índice de Vulnerabilidad Física lo define Soler et al. (2015) como la relación matemática entre el índice de daño actual (IDa) y el índice de daño potencial (IDp) de la siguiente manera:

$$IVF = IDa + IDp - (IDa \times IDp)$$

El índice de daño potencial se describe en las anteriores secciones y debido a que se estudian dos eventos amenazantes, existen dos tipos diferentes de índices de daño potencial; el calculado para los movimientos en masa y el calculado para las inundaciones. Por otro lado, el índice de daño actual representa la evaluación del estado actual de la estructura. Ambos índices se calculan por medio de la información obtenida de las encuestas, visitas de campo y modelaciones realizadas.

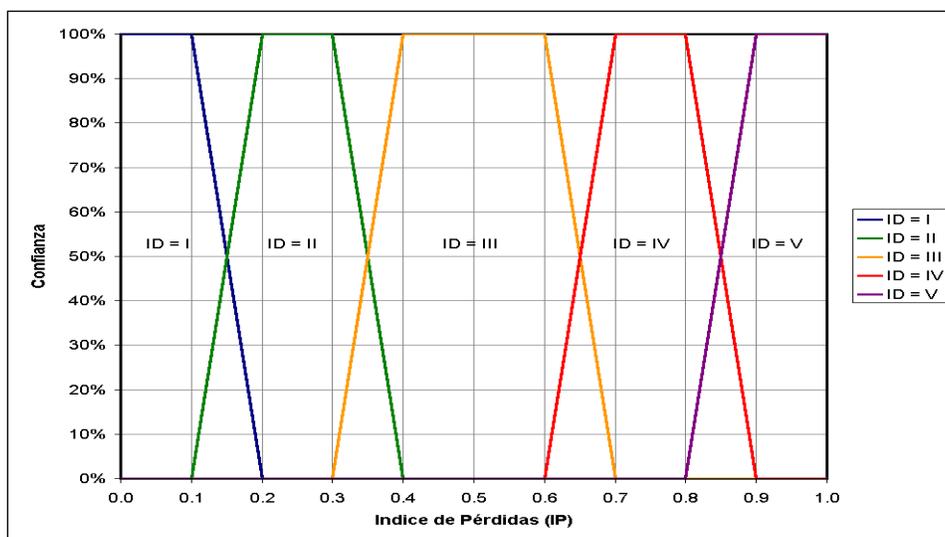


Ilustración 204. Valoración del ID (potencial y actual) utilizando conjuntos difusos.
Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 136. Números difusos utilizados para valorar el ID (potencial y actual) con una confianza del 100%

ID (Actual o Potencial)	Definición Del Número Difuso Trapezoidal			
	Valor Mínimo	Valor Medio Bajo	Valor Medio Alto	Valor Máximo
I	0,00	0,00	0,10	0,20

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

ID (Actual o Potencial)	Definición Del Número Difuso Trapezoidal			
	Valor Mínimo	Valor Medio Bajo	Valor Medio Alto	Valor Máximo
II	0,10	0,20	0,30	0,40
III	0,30	0,40	0,60	0,70
IV	0,60	0,70	0,80	0,90
V	0,80	0,90	1,00	1,00

Fuente: Geocing S.A.S..

• Predicción de datos faltantes índice de Vulnerabilidad Física

Para obtener los resultados que se presentan en las secciones anteriores, se encuestaron un total de 107 predios. Esta muestra es estadísticamente representativa de las edificaciones que se encuentran en la zona crítica de la zona de estudio urbana y su información presenta un nivel de confianza del 85% con un error del 7%.

Sin embargo, para obtener un panorama general de la zona de estudio se extrapolaron los datos para hallar la información de los predios faltantes. El procedimiento que se utilizó fue el de asignar el promedio de la vulnerabilidad física de las edificaciones encuestadas a cada predio faltante de la zona de estudio. Esto se realiza suponiendo que los predios en cada barrio poseen un índice de vulnerabilidad muy similar dado que no se presentan grandes diferencias en sus aspectos físicos y estructurales.

14.2.4 Análisis de resultados vulnerabilidad física por movimientos en masa

La vulnerabilidad física para el municipio Acevedo se estableció a partir de la metodología presentada en el capítulo 14.2.1, según la cual se evaluó los elementos expuestos ante un movimiento en masa (Viviendas, vías y puentes). Esta metodología se aplica para aquellos elementos expuestos que según el análisis de estabilidad realizado presenta amenaza por este evento y los categoriza con vulnerabilidad baja, media o alta, por el índice de daño potencial el cual es calculado a partir de la sollicitación y la tipificación de la estructura, y sirve como insumo para calcular la categoría de riesgo correspondiente.

En el municipio de Acevedo se encuentran 1926 predios de los cuales su totalidad se ve categorizada ante un movimiento en masa, principalmente en la categoría de vulnerabilidad física media con el 98,3% (1893 predios) del total de las construcciones, del restante el 1,3% (26 predios) se categoriza con vulnerabilidad física alta y 0,4 % (7 predios) en baja, tal como se logra identificar en la Ilustración 205.

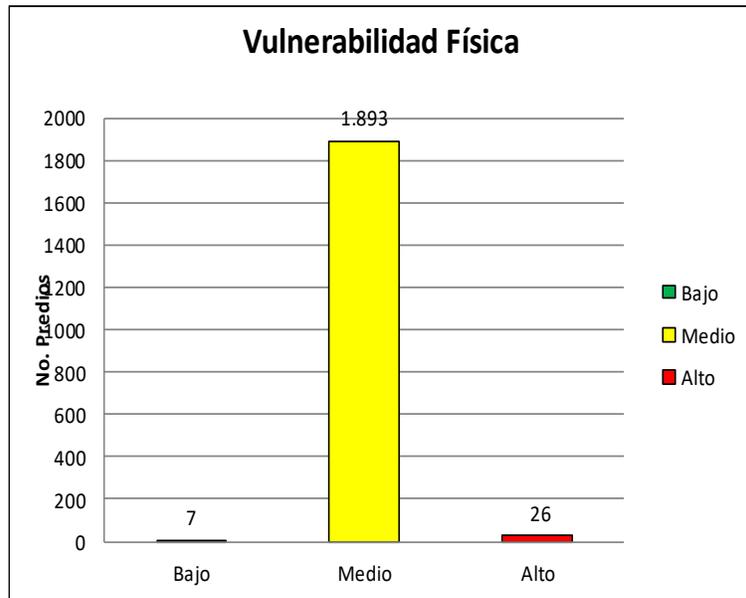


Ilustración 205. Vulnerabilidad Física predios Acevedo- Movimientos en Masa.
Fuente: Geocing S.A.S.

La categorización de los predios se debe principalmente a las condiciones en las cuales fueron construidos, ya que se logró identificar que los predios no presentan daños considerables en su infraestructura que lleven a presentar una alta vulnerabilidad física; mientras que la categoría media se debe a la longevidad y el sistema estructural de los predios, el cual no es sismo resistente y no cumple con la NSR-10.

La totalidad de las vías se encuentran categorizadas con vulnerabilidad física por movimientos en masa, lo cual representan una longitud de 20,5 Km de los cuales predomina una categoría alta con el 76,7% que corresponde a 15,7 Km, del restante 23,3%, el 22,0% se encuentra en categoría media (4,5 Km) y el 1,3% en categoría baja (0,3 Km), como se logra identificar en la Ilustración 206.

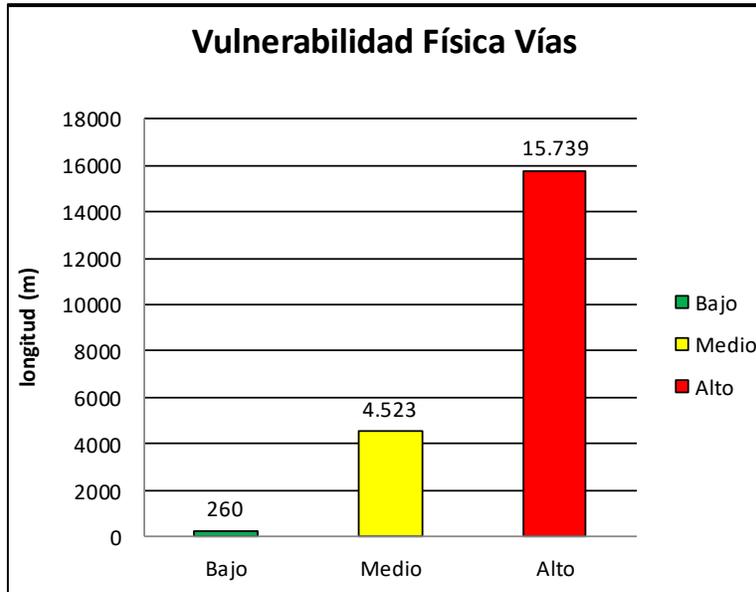


Ilustración 206. Vulnerabilidad Física vías Acevedo- Movimientos en masa (longitud en metros).
Fuente: Geocing S.A.S.

Las categorías media y alta predominan debido a las condiciones en las cuales están construidos las vías y su estado actual, identificando que prevalecen las vías sin pavimentar y vías con daños estructurales como lo son ondulaciones, grietas y huecos, lo cual posibilita una mayor afectación de las mismas en caso de presentarse un movimiento en masa.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

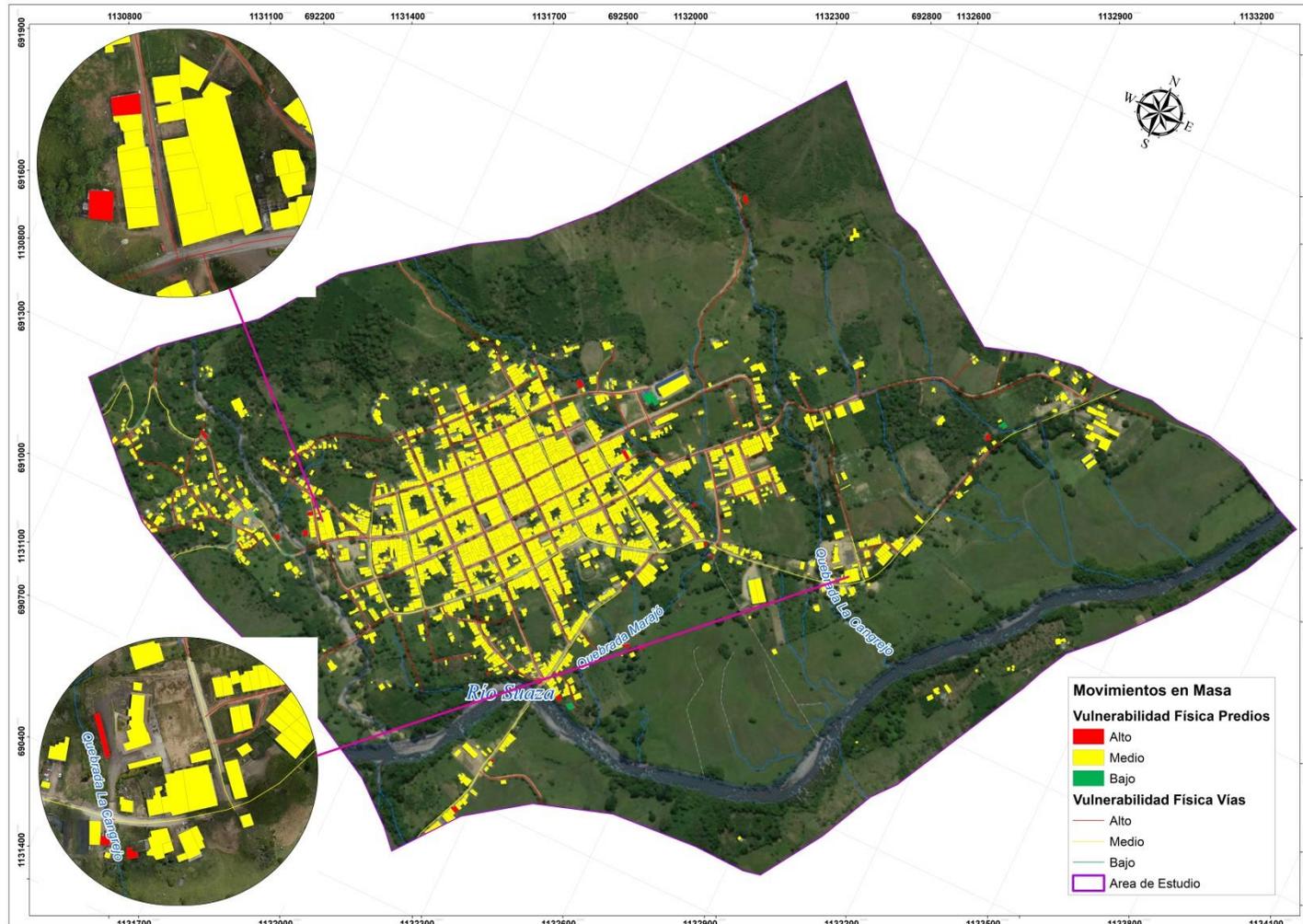


Ilustración 207. Mapa de vulnerabilidad física por movimientos en masa en el municipio de Acevedo.

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44

Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541

Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14.2.5 Análisis de resultados vulnerabilidad física por inundaciones

A partir de los valores correspondientes a altura y velocidad del flujo se evaluó la afectación que presentarían los elementos expuestos (Predios y vías).

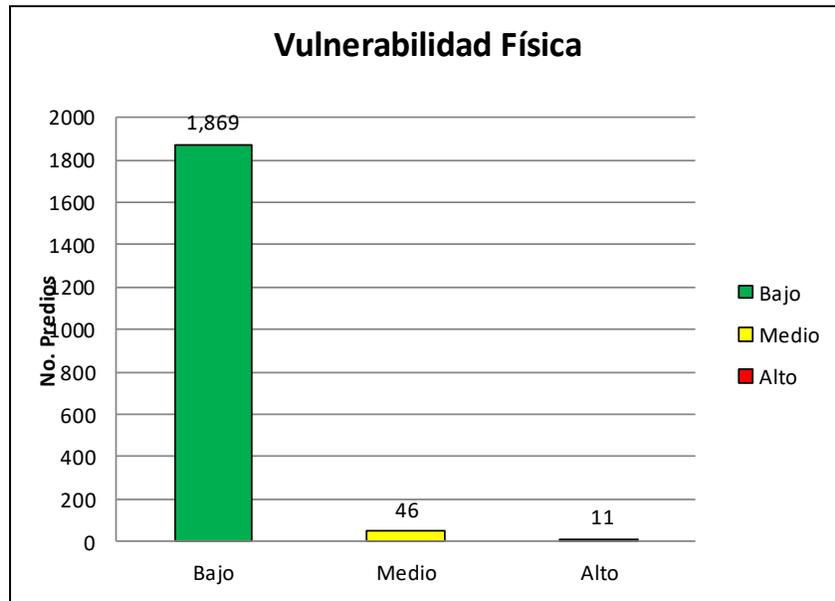


Ilustración 208. Vulnerabilidad Física predios Acevedo- Inundaciones.
Fuente: Geocing S.A.S.

Según los resultados correspondientes a la modelación de la inundación se establecieron aquellos elementos expuestos que presentarían afectación, identificando que los 1.926 predios ubicados en el municipio de Acevedo se verían afectados; al identificar los elementos expuestos se evaluaron las condiciones en las cuales se encuentran los predios y la forma en la cual fueron construidos para establecer como se comportaría ante la velocidad y altura del flujo correspondiente a la zona donde se encuentran ubicados, por lo que 1.863 predios se categorizaron con vulnerabilidad física baja debido a que no se encontraban en los 50 metros de ronda de las quebradas La Guache, Marajó, La Cangrejo, drenaje 1 y el río Suaza, y no se hallaban en la zona delimitada con amenaza para un periodo de retorno menor o igual a 500 años, que es la zona con mayor afectación, adicionalmente, el estado de los predios no representaban una condición de mayor vulnerabilidad; los 55 predios que se encontraban dentro de esta ronda fueron categorizados según se presenta en la Ilustración 208, donde 11 predios tenían una vulnerabilidad física alta debido a las condiciones actuales (longevidad del predio y estado de su sistema estructural) y al índice de daño producto de la modelación de las variables de altura y velocidad de flujo frente a la tipología de la vivienda y el resto de predios correspondientes a 46 se encuentran en categoría de vulnerabilidad física media.

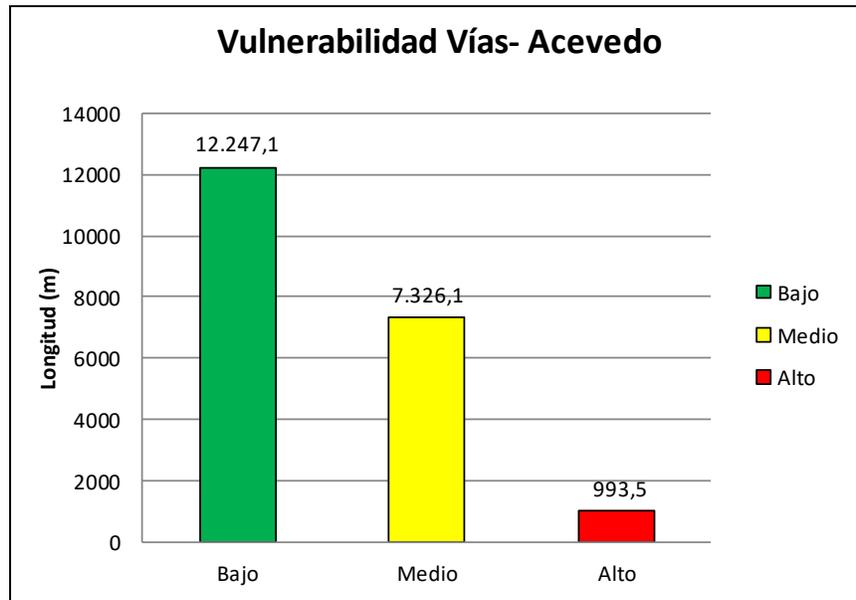


Ilustración 209. Vulnerabilidad Física vías Acevedo- Avenidas Torrenciales.
Fuente: Geocing S.A.S.

La totalidad de la malla vial del municipio de Acevedo (20,5 Km) se encuentra expuesta ante una inundación, identificando que predomina la categorización de vulnerabilidad física baja, debido a la ubicación de las vías respecto a la zona de mayor afectación (50 metros de ronda de las quebradas La Guache, Marajó, La Cangrejo, drenaje 1 y el río Suaza, que corresponde a la zona delimitada con amenaza para un periodo de retorno menor o igual a 500 años) con una longitud de 12,2 Km, la vulnerabilidad media (7,3 Km) se debe principalmente a las condiciones de la vía ya que predominan las vías terciarias, sin pavimentar de carril sencillo y 0,9 Km de malla vial se encuentra identificada en la categoría de vulnerabilidad física alta.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO



Ilustración 210. Mapa de vulnerabilidad física por inundación en el municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14.2.6 Análisis de resultados vulnerabilidad física por avenida torrencial

La vulnerabilidad física por avenidas torrenciales para el municipio de Acevedo se evaluó a partir de la metodología propuesta en el numeral 0, donde se establecen las diferentes fuerzas que implican una afectación en los elementos expuestos (Predios, puentes y vías), a partir de los resultados de altura y velocidad del flujo; estos son comparados con los datos recopilados sobre las condiciones actuales del predio, donde se evalúa la resistencia que este tendría ante un evento de estos. Los elementos expuestos evaluados fueron aquellos que en el análisis de los resultados correspondientes a la amenaza por avenidas torrenciales se verían afectados ante un evento de estos, debido a que el flujo alcanza una altura en la cual los elementos serían afectados.

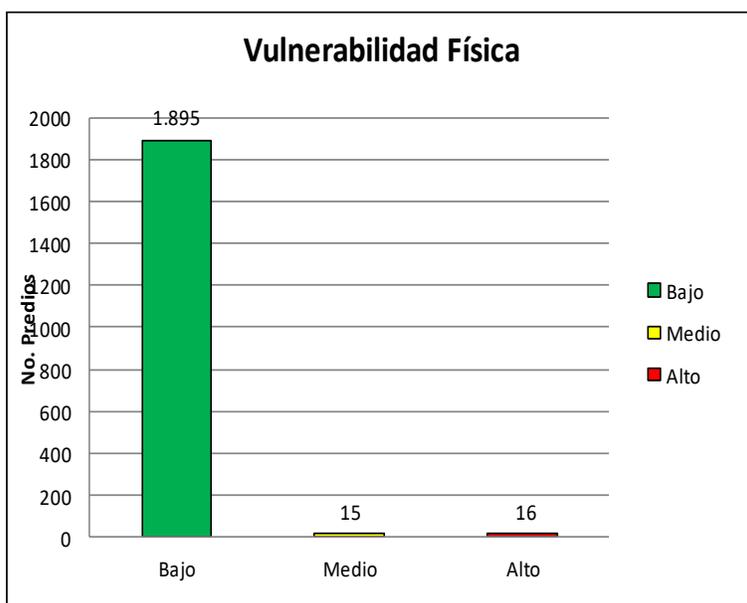


Ilustración 211. Vulnerabilidad Física predios Acevedo- Avenida Torrencial.
Fuente: Geocing S.A.S.

Los 1.926 predios ubicados en el municipio presentan vulnerabilidad física por avenidas torrenciales, de los cuales 1.895 predios se encuentran categorizados con vulnerabilidad baja, esto debido a que estos se encuentran en la zona correspondiente a amenaza baja la cual corresponde a la zona con un periodo de retorno mayor o igual a 500 años, y dado que los predios no presentan daños físicos considerables que conlleven que al estar expuestos ante un evento de estos se pueda generar un daño considerable. Los 31 predios restantes se encuentran categorizados con vulnerabilidad física media o alta; los cuales se ven principalmente afectados por la proximidad que presentan con la quebrada La Guache y el Río Suaza, ya que es la zona donde el evento alcanza las mayores alturas y velocidades, que en conjunto con los materiales arrastrados (Detritos, palos) y una

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

condición en la cual la longevidad y sistema estructural de las construcciones conllevan a presentar un aumento en la vulnerabilidad física de los mismos. De acuerdo a lo anterior se identificaron 16 predios en categoría alta y 15 en categoría media.

Los 20,6 Km de malla vial ubicados en el municipio de Acevedo se encuentran categorizados con vulnerabilidad física por avenidas torrenciales, del total el principal tramo se encuentra en la categoría de vulnerabilidad media con 14,6 Km (71,0 %), vulnerabilidad alta con una longitud de 5,1 Km (24,5%) y 0,9 km se encuentran categorizados en vulnerabilidad física baja (4,4%) como se logra identificar en la Ilustración 212, esto debido principalmente al estado y tipo de vía ubicados en el municipio, donde predominan vías terciarias, sin pavimentar de un solo carril.

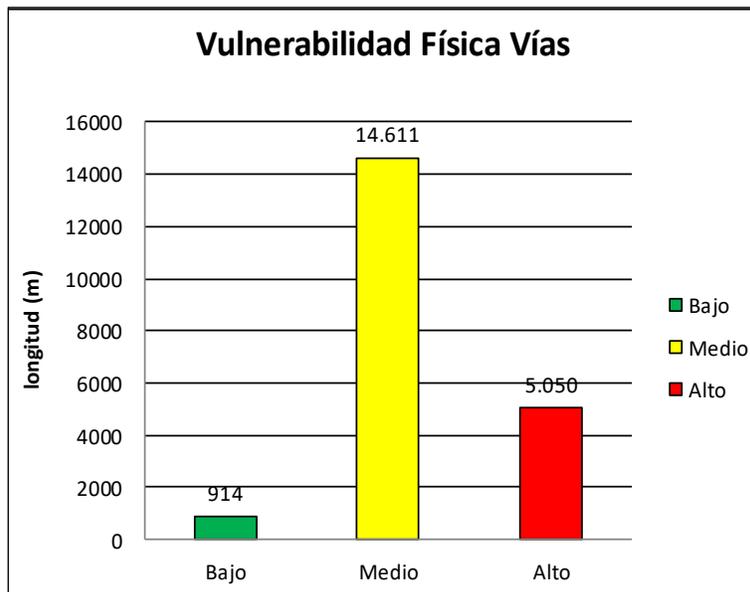


Ilustración 212. Vulnerabilidad Física vías Acevedo- Avenida Torrencial.
Fuente: Geocing S.A.S.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

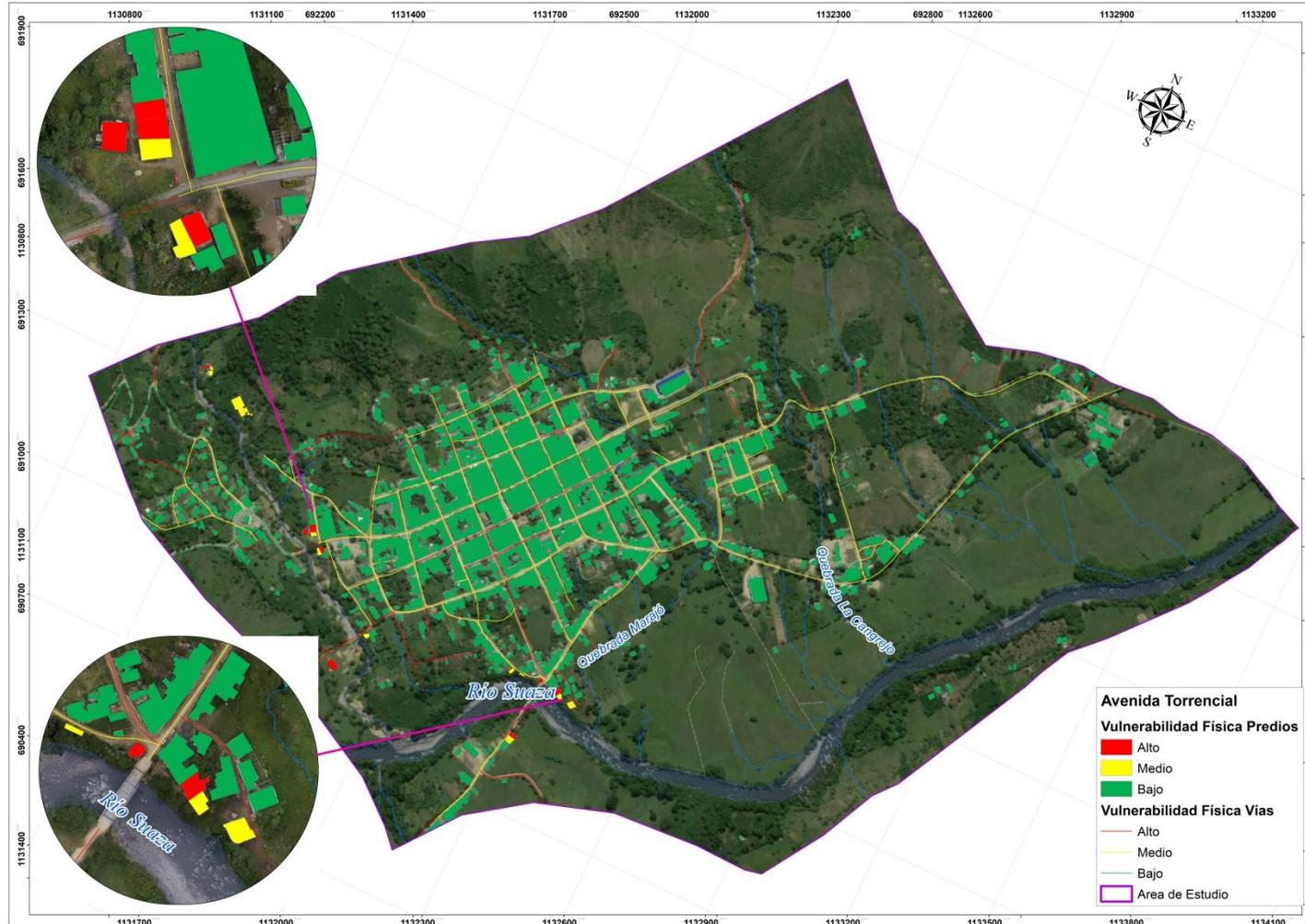


Ilustración 213. Mapa de vulnerabilidad física por avenida torrencial en el municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14.3 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL

Utilizando el método AHP se valoran variables que se consideren aplicables para determinar la vulnerabilidad social como y que midan entre otras variables la resiliencia de la comunidad ante la ocurrencia de eventos desastrosos como el caso de los deslizamientos o inundaciones.

La amenaza está asociada a deslizamientos asociados a la erosión hídrica, inundaciones y eventuales avalanchas, en especial en zonas residenciales que están cerca de quebradas, ríos o taludes, donde las condiciones geotécnicas podrían ser desfavorables y susceptibles de control mediante obras de ingeniería.

Los estudios muestran que el crecimiento acelerado de los asentamientos ubicados junto a fuentes hídricas no permite garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano por lo tanto, cualquier obra civil ubicada en esta área, podría ser afectada. De igual forma se debe trabajar de la mano con las poblaciones que viven en las zonas afectadas, conocer sus necesidades ya que son los principales actores del entorno e informan sobre las condiciones en las que se encuentran los taludes más cercanos y la zona en general.

El presente capítulo hace referencia a la importancia de los temas sociales y del acompañamiento de la comunidad inmersa en la problemática para buscar soluciones viable y hacerlas parte de ella. Es importante resaltar que en la zona de estudio se llevaron a cabo una serie de encuestas; de las cuales la información social corresponde al 28,3% de un total de 120 encuestas; por lo tanto fue necesario realizar un complemento utilizando la información disponible en el DANE, mediante el Sistema de Consulta Información Censal – Censo General 2005. La información encontrada, presenta como menor unidad geográfica la manzana, por consiguiente, dichos análisis se realizaron para las manzanas que componen el casco urbano. En el Anexo 5. Vulnerabilidad, se presenta la base de la información utilizada para el análisis.

14.3.1 VULNERABILIDAD CULTURAL

La vulnerabilidad cultural se encuentra relacionada con los patrones de pensamiento y medidas con los que diferentes grupos de diversidad cultural entienden los cambios sociales. Estos patrones generalmente afectan el modo de respuesta de estos grupos ante los riesgos. Los parámetros de evaluación para la vulnerabilidad Cultural utilizados fueron:

- Comunidades étnicas.
- Familias desplazadas.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La categorización utilizada durante el estudio de estas variables se presenta a continuación:

Tabla 137. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad cultural.

GRAVEDAD RELATIVA		IVC ₉₀	DESCRIPCIÓN
I	Insignificante	0 ,00-0 ,20	No se encuentran personas en las viviendas de grupos de diversidad cultural
II	Marginal	0 ,20-0 ,50	Se encuentran pocas personas en las viviendas de grupos de diversidad cultural
III	Grave	0 ,50-0 ,70	Se encuentran algunas personas en las viviendas de grupos de diversidad cultural
IV	Critica	0 ,70-0 ,90	Se encuentran varias personas en las viviendas de grupos de diversidad cultural
V	Catastrófica	0 ,90-1 ,00	La mayoría de integrantes de las viviendas pertenecen a grupos de diversidad cultural
		IVC ₉₀	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD CULTURAL CONFIANZA DEL 90%

Fuente: Geocing S.A.S.

• COMUNIDADES ÉTNICAS Y LUGAR DE PROCEDENCIA

El lugar de procedencia étnica de una población y si pertenece o no a una comunidad, corresponde a un parámetro categórico en donde existen dos únicos valores: si o no. Una población que ha sido desplazada resulta ser vulnerable debido a que ellos presentaron necesidades muy serias en cuanto a alojamiento, acceso a medios de vida, y a menudo a los servicios públicos. Adicionalmente, son vulnerables en cuanto a que son víctimas de la violencia, a su seguridad y situación socioeconómica. En comparación con las personas que no son víctimas del desplazamiento, los desplazados tienen un número de hogares encabezados por mujeres por encima del promedio. Las personas que proceden de comunidades de minoría étnica presentan también una vulnerabilidad alta frente a lo que no lo son, dado que son grupos que tradicionalmente se encuentran en desventaja. (Andes, Refugiados, & Social, 2008). Adicionalmente otro factor que suma a la alta vulnerabilidad de las personas provenientes de las minorías étnicas es que algunas de estas personas aceptan correr cualquier riesgo confiando en su buena suerte o explican los desastres naturales y sus consecuencias como la acción de fuerzas dañinas inevitables.

Según las encuestas aplicadas e información recopilada, el 63,45% de la población ha sido desplazada de sus hogares en algún momento de sus vidas, el 94,83% de la población pertenecen a una minoría étnica. En las siguientes ilustraciones se presentan las distribuciones de las variables culturales.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

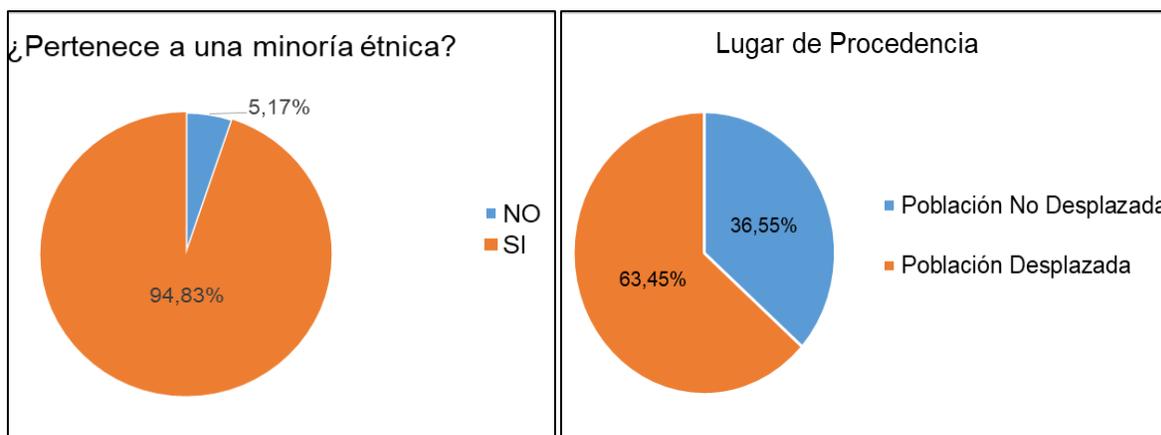


Ilustración 214 Distribución de la población por Lugar de Procedencia y por Pertenencia a una Minoría Étnica
Fuente: Geocing S.A.S.

Para su análisis, se le asignó un peso de importancia a cada parámetro por persona. Después se realizó una suma ponderada de estos valores por predio y su producto se categorizó. A continuación, se presenta la categorización asignada a la población de acuerdo con su lugar de procedencia o si pertenecen a una minoría étnica.

Tabla 138. Valoración de los parámetros Comunidades étnicas y Lugar de Procedencia

¿PERTENECE USTED A UNA MINORÍA ÉTNICA LEGALMENTE CONSTITUIDA?	
Si	1
No	0
¿USTED O SU FAMILIA, SON PERSONAS DESPLAZADAS POR LA VIOLENCIA?	
Si	1
No	0

Fuente: Geocing S.A.S., 2018

14.3.2 VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA

La vulnerabilidad socioeconómica comprende los aspectos que se encuentran relacionados con el factor económico y social. La pobreza incrementa la vulnerabilidad, debido a estos las zonas que económicamente son más pobres son más vulnerables. La vulnerabilidad también depende del factor social el cual incluye las actividades, deseos, expectativas y educación de una sociedad determinada. Los aspectos antes mencionados definen la fragilidad de la sociedad para procurarse su propia subsistencia y lograr niveles más altos de bienestar ante cambios originados en su entorno por desastres naturales. Los parámetros de evaluación para la vulnerabilidad socioeconómica utilizados fueron:

- Edad Vulnerable.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Nivel Educativo.
- Limitación Física (discapacidad).
- Uso actual del Predio.
- Actividad Principal.
- Servicios Públicos (Acueducto, Alcantarillado, Luz, Teléfono, Gas).

La categorización utilizada durante el estudio de estas variables se presenta en la Tabla 139.

Tabla 139. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad socioeconómica.

Gravedad Relativa		IVSE ₉₀	Descripción
I	Baja	0 ,00 – 0 ,35	Las personas que residen en la vivienda tienen capacidad socioeconómica de respuesta ante una situación de emergencia.
II	Media	0 ,35 – 0 ,65	Las personas que residen en la vivienda tienen capacidad media socioeconómica de respuesta ante una situación de emergencia.
III	Alta	0 ,65 – 1 ,00	Las personas que residen en la vivienda no tienen capacidad socioeconómica de respuesta ante una situación de emergencia.
		IVSE ₉₀	INDICE DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA CONFIANZA DEL 90%

Fuente: Geocing S.A.S.

• Edad Vulnerable

Como edad Vulnerable se consideró por la Consultoría, los grupos de edades comprendidos en los rangos de Edad de “0 a 5 años”, de “6 a 17 años”, “18 a 24”, “25 a 40”, “41 a 60” y “61 a 104”. Esta consideración de rango de edades vulnerables se tomó debido a que los rangos menores de 17 años y las personas mayores de 61 años tienen una menor respuesta ante un movimiento en masa e inundaciones, además de que las personas menores de 17 años aun no tienen una estabilidad económica, requieren mayor atención y formación debido a que apenas un pequeño porcentaje se encuentra en el rango de edad productiva (mayores de 18 años).

Se encontró un alto porcentaje de población infantil de 1 a 17 años, equivalente al 48,97% constituyendo la mayoría en el sector, seguido por una población en edades de 25 a 40 años equivalente al 19,47%, en edades de 41 a 60 años comprendiendo el 13,38%, los adultos de 18 a 24 años hacen parte del 10,91% de la población. Entre tanto habita una minoría de adultos mayores en edades superiores a los 60 años, correspondiendo a 7,27% de la población. En la Ilustración 215 muestra la distribución de la población por rangos de edad.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

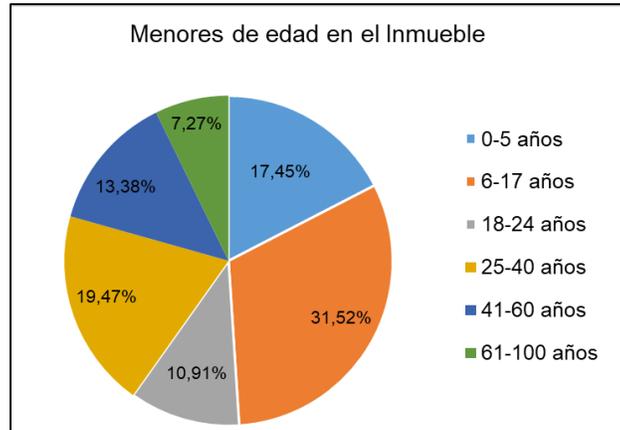


Ilustración 215. Distribución de las edificaciones encuestadas según la cantidad de menores de edad que viven en el inmueble
Fuente: Geocing S.A.S.

Para su análisis, se le asignó un peso de importancia a cada parámetro por persona. Después se realizó una suma ponderada de estos valores por predio.

Tabla 140. Valoración del parámetro edad vulnerable.

Edad Vulnerable	
0-5 años	1
6-17 años	0,6
18-24 años	0,2
25-40 años	0,3
41-60 años	0,5
61-104 años	1

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Nivel Educativo**

La educación de la población se considera como un parámetro clave frente a la vulnerabilidad. Una población que se encuentre bien informada sabe anticiparse al peligro y por lo tanto sabe reaccionar ante una situación de emergencia. Adicionalmente, pueden proporcionar ayuda y guía a las personas que se encuentran más vulnerables.

Por otro lado, el nivel de educación proporciona una menor o mayor oportunidad para competir en el mercado de trabajo. La interrupción de la escolarización por lo tanto dificulta la salida de esta población de situaciones de pobreza y como consecuencia los vuelve menos resilientes ante los efectos que puede traer un desastre natural como lo son los movimientos en masa.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Se determinó el nivel educativo alcanzado de la población dentro de la zona de estudio mediante las encuestas y se realizó la categorización de los pesos de importancia dependiendo del grado de escolaridad de la forma que se presenta en la Tabla 141.

Tabla 141. Valoración del parámetro educación.

Nivel Educativo Alcanzado	
No sabe leer ni escribir	1
Jardín o preescolar	0,9
Primaria completa	0,6
Primaria incompleta	0,7
Bachillerato completo	0,5
Bachillerato incompleto	0,6
Técnico	0,3
Tecnológico	0,2
Universitario	0,1
Postgrado	0

Fuente: Geocing S.A.S.

En la distribución del nivel educativo alcanzado se evidenció que una población equivalente a un 56,58% logró completar los estudios de básica primaria, seguido por una población que superó los estudios básica secundaria equivalente al 19,40%, en contraste existe una población que se identificó como no saber leer ni escribir equivalente al 13,84%, el 11,15% de la población realizó estudios de media (el 9,63% media académica y el 1,52% media técnica). El 0,79% de la población completó estudios de normalista. Adicionalmente el 4,39% de la población únicamente tomo estudios de preescolar; entre tanto existe un porcentaje de población que ha realizado estudios de educación superior entre técnicos, tecnólogos y profesionales equivalentes a un 3,86%. La Ilustración 216, muestra la distribución del nivel educativo en la población.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

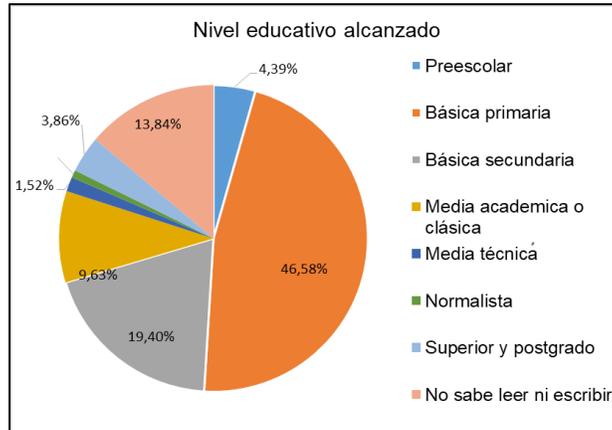


Ilustración 216. Nivel educativo.
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Limitación Física**

La limitación física “son las dificultades que un individuo puede tener para realizar actividades. Una limitación en la actividad abarca desde una desviación leve hasta una grave en términos de cantidad o calidad, en la realización de la actividad, comparándola con la manera, extensión o intensidad en que se espera que la realizase una persona sin esa condición de salud. El término discapacidad como componente es sustituido a partir de 2001 por el de limitaciones según CIF (Clasificación Internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud)” (Dane, 2005).

Uno de los principales factores para tener en cuenta a la hora de realizar la Vulnerabilidad social de una comunidad, es la que involucra las limitaciones físicas de las personas que habitan una comunidad, para este caso en particular se evaluó el porcentaje de personas, que padecen de alguna limitación física dentro de nuestra zona de estudio. Se identificó que el 99,77% de la población presenta algún tipo de limitación física. La siguiente ilustración muestra la distribución de la población frente a si presentan o no limitaciones físicas.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

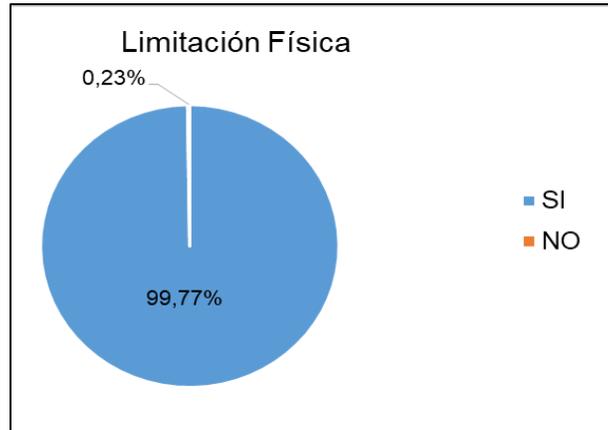


Ilustración 217. Limitación física.
Fuente: Geocing S.A.S.

A continuación, se presenta la categorización de la vulnerabilidad de la población por predio dependiendo de la suma ponderada de los pesos de importancia de las personas con limitaciones dentro de cada predio como se muestra en la Tabla 142.

Tabla 142. Valoración del parámetro Limitación Física.

Tiene alguna limitación física	
Si	1
Ninguna	0

Fuente: Geocing S.A.S.

• **Uso Actual**

Las actividades presentadas en un predio no se limitan al uso como vivienda, por esta razón, también se considero la posibilidad de que se utilizaran para distintas actividades. Los predios que por ejemplo se encuentran utilizados como centros educativos, comerciales, industriales, cuentan durante el día, de forma casi continua con la presencia de grupos numerosos de personas cuya capacidad de respuesta ante una potencial situación de emergencia es limitada.

De acuerdo con la información recolectada, se presentan tres tipos de usos en el área de estudio: vivienda, unidad económica y LEA¹⁸. El 87,66% de los predios se utilizan como viviendas mientras que el 12,23% restante se les da uso económico y al 0,11% se les da uso de LEA. La Ilustración 218 muestra la distribución del uso actual de los predios en la población.

¹⁸ Lugar Especial de Alojamiento – L.E.A. Es una institución en la cual viven (duermen) colectivamente un grupo de personas generalmente no parientes

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

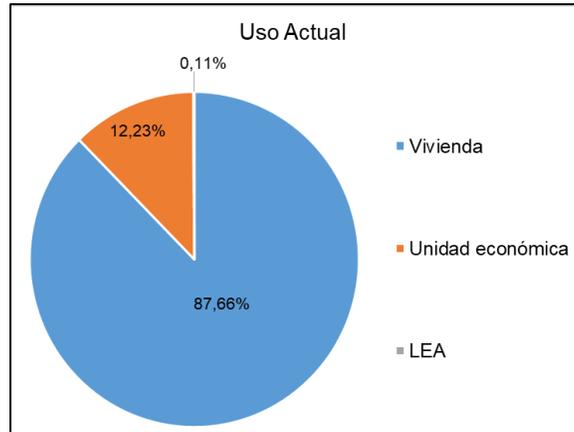


Ilustración 218. Uso Actual de los Predios.
Fuente: Geocing S.A.S.

En este orden de ideas, los lugares que cuentan con la presencia de forma casi continua de un gran número de personas fueron clasificados con una mayor vulnerabilidad que los predios utilizados para actividades recreacionales, los cuales presentan con la presencia de personas en unos periodos de tiempo cortos. La clasificación de los pesos de importancia asignados se presentan en la Tabla 143.

Tabla 143. Valoración del parámetro Uso Actual.

Uso Actual	
Vivienda	0,9
Comercial	0,8
LEA	1,0

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Servicios públicos (Acueducto, Alcantarillado, Gas, Luz, Teléfono)**

Dentro de los análisis de Vulnerabilidad social, uno de los ítems más importantes es el referente a la tenencia de servicios públicos en un predio, lo cual garantiza y mejora la calidad de vida de los habitantes de las viviendas.

Se evidenció que la mayor parte de la población cuenta con los servicios públicos de energía eléctrica, alcantarillado, acueducto. La población cuenta con servicio telefónico y por el contrario no cuentan con gas natural.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

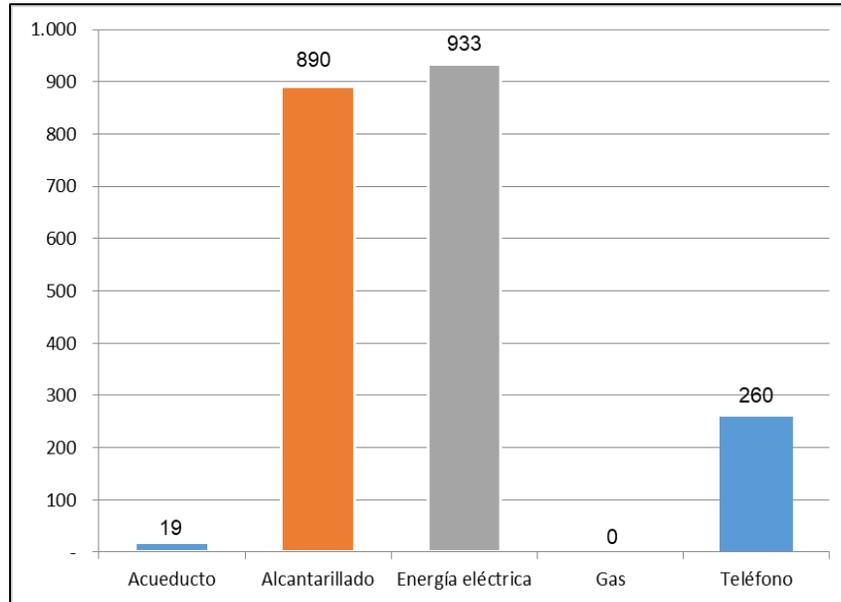


Ilustración 219. Servicios Públicos
Fuente: Geocing S.A.S.

Para la calificación de los servicios públicos, se le asignó un peso de importancia a cada tipo de servicio, tomando como servicios más importantes los servicios de Acueducto y Alcantarillado. Se asignó esta importancia en cuanto a que el agua potable en las cantidades necesarias y los servicios de saneamiento resultan ser factores esenciales para la calidad de vida de una persona.

Se presenta una calificación de cada uno de los servicios, donde se asigna el valor 0 al predio que cuenta con determinado servicio y el valor de la tabla en los casos en que no. La categorización se realizó siguiendo los valores de la Tabla 144.

Tabla 144. Valoración de Servicios Públicos.

Servicios Públicos	Peso Difuso
Acueducto	0,39
Alcantarillado	0,35
Energía Eléctrica	0,14
Gas Natural	0,04
Teléfono	0,09

Fuente: Geocing S.A.S.

Si la población cuenta o no acueducto influye en la vulnerabilidad en cuanto a que el abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es importante para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea. Adicionalmente a la calidad del agua, una población es vulnerable cuando no tiene el

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

acceso a una mínima cantidad de agua potable en el día. En promedio una persona debe consumir entre 1.5 y 6 litros de agua al día dependiendo del peso y en caso contrario se pueden presentar problemas de salud (PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN, 2010).

Por otro lado, el modo de evacuación de las aguas residuales es otro factor importante en la salud y calidad de vida de la población, en especial la de los niños quienes tienen derecho de disfrutar de un ambiente sano. Este factor genera vulnerabilidad en cuanto a que cuando no se tiene el servicio de saneamiento básico, aumenta el riesgo de morbilidad y mortalidad de la población por enfermedades relacionadas con el contacto con las aguas residuales como infecciones y hongos (PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN, 2010).

El 2,66% de la población cuenta con servicio de acueducto y el 90,91% con servicio de alcantarillado. Las siguientes ilustraciones indican la distribución de las viviendas que cuentan o no con el servicio de Alcantarillado y Acueducto en la zona de estudio.

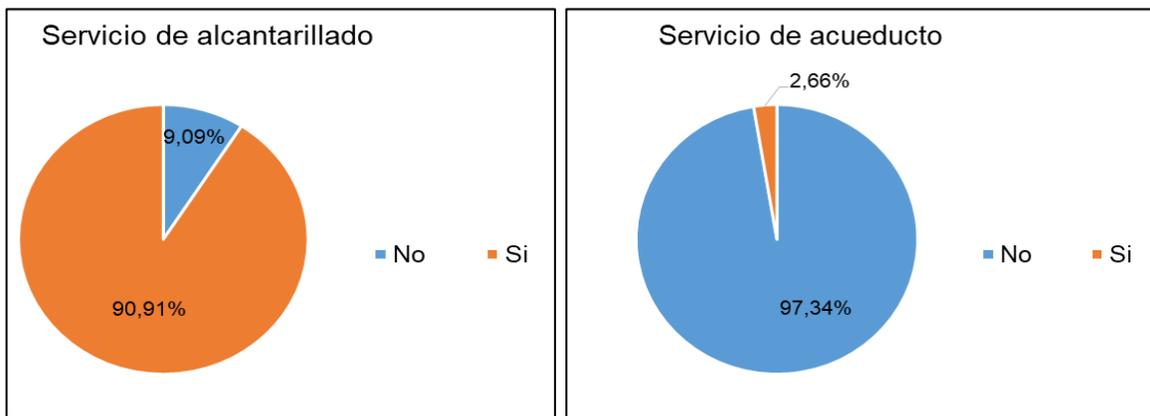


Ilustración 220 Distribución Servicio de Alcantarillado y Acueducto
Fuente: Geocing S.A.S.

- **Ponderación De Variables Vulnerabilidad Social**

Se calificaron las variables con el método de estimación por el Análisis de Procesos Jerárquicos (AHP por sus siglas en inglés), que consiste en utilizar el juicio de expertos, para ayuda en la toma de decisiones debido a que se basa en múltiples criterios de decisión.

El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un Modelo Jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones por pares entredichos elementos (criterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales. El fundamento del proceso de Saaty descansa en el hecho que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. A continuación se presenta la descripción de los procesos AHP.

A continuación, se presenta la matriz de comparaciones entre las variables que se tomaron en consideración.

Tabla 145. Matriz de Comparación para la evaluación de las variables de la Vulnerabilidad Socioeconómica

<i>Elemento C \ Elementos R</i>	Uso Actual	Vías de Acceso	Estrato	Número de Personas	Número de Menores de Edad	Minoría Étnica	Desplazados
Uso Actual	1	3	1	1/3	1/5	1/3	1/5
Vías de Acceso	1/3	1	1	1/5	1/7	1/3	1/5
Estrato	1	1	1	1/3	1/7	1/3	1/5
Número de Personas	3	5	3	1	1/5	1	1/3
Número de Menores de Edad	5	7	7	5	1	1	1/3
Minoría Étnica	3	3	3	1	1	1	1/3
Desplazados	5	5	5	3	3	3	1

Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo a los valores obtenidos en la anterior matriz, se calculó el vector de pesos utilizando el promedio aritmético, cuyos resultados se presentan en la Tabla 146.

Tabla 146. Pesos ponderados de las variables obtenidos por el método AHP para la Vulnerabilidad Socioeconómica.

Variable	Peso
Uso Actual	0,059
Vías de Acceso	0,039
Estrato	0,046
Número de Personas	0,129
Número de Menores de Edad	0,256
Minoría Étnica	0,138
Desplazados	0,333

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Así mismo, se calculó la razón de consistencia que expresa un valor relativo de la inconsistencia.

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0,192}{1,62} = 0,091$$

Donde el valor del índice de Aleatoriedad fue tomado de Ormazábal (2002). El coeficiente RC toma un valor cercano a cero lo cual indica que el juicio emitido es coherente y ha sido una buena ponderación.

Una vez se conoce la matriz de comparación por pares, y se obtiene un valor del RC entre los límites de confiabilidad permitidos se procede con el método de la lógica difusa.

Lógica Difusa Vulnerabilidad Socioeconómica y Cultural

La lógica difusa es un método que permite trabajar con información que no es exacta para poder definir evaluaciones convencionales y que en muchos casos incluye juicios subjetivos. Se le llama difusa a este tipo de información porque presenta un tipo de incertidumbre la cual no es del tipo de medición (Lee Hua, Mak Chee, & Chin Wen, 2006).

Para tener en cuenta la variabilidad en la de la valoración de la matriz de comparaciones, se utilizaron los números borrosos de tipo triangular. Se asignaron los números difusos y se obtuvo la matriz de comparación borrosa de comparaciones (ver Tabla 147).

 CAM <small>CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL EJE MEDIANO</small> <i>"Cuida la naturaleza"</i>	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
 GEOCING <small>S.A.S.</small> <small>Geociencias e Ingeniería</small>	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 147 Matriz de Comparación Borrosa para el cálculo de pesos difusos de las variables de la Vulnerabilidad Socioeconómica

variable	Uso Actual			Vías de Acceso			Estrato			Número de Personas			Número de Menores de Edad		
	Uso Actual	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,17	0,33
Vías de Acceso	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17
Estrato	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,13	0,14	0,17
Número de Personas	2,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	0,17	0,33	0,25
Número de Menores de Edad	4,00	5,00	6,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00	4,00	5,00	6,00	0,50	1,00	2,00
Minoría Étnica	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00
Desplazados	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00
Limitación Física	6,00	7,00	8,00	4,00	5,00	6,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00	2,00	3,00	4,00
Mujeres en Embarazo	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00	6,00	7,00	8,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00
Simulacros	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17
Capacitaciones	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17

variable	Minoría Étnica			Desplazados			Limitación Física			Mujeres en Embarazo			Simulacros			Capacitaciones		
	Uso Actual	0,25	0,33	0,50	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,17	0,33	0,25	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00
Vías de Acceso	0,25	0,33	0,50	0,17	0,33	0,25	0,17	0,33	0,25	0,17	0,33	0,25	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
Estrato	0,25	0,33	0,50	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
 Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
 Bogotá D.C.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

variable	Minoría Étnica			Desplazados			Limitación Física			Mujeres en Embarazo			Simulacros			Capacitaciones		
	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,50	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00
Número de Personas	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,50	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00
Número de Menores de Edad	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
Minoría Étnica	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	6,00
Desplazados	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	0,25	0,33	0,50	0,25	0,33	0,50	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
Limitación Física	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
Mujeres en Embarazo	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	6,00	7,00	8,00	6,00	7,00	8,00
Simulacros	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00
Capacitaciones	0,17	0,33	0,25	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,50	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Con base en la matriz de comparaciones borrosa, se obtiene el vector de pesos borrosos o difusos. Esta significa una gran diferencia con el método AHP convencional, ya que en vez de obtener un único valor correspondiente al peso de la variable, se obtienen tres valores. Esto es debido a que el método de lógica difusa crea un rango que encierra la incertidumbre de las decisiones que se tomaron. A partir de este rango se puede tomar una decisión respecto al nivel de confianza que se tiene con la posibilidad de ser optimista, moderado o pesimista. La actitud optimista la representa el valor con mayor magnitud, la actitud moderada la representa el valor que se encuentra en la mitad del rango, mientras la actitud pesimista la representa el valor con la menor magnitud dentro del rango, tal cual se muestra en la Tabla 148.

Tabla 148. Vector de pesos difusos para las variables evaluadas en la Vulnerabilidad Socioeconómica.

Variable	Wi _l	Wi _m	Wi _u
Uso Actual	0,044	0,046	0,048
Vías de Acceso	0,041	0,043	0,047
Estrato	0,023	0,025	0,029
Número de Personas	0,069	0,071	0,074
Número de Menores de Edad	0,135	0,139	0,139
Minoría Étnica	0,072	0,077	0,087
Desplazados	0,143	0,146	0,150
Limitación Física	0,236	0,245	0,256
Mujeres en Embarazo	0,161	0,163	0,163
Simulacros	0,019	0,019	0,019
Capacitaciones	0,019	0,019	0,019

Fuente: Geocing S.A.S.

Con el fin de realizar la desfuzzificación o desborrificación del vector de pesos borroso, se utilizó el proceso sugerido por Lee Hua-Jie et al. (2006), en el cual se selecciona el alfa corte (valor de $\alpha = 0.5$) según la certeza en el rango borroso seleccionado, encontrándose los siguientes rangos para cada uno de los pesos determinados

Tabla 149. Intervalos izquierdo y derecho (Pa-left y Pa-right respectivamente) del vector de pesos para la Vulnerabilidad Socioeconómica.

Variable	Pal	Par
Uso Actual	0,045	0,047

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Variable	Pal	Par
Vías de Acceso	0,042	0,045
Estrato	0,024	0,027
Número de Personas	0,070	0,073
Número de Menores de Edad	0,137	0,139
Minoría Étnica	0,074	0,082
Desplazados	0,145	0,148
Limitación Física	0,241	0,250
Mujeres en Embarazo	0,162	0,163
Simulacros	0,019	0,019
Capacitaciones	0,019	0,019

Fuente: Geocing S.A.S.

Posteriormente se selecciona el valor kappa (valor de $\kappa=0.5$), según el optimismo de la calificación (se escogió un valor intermedio entre los valores optimista (1) y pesimista (0)), lo cual normaliza la calificación y de esta forma se obtiene el vector de pesos normalizados. Los valores de este vector serán directamente utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad social.

Tabla 150. Pesos Normalizados de las Variables para la evaluación de la Vulnerabilidad Socioeconómica.

Variable	Peso
Uso Actual	0,046
Vías de Acceso	0,044
Estrato	0,026
Número de Personas	0,072
Número de Menores de Edad	0,139
Minoría Étnica	0,079
Desplazados	0,147
Limitación Física	0,247
Mujeres en Embarazo	0,163

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Variable	Peso
Simulacros	0,019
Capacitaciones	0,019

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Categorización Vulnerabilidad Social Total**

Los rangos que se utilizaron para la categorización del índice de vulnerabilidad social se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 151. Categorización de los parámetros para la vulnerabilidad social.

GRAVEDAD RELATIVA	IVS ₉₀	DESCRIPCIÓN
I Baja	0,00-0,40	Las personas que habitan en la construcción tienen condiciones muy altas socioeconómicas, culturales y se encuentran muy cerca a las instituciones de atención de desastres
II Media	0,40-0,75	Las personas que habitan en la construcción tienen condiciones medianamente bajas socioeconómicas, culturales y se encuentran medio cerca a las instituciones de atención de desastres
III Alta	0,75-1,00	Las personas que habitan en la construcción tienen condiciones muy bajas socioeconómicas, culturales y se encuentran muy lejos a las instituciones de atención de desastres
	IVS ₉₀	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL CONFIANZA DEL 90%

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Predicción de datos faltantes Vulnerabilidad Social Total**

Las encuestas sociales recogieron la información perteneciente a las personas que se encontraban disponibles en los predios de la zona de estudio a la hora de la realización de la encuesta. Dado que la encuesta dependía de la disponibilidad de las personas a atender al encuestador no fue posible la realización del 100% de las encuestas. Las encuestas sociales recogieron la información perteneciente a 185 personas en la zona de estudio. El análisis estadístico de la muestra representativa de los aspectos sociales, presentado en el documento de diagnóstico social, presenta en que el número de encuestados por el consorcio corresponde a una muestra representativa con confiabilidad del 85% y en error del 7% de los aspectos sociales. Sin embargo, para obtener un panorama general de la zona de estudio se extrapolaron los datos para hallar la información de los predios faltantes. El procedimiento que se utilizó fue el de asignar el promedio del índice de vulnerabilidad social y cultural del barrio a cada predio faltante que se encontrara localizado en ese mismo barrio. Esto se realiza suponiendo que los

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

predios en cada barrio poseen un índice de vulnerabilidad muy similar dado que no se presentan grandes diferencias en sus aspectos socioeconómicos y culturales.

14.3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se categorizaron los predios de Acevedo que se encuentran expuestos ante alguna amenaza por movimientos en masa, inundación y avenida torrencial se estableciendo que la totalidad de los predios presentan vulnerabilidad social; de los 1.926 predios ubicados en Acevedo, el 93,8% de los predios presentan vulnerabilidad media, lo que representa 1.806 predios, y el 6,2% presentan vulnerabilidad baja (120 predios), como se logra identificar en la Ilustración 221.

La vulnerabilidad social media predomina debido a que el grueso de la población presenta unas características socioeconómicas homogéneas, lo cual se ve reflejado en el nivel de escolaridad donde solo una pequeña proporción supera la educación básica secundaria, lo cual se ve reflejado en una vulnerabilidad socioeconómica media, mientras que la vulnerabilidad cultural es baja, ya que el grueso de la población no pertenece a una minoría étnica o un grupo de personas desplazadas por la violencia.

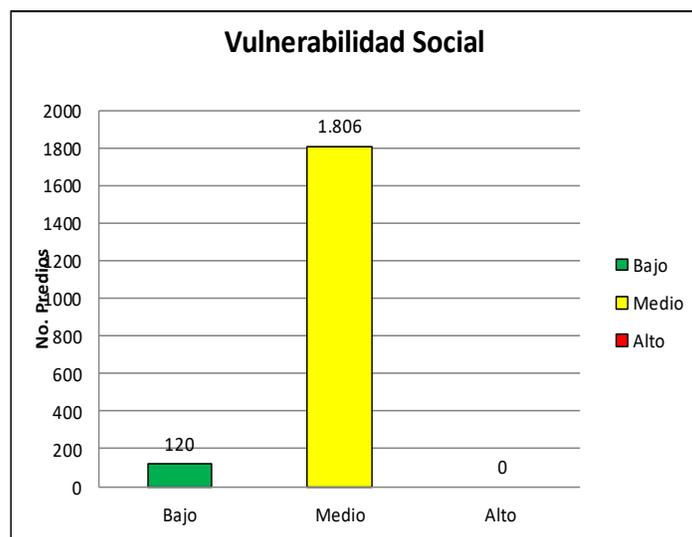


Ilustración 221. Vulnerabilidad Social predios Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Las tablas con la información compilada por cada tipo de elemento expuesto se presentan de manera detallada en el Anexo 5. VULNERABILIDAD Y RIESGO, donde se presentan los valores y la categorización de la vulnerabilidad social del municipio de Acevedo según los predios según la exposición para las amenazas por movimientos en masa, inundación y avenida torrencial.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

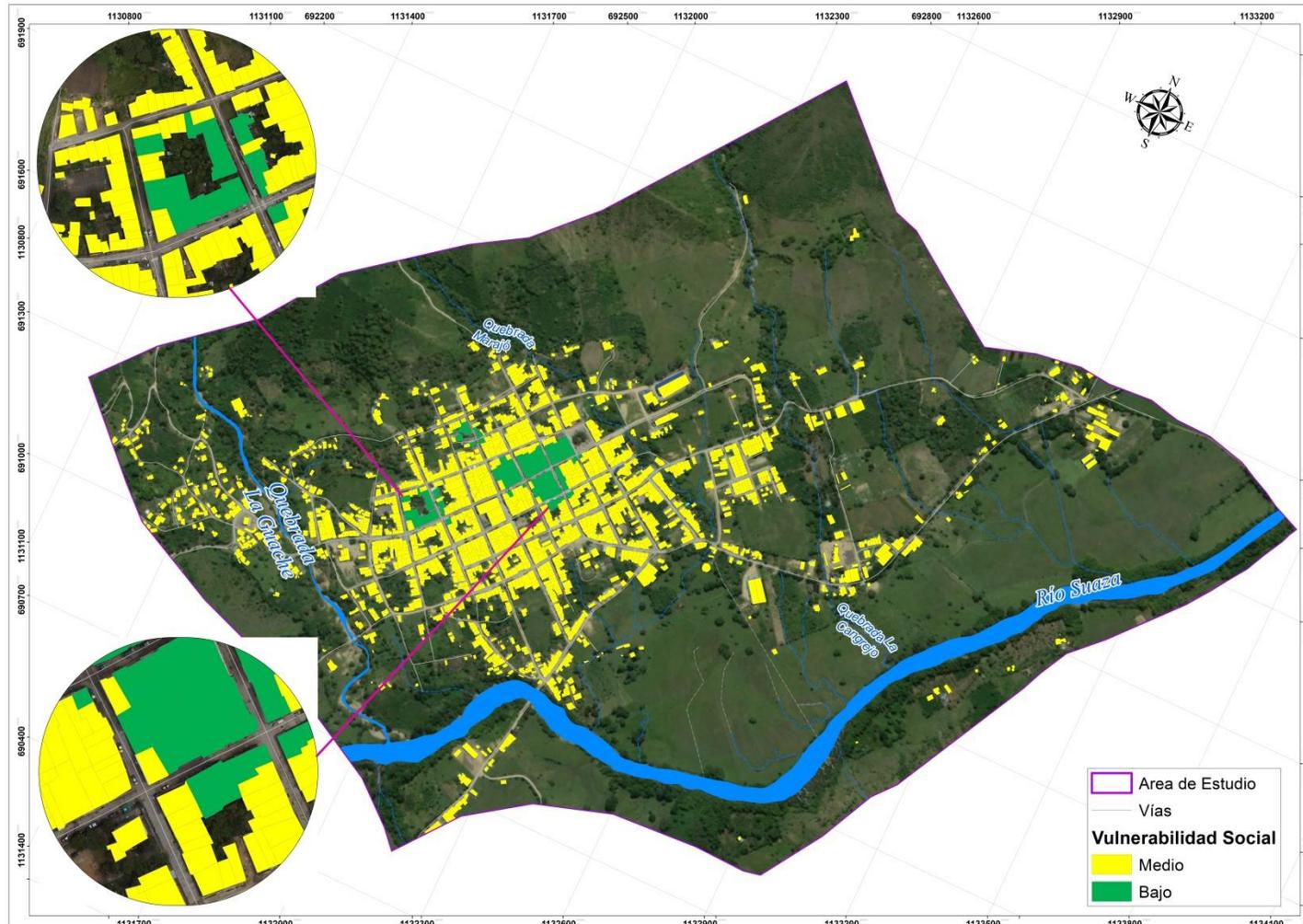


Ilustración 222. Mapa de vulnerabilidad social para el municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14.4 VULNERABILIDAD TOTAL

Una vez obtenido el Índice de Vulnerabilidad Físico (IVF) y el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS), definidos ambos como un número difuso, se obtiene el IVT (también como un número difuso), utilizando para ello la propuesta de Soler et al (1999):

$$IVT = \left[1 - (1 - IVF)^{\frac{1}{1-\alpha IVS}} \right]^{1-\alpha IVS}$$

Para la vulnerabilidad total de la zona, tomando como unidad fundamental cada predio, se realiza la evaluación de la zona, basados en cada una de las variables que se involucraron en el estudio de vulnerabilidad (física y social).

A continuación en la Ilustración 223, se presentan los elementos involucrados en la evaluación de la vulnerabilidad de la zona. Esta ilustración indica el comportamiento que toma el índice de vulnerabilidad total al ser función del índice de vulnerabilidad física y del índice de vulnerabilidad social.

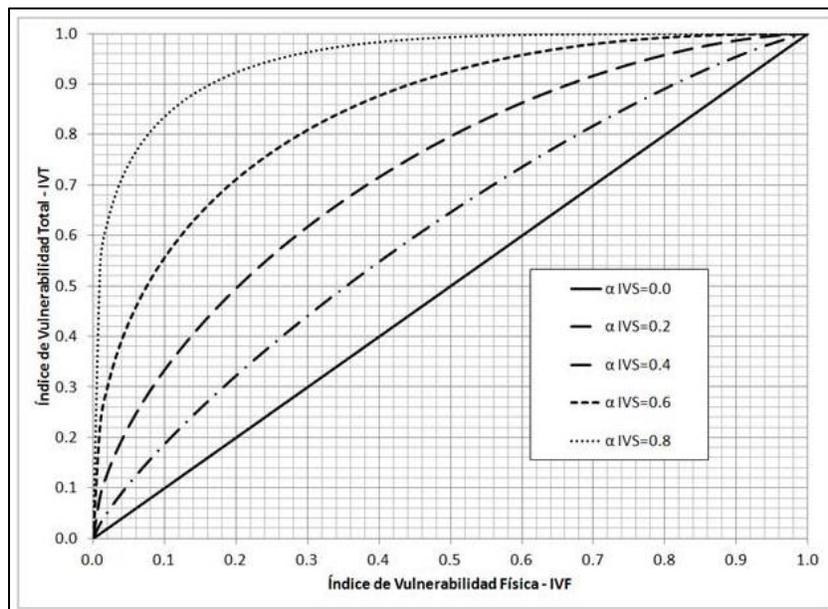


Ilustración 223. Relación entre el índice de vulnerabilidad total con los índices de vulnerabilidad física y social.

Fuente: Geocing S.A.S.

La gráfica muestra que cuando el valor del coeficiente de importancia de la vulnerabilidad social (α) es cero, la vulnerabilidad total será igual a la vulnerabilidad física (línea continua en la Ilustración 223). Por otro lado, a medida en que el valor del α aumenta, el

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

comportamiento entre la vulnerabilidad total y la vulnerabilidad física deja de ser lineal y empieza a describir una curva cada vez con mayor pendiente.

Siguiendo este orden de ideas, los elementos expuestos tales como las vías de conducción presentan una vulnerabilidad física que es igual a la total, mientras que las construcciones o edificaciones presentan una vulnerabilidad total producto de la combinación de la vulnerabilidad física de las estructuras y la vulnerabilidad social de las personas que habitan los elementos mencionados.

14.4.1 Categorización de la vulnerabilidad Total

Para la categorización de la vulnerabilidad se proponen tres (3) niveles de gravedad relativa o consecuencias del evento sobre el sistema (Nivel I a Nivel III), de acuerdo con la calificación del IVT con una confianza del 90% (IVT₉₀), tal como se puede ver en la Tabla 152. Para la generación del mapa de vulnerabilidad global se consideró el escenario donde el índice de importancia social es de 0,4, por esta razón en la Tabla 152 se colocó el símbolo de A=0.4.

Tabla 152. Categorización de la vulnerabilidad Total.

GRAVEDAD RELATIVA		IVT ₉₀	DESCRIPCIÓN
I	Bajo	0 – 0,35	La construcción y las personas que habitan en ella, son muy poco vulnerables ante cualquier escenario de desastre, dado a que tienen condiciones óptimas
II	Medio	0,35 – 0,65	La construcción y las personas que habitan en ella, son medianamente vulnerables ante cualquier escenario de desastre, dado a que tienen condiciones medianamente óptimas
III	Alto	0,65 – 1	La construcción y las personas que habitan en ella, son vulnerables ante cualquier escenario de desastre, dado a que tienen condiciones malas
		IVT A=0,4 ₉₀	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD GLOBAL ALFA = 0.4 CONFIANZA DEL 90%

Fuente: Geocing S.A.S.

14.4.2 Análisis de resultados vulnerabilidad total por movimientos en masa

La vulnerabilidad total es calculada en función de los resultados obtenidos para la vulnerabilidad física y social, a partir de la ecuación propuesta por Soler et al (1999) en la cual la vulnerabilidad física tiene un comportamiento lineal mientras que la vulnerabilidad social sea igual a cero, y en medida que la vulnerabilidad social aumenta, la vulnerabilidad física presentara un comportamiento exponencial, lo cual determinara el valor correspondiente a la vulnerabilidad total.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

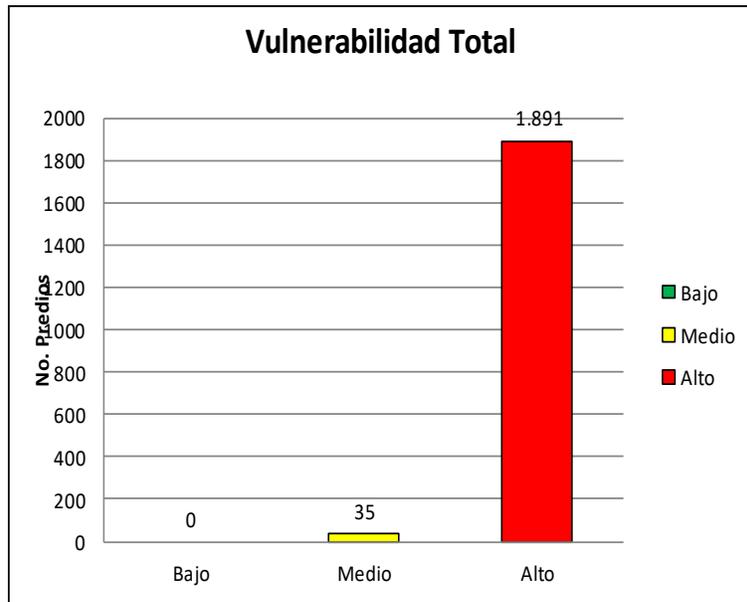


Ilustración 224. Vulnerabilidad Total predios Acevedo- Movimiento en Masa.
Fuente: Geocing S.A.S.

Para el municipio de Acevedo el total de los predios se encuentran categorizados con vulnerabilidad total ante movimientos en masa, de los cuales ninguno presenta vulnerabilidad total baja, debido a que la vulnerabilidad física y social en la mayoría de los predios fue de categoría media, y se empleó un $\alpha=0,4$, estableciendo que el 98,2% de las construcciones presentan vulnerabilidad total alta (1.891 predios) y el restante 1,8% se categoriza con vulnerabilidad total media (35 predios), como se logra identificar en la Ilustración 224.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

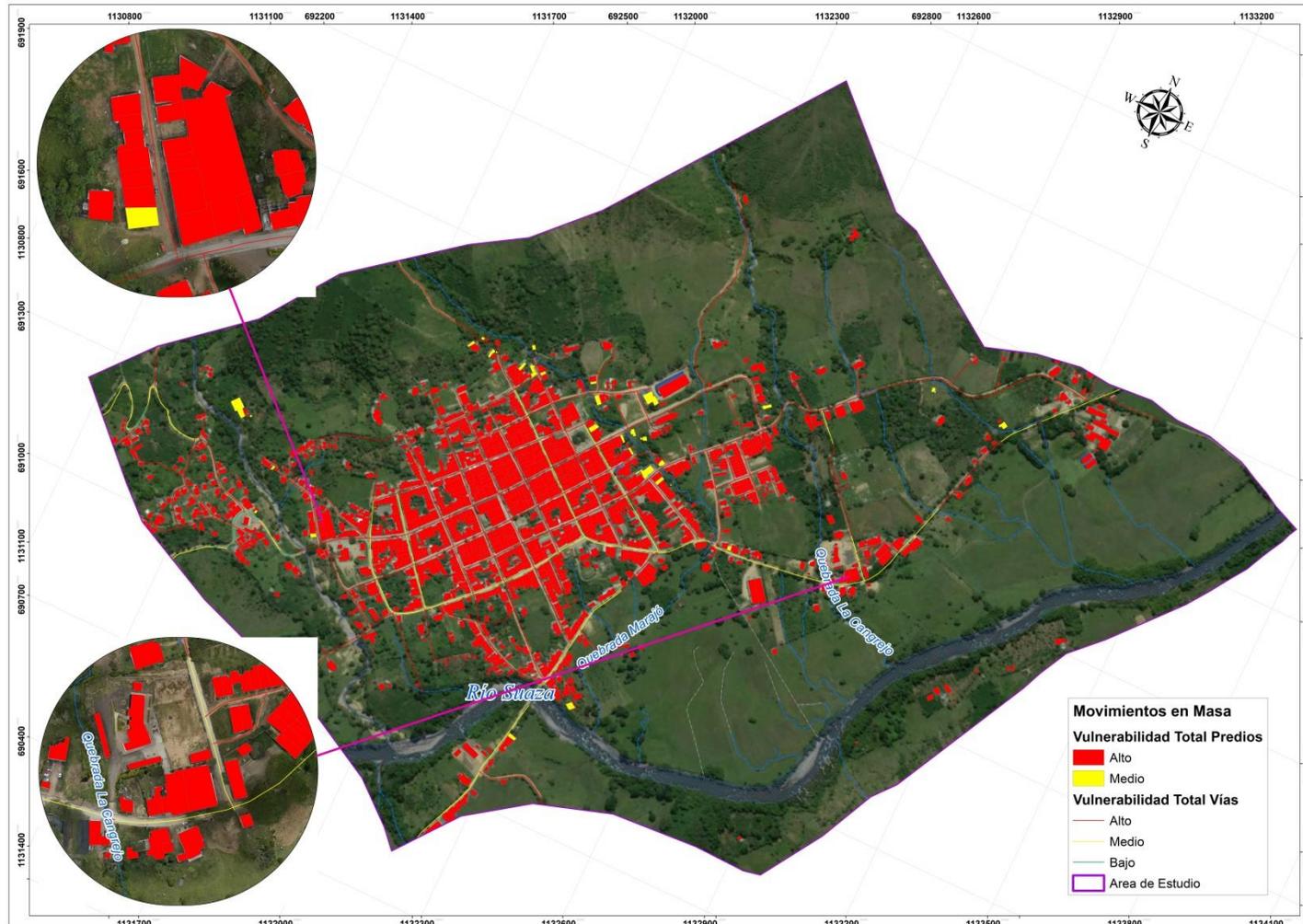


Ilustración 225. Mapa de vulnerabilidad total por movimientos en masa en el municipio de Acevedo.

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14.4.3 Análisis de resultados vulnerabilidad total por inundaciones

El cálculo de la vulnerabilidad total se da por la ecuación propuesta por Soler et al (1999), Según los resultados presentados en la Ilustración 226 se logra identificar que el 96% de los predios ubicados en el municipio de Acevedo se encuentran categorizados con vulnerabilidad total baja con un total de 1.858 predios, el restante 4% presenta vulnerabilidad media o alta debido a que se encuentran aledaños a la quebrada La Guache, Marajó, La Cangrejo, Drenaje 1 y río Suaza, en aproximadamente los primeros 50 metros de ronda de estos drenajes.

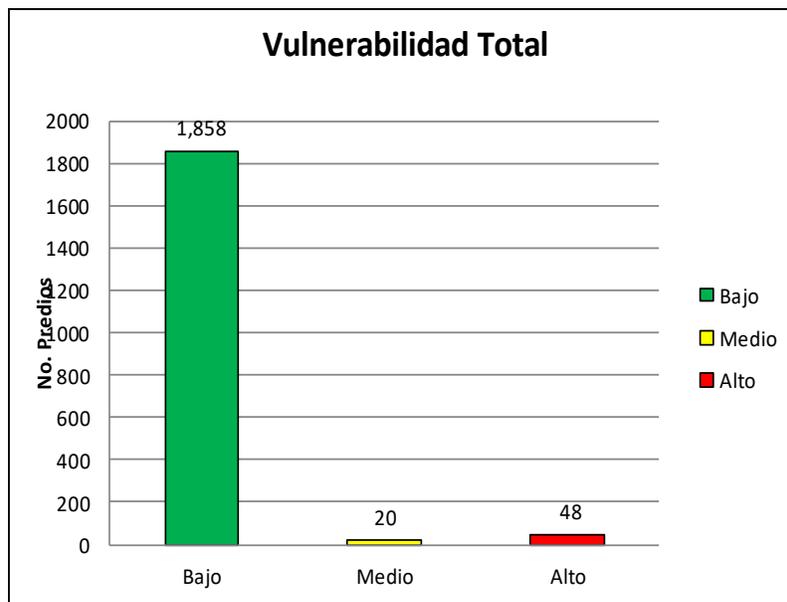


Ilustración 226. Vulnerabilidad Total predios Acevedo- Inundación.
Fuente: Geocing S.A.S.

De los 1.926 predios que se encuentran afectados por vulnerabilidad física por inundación, se identificó que el 96% esta categorizado en baja (1.858 predios), y el restante 4% se encuentran distribuíos en categoría alta (48 predios) y media (20 predios) debido principalmente a la vulnerabilidad física que presentan, asociada a las alturas y velocidades obtenidas para la zona donde se encuentran ubicados.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

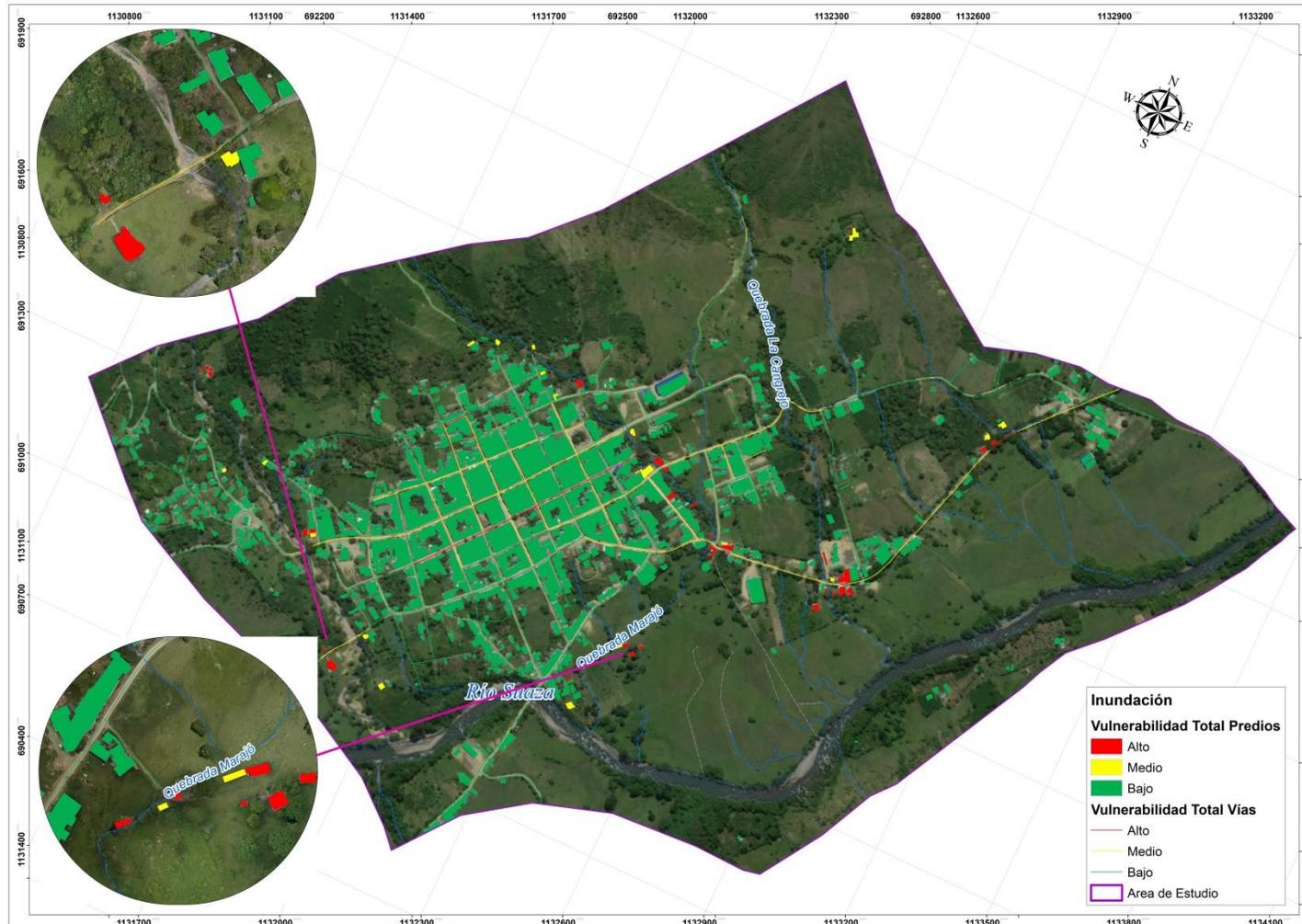


Ilustración 227. Mapa de vulnerabilidad total por inundación en el municipio de Acevedo.

Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

14.4.4 Análisis de resultados vulnerabilidad total por avenida torrencial

Según los resultados de vulnerabilidad física y social se establece el valor correspondiente a la vulnerabilidad total, según la ecuación propuesta por Soler et al (1999).

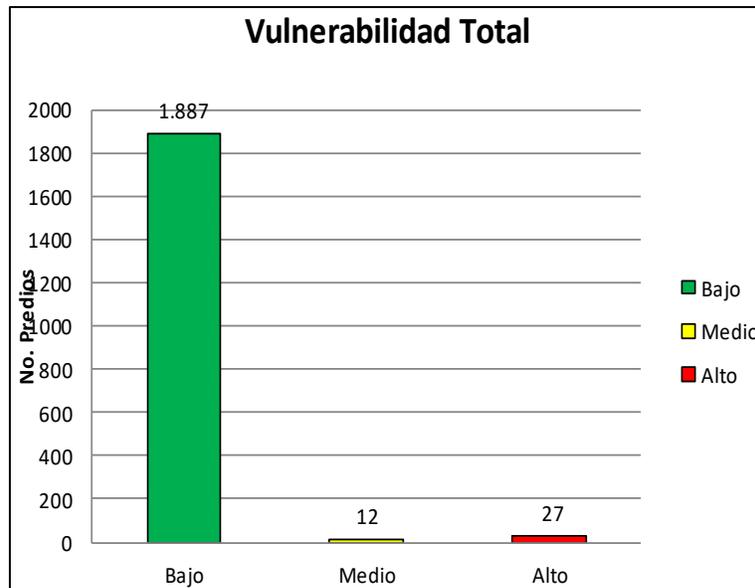


Ilustración 228. Vulnerabilidad Total predios Acevedo- Avenida Torrencial.
Fuente: Geocing S.A.S.

Como se logra identificar en la Ilustración 228 predominan los predios con vulnerabilidad total baja con el 98,0% (1.8887 predios) del total ubicado en el municipio, esto debido a los resultados correspondientes a vulnerabilidad física donde predominó esta categorización dada la ubicación de los predios respecto a la quebrada La Guache y el río Suaza, ya que dentro de la categorización de vulnerabilidad social no se presentan cambios representativos, el restante correspondiente al 2% se identificaron 39 predios que se ubican aledaños a estos drenajes y dadas las condiciones estructurales de la construcción son vulnerables a verse afectados ante una avenida torrencial; de los cuales 27 predios se encuentran categorizados en vulnerabilidad total alta y 12 predios en categoría media.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

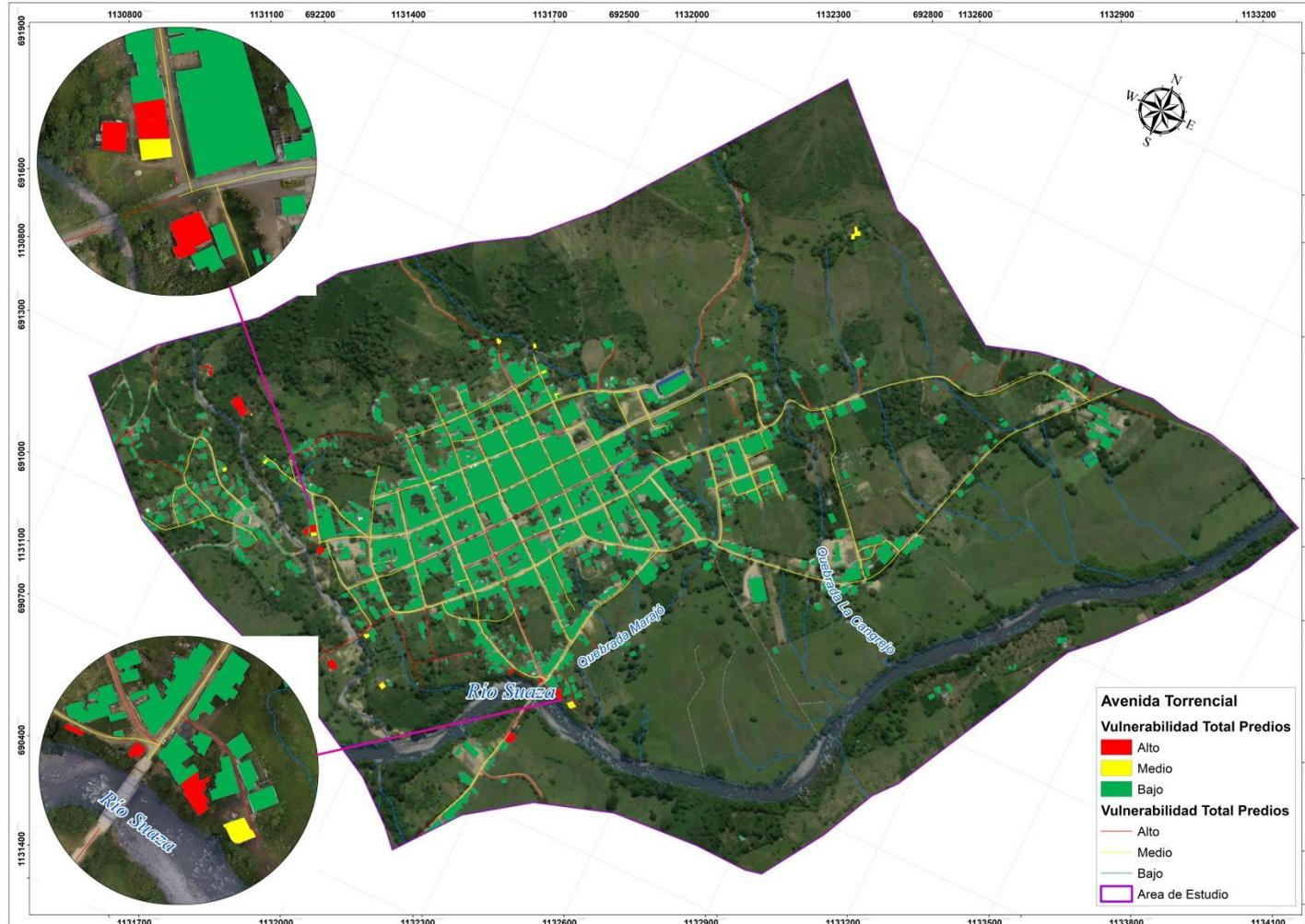


Ilustración 229. Mapa de vulnerabilidad total por avenida torrencial en el municipio de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

15RIESGO

15.1 GENERALIDADES

El riesgo es el grado de pérdidas de toda índole (pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y afectación a la economía) debido a la ocurrencia de un desastre en un sitio específico vulnerable con una amenaza particular (Chardon & González, 2002). Igualmente, Cardona O.D. (1993) escribe que el riesgo “es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado”.

15.2 COSTO DIRECTO DE LOS ELEMENTOS EN RIESGO

Como se mencionó y desarrolló anteriormente en el capítulo de Vulnerabilidad, existen elementos en riesgo (elementos expuestos) los cuales se podrán ver afectados en el momento en que se materializara una amenaza tanto por movimientos en masa como de inundación.

Resumiendo lo presentado en el capítulo de vulnerabilidad física, se identificaron 2 tipos de elementos expuestos:

- Edificios o construcciones de diferentes categorías y tipologías.
- Infraestructura Vial.

Siguiendo este orden de ideas y con el objetivo de calcular el riesgo económico directo (valor de las pérdidas económicas esperadas), se hace necesario calcular el valor o costo de los elementos expuestos. En las siguientes secciones se presenta la metodología utilizada.

- Costo por Construcción

Para calcular el costo de las construcciones se parte del inventario de predios obtenido por la consultoría por medio de las encuestas realizadas en la zona de estudio y de esta información se extrae el número de pisos y estrato que poseen las viviendas. Por otro lado, por medio del programa ArcGIS se calculó el área que le correspondía a cada construcción.

Para el cálculo del costo estimado de la construcción se obtuvo el valor del metro cuadrado de la edificación y del terreno por medio del método de mercado de la zona de estudio en el cual se indagaron tipologías, áreas, números de pisos y localización. De la información antes mencionada, se obtuvo un valor por metro cuadrado y este fue el que se empleó para el cálculo del costo por cada construcción.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La fórmula del costo de la construcción se muestra a continuación:

$$\text{Costo Construcción} = x * A * \text{pisos}$$

Donde

x = precio del metro cuadrado (pesos/ m²)

A = área de la construcción (m²)

Pisos = número de pisos que tiene la construcción

- Costo por infraestructura Vial

El costo de la infraestructura vial es una variable que tiene en cuenta la característica de construcción de la estructura, ya que es diferente el método de construcción de una vía nacional (VU1-Primer Orden) a una vía interveredal (VU3-Tercer Orden), la cual no cuenta con todas las características y especificaciones de una vía Nacional, de acuerdo a su importancia. El sistema de infraestructura Nacional está constituido por la interconexión de cuatro mallas clasificadas de acuerdo a su centralidad, volumen de tránsito y conectividad entre las mismas. La siguiente tabla indica las especificaciones para cada tipo de sistema vial:

A continuación se establecen las especificaciones para el sistema vial primario municipal, el cual está conformado por el conjunto de vías o malla que permite la intercomunicación vial al interior y exterior del municipio, hacen parte de este sistema las siguientes vías nacionales, departamentales y municipales.

Para la zona urbana se tiene la siguiente clasificación:

VÍA URBANA DE PRIMER ORDEN (VU-1): Interconecta los centros donde discurren las principales actividades urbanas con los diferentes barrios.

- ✓ Ancho total: 15 metros mínimos.
- ✓ Ancho y número de calzadas: 2 calzadas de 7 metros cada una.
- ✓ Ancho separador central: 1 metro.
- ✓ Ancho de andenes: 3 metros mínimo en las zonas centrales y comerciales; 2 metros en zona de vivienda.
- ✓ Radio mínimo de empate: 5 metros.
- ✓ Retrocesos: en zonas comerciales 2 metros mínimo.
- ✓ En zonas de Vivienda: 5 metros a partir del paramento propuesto para ante jardín.
- ✓ Se permite estacionamiento en un solo costado.

VÍA URBANA DE SEGUNDO ORDEN (VU-2): Penetra en los diferentes sectores urbanos y los límites de comunidades.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- ✓ Ancho total: 10 metros mínimos.
- ✓ Ancho y número de calzadas: 1 calzadas de 7 metros.
- ✓ Ancho de andenes: 1.50 metros mínimo.
- ✓ Radio mínimo de empate: 5 metros.
- ✓ Retrocesos: en zonas comerciales 2 metros mínimo.
- ✓ Se permite estacionamiento en un solo costado.

VÍA URBANA DE TERCER ORDEN (VU-3): Interconecta los barrios entre sí.

- ✓ Ancho total: 9 metros mínimos.
- ✓ Ancho y número de calzadas: 1 calzada de 6 metros.
- ✓ Ancho de andenes: 1.50 metros.
- ✓ Radio mínimo de empate: 5 metros.
- ✓ Retrocesos: 2 metros mínimo a partir del paramento.
- ✓ Se permite estacionamiento en un solo costado.

VÍA URBANA PEATONAL (VU-4): Cuya función es permitir el desplazamiento peatonal dentro de las diferentes zonas de un mismo barrio.

- ✓ Ancho total: 6 metros mínimos.
- ✓ Ancho de andenes: 1.50 metros.
- ✓ Radio mínimo de empate: 5 metros.
- ✓ Retrocesos: en zonas comerciales 2 metros para voladizos.
- ✓ No se permite estacionamientos.

Así mismo, el tipo de pavimento de la vía también influye en el costo de la misma dado que el costo de construcción de una misma clase de vía por ejemplo, malla de vía local, es diferente para una vía en pavimento flexible que una en pavimento rígido. Los tipos de pavimentos considerados son: flexible, rígido y sin pavimento.

Finalmente, la estimación de los costos también incluyó la clasificación y especificaciones establecidas por la normatividad colombiana vigente y la importancia de cada uno de los tipos de vías. En la Tabla 153 se presentan los costos estimados por metro para cada tipo de vía identificado en la zona de estudio.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 153. Costo estimado para las vías (Valor en m/l)

SISTEMA VIAL PRIMARIO	TIPO DE VÍA	CONVENCIÓN	COSTO ESTIMADO POR M/L
Vías nacionales	Vías de primer orden	VU1	\$ 2,420,000.00
Vías departamentales	Vías de segundo orden	VU2	\$ 1,870,000.00
Vías municipales interveredales	Vías de tercer orden	VU3	\$ 1,320,000.00
Vías urbanas	Vías de cuarto orden	VU4	\$ 660,000.00
Vías veredales o ramales	Vías de quinto orden	VU5	\$ 440,000.00

Fuente: Geocing S.A.S.

Los costos de la Tabla 153 muestran valores aproximados de los costos de los diferentes tipos de vías que se encuentran en la zona de estudio y fueron estimados con base en los costos públicos por kilómetro lineal de las vías construidas suministrados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y por medio de investigación de diferentes proyectos de licitación tipo INVIAS.

15.3 MÉTODO DE ANÁLISIS

La calificación del riesgo se realiza mediante una evaluación cualitativa que tiene en cuenta el índice de riesgo total de los elementos expuestos y lo clasifica en las categorías de riesgo aceptable, tolerable o inaceptable. En esta sección se presenta la metodología y análisis del cálculo del índice de riesgo, riesgo económico directo y su categorización.

El denominado riesgo (económico, social o ambiental, según sea el sector que represente al usuario) se puede simular mediante el modelo dinámico del tipo integral (Rivera, 2001):

$$R_{E, S, A} = \int P(e) P_{(E, S, A)}$$

En donde,

$R_{E, S, A}$	Es el riesgo, sea económico (E), social (S) o ambiental (A).
$P(e)$	Es la probabilidad cuantitativa del evento que se pronostica; se denomina también amenaza (H).
$P_{(E, S, A)}$	Es la pérdida en el sector, sea económico (E), social (S) o ambiental (A), que se relaciona con el evento natural que se predice; también se suele denominar vulnerabilidad (V).

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Para el caso en estudio, y una vez obtenida la amenaza y la vulnerabilidad, se puede estimar el riesgo físico individual de cada elemento expuesto definiendo el índice de riesgo (IR) para el escenario actual como:

$$IR = P(Dz)_{50} \cdot IVT$$

La probabilidad de ocurrencia acumulada a 50 años, $P(Dz)_{50}$, de la anterior fórmula se encuentra definida por la siguiente ecuación:

$$P(Dz)_{50} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{T_D}$$

Donde

$\frac{1}{T_r}$ = probabilidad de ocurrencia de determinado evento/desastre natural, o amenaza bajo la que se encuentra el elemento expuesto (P_f).

T_D = periodo de diseño que para cuestión de este estudio corresponde a 50 años

Finalmente, el riesgo económico directo (R) se encuentra definido como el producto de la vulnerabilidad física por la probabilidad de ocurrencia y por el costo de los elementos expuestos.

$$R = \sum_{i=1}^n (P_f \times IVF_i \times C_i)$$

Dónde:

P_f : Probabilidad de falla

IVF_i : Índice de Vulnerabilidad Física del elemento expuesto

C_i : Costo del elemento expuesto

Teniendo en cuenta que la amenaza se definió como la probabilidad de ocurrencia del evento y la vulnerabilidad como un índice de pérdidas, representado como un conjunto difuso, el índice de riesgo también es un conjunto difuso que, para el caso utilizado de conjuntos difusos trapezoidales, se puede representar por la función presentada en la Ilustración 230.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

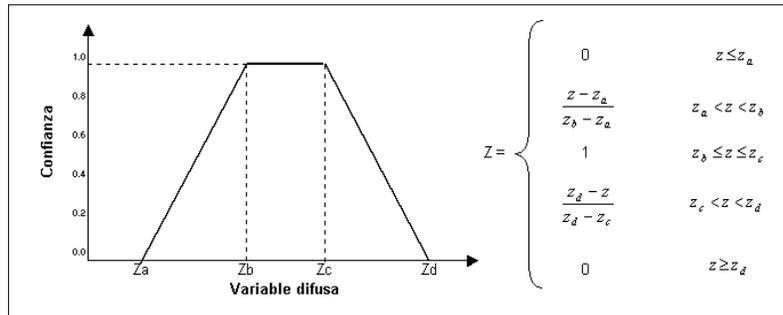


Ilustración 230. Conjuntos difusos trapezoidales.
Fuente: Geocing S.A.S..

Los números difusos trapezoidales (Ver Ilustración 230) presentan algunas de las siguientes ventajas sobre otros tipos de números lineales o no lineales. En primer lugar, los números difusos trapezoidales constituyen la familia más general de números difusos que presentan una función de pertenencia lineal. Esta característica implica que tiene propiedades más generales y por lo tanto tiene mayor aplicación en la modelación de incertidumbre lineal. Su forma (z_a, z_b, z_c, z_d) es mejor que cualquier otra forma como ($z_a, z_b, z_\alpha, z_\beta$) debido a que es operacional y conceptualmente simple (Bansal, 2011). De igual manera, se puede observar que cuando $z_b = z_c$, el número trapezoidal se transforma en el número difuso triangular.

El índice de riesgo representado como una variable difusa no se puede utilizar, ni interpretar directamente por lo que primero se debe convertir en un número real. Con el fin de realizar este proceso, se sigue la metodología que permite el cálculo de la media y desviación estándar, tal y como se muestra a continuación:

Se puede determinar la esperanza y la varianza del factor de seguridad como el primer momento y el radio de giro con respecto a la media de la función difusa, respectivamente.

Con la esperanza (o media) y la desviación estándar del IR, se puede calcular el valor del índice de riesgo para un nivel de confianza del 90%, al ser ajustado a una función de distribución de probabilidad (se debe a la de mejor ajuste, ya bien sea normal, log-normal, beta, etc.).

15.4 CÁLCULO DEL RIESGO GLOBAL POR ZONA

Para poder realizar el análisis es necesario el cálculo del índice de riesgo (IR_z) por zona de estudio. Este cálculo se realiza mediante la utilización de un promedio ponderado del índice de riesgo (IR) de los elementos expuestos que se encuentran en dicha zona. La fórmula se muestra a continuación:

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

$$IR_Z = \frac{\sum IR_i * Ce_i}{\sum Ce_i}$$

Donde,

IR_i = índice de riesgo de los diferentes elementos expuestos

Ce_i = costo de cada elemento expuesto

Con la anterior fórmula es posible asignarle una categoría de riesgo a la zona, sin embargo, para asignar la categoría lingüística es necesario contar también con el índice de vulnerabilidad total (IVT) y la amenaza total (probabilidad de ocurrencia acumulada total a 50 años, ([P (Dz) 50] T) de dicha zona.

El índice de vulnerabilidad total (IVT_Z) se halla de manera similar que el IR_Z. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$IVT_Z = \frac{\sum IVT_i * Ce_i}{\sum Ce_i}$$

Donde,

IVT_i = índice de vulnerabilidad total de los diferentes elementos expuestos

Ce_i = costo de cada elemento expuesto

Una vez se conocen los valores del IVT_Z e IR_Z se despeja la probabilidad de ocurrencia acumulada total a 50 años [P (Dz) 50]_Z para la zona de la fórmula para el cálculo del índice de riesgo.

$$P(Dz)_{50Z} = \frac{IR_Z}{IVT_Z}$$

15.5 CRITERIOS APLICADOS

Para la categorización del IR se utiliza la Ilustración 231. Esta gráfica enseña de forma visual el criterio de decisión adoptado para asignar el nivel de riesgo. Asimismo, la Tabla 154 muestra el nivel de riesgo, su descripción y los rangos que encierran cada criterio de decisión.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

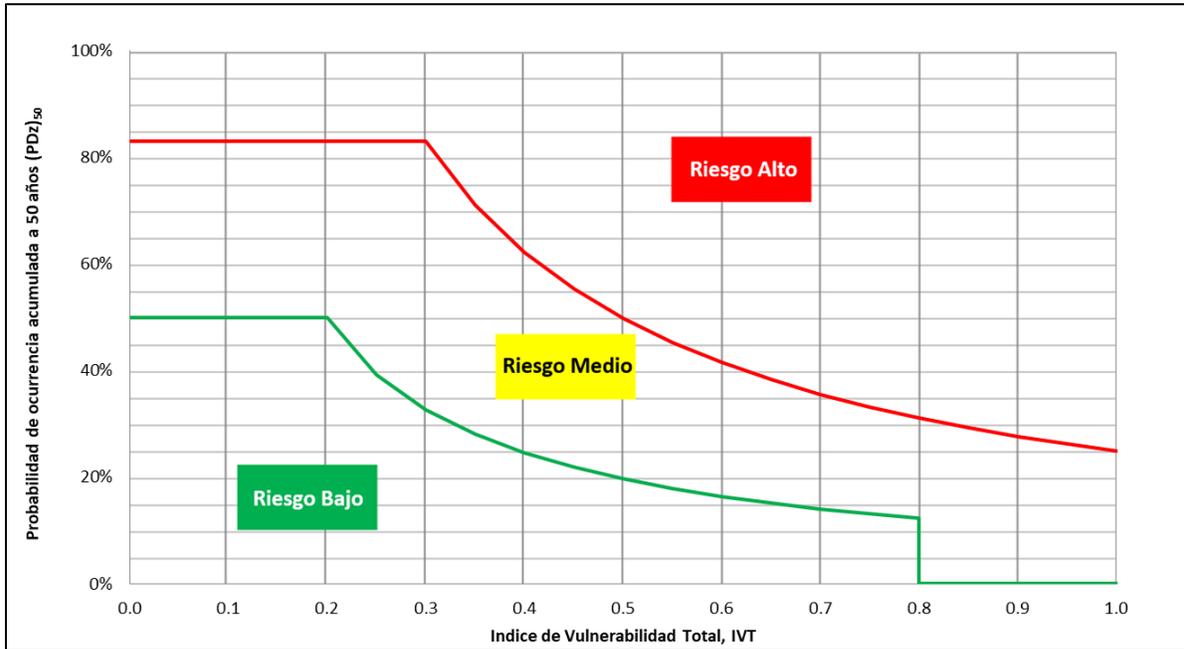


Ilustración 231. Categorización del nivel de riesgo el cual depende del índice de vulnerabilidad total en el eje x y la probabilidad de ocurrencia acumulada a 50 años en el eje y.
Fuente: Geocing S.A.S.

Como se observa en la Ilustración 231, el índice de vulnerabilidad física (IVF) se ubica en el eje x y la probabilidad de ocurrencia acumulada a 50 años (P (Dz) 50) en el eje y.

Tabla 154. Categorización del riesgo.

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	CRITERIO
Alto	Situación que requiere desarrollar acciones prioritarias e inmediatas para su gestión debido al acto impacto que tendría. Se deben estudiar medidas tanto estructurales (disminución de la amenaza mediante obras de control) como no estructurales (disminución de la vulnerabilidad).	$Si IVF < 0.30 \text{ y } P(Dz)_{50} \geq 83\%$ $Si IRT \geq 0.25, \text{ para } IVF \geq 0.30$
Medio o Tolerable	Se deben desarrollar actividades para la gestión sobre el riesgo con una prioridad de segundo nivel. Puede encaminarse a medidas no estructurales (disminución de vulnerabilidad), sin descartar medidas preventivas para disminución de la amenaza (obras); se deben contemplar medidas de instrumentación geotécnica periódicas (inclinómetros, piezómetros, etc.) que puedan determinar la activación de un evento.	$Si 50\% \leq P(Dz)_{50} < 80\% \text{ y } IVF < 0.20$ $Si 0.10 \leq IRT < 0.25, \text{ para } 0.125 \leq IVF < 0.85$ $Si IRT \leq 0.25, \text{ para } IVF \geq 0.85$

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	CRITERIO
<p>Bajo o Aceptable</p>	<p>Zonas en este nivel significa que la convolución amenaza - vulnerabilidad no representa un peligro significativo, por lo que no amerita la inversión inmediata en acciones específicas para la gestión sobre el riesgo.</p>	<p>Si $P(Dz)_{50} < 50\%$ y $IVF < 0.20$ Si $IRT < 0.10$, para $0.20 \leq IVF < 0.80$ N. A., para $IVF \geq 0.80$</p>

Fuente: Geocing S.A.S.

15.6 RESULTADOS OBTENIDOS DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA

De acuerdo a la distribución de los índices de riesgo de los elementos expuestos presentados en la Ilustración 232 se logra identificar que las construcciones y vías se encuentran categorizadas en las tres categorías de riesgo (Bajo, medio y alto), esto sirve como referencia visual de la distribución de los elementos, pero no es un complemento que permita establecer de manera cuantitativa los elementos por cada categoría, ya que algunos elementos pueden presentar el mismo valor de riesgo lo cual se ilustraría como un único punto.

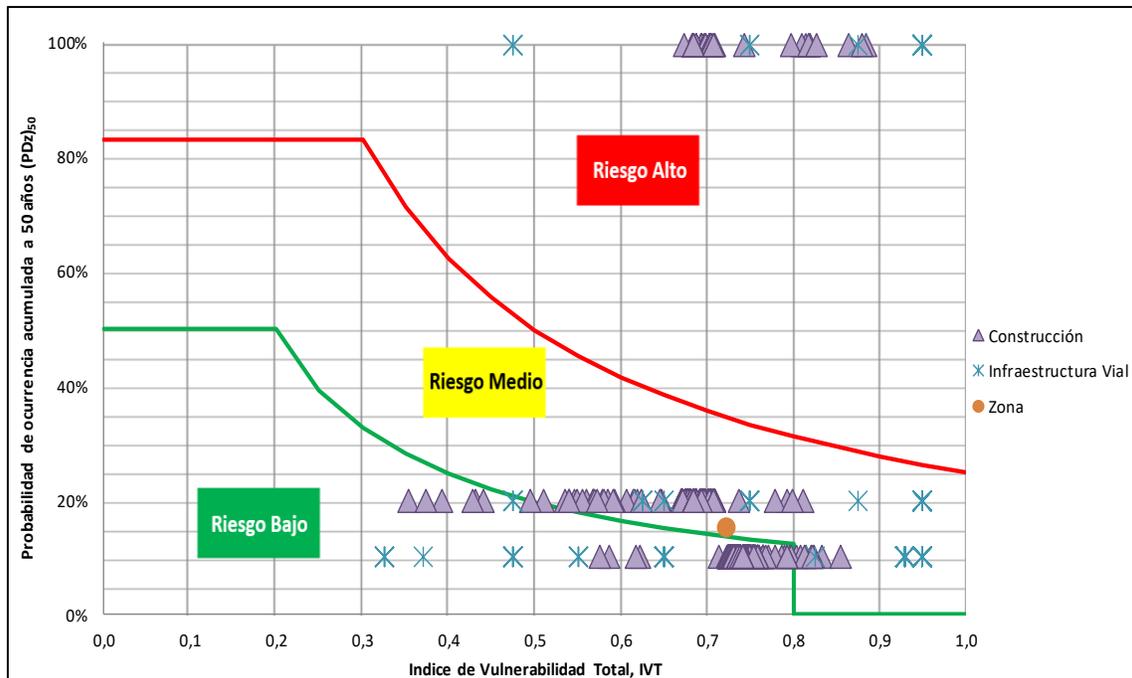


Ilustración 232. Categorización del nivel de riesgo por movimientos en masa de los elementos expuestos para el escenario actual.

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

A partir de los resultados correspondientes a amenaza, vulnerabilidad y riesgo obtenidos para los elementos expuestos ubicados en el municipio de Acevedo fueron calculados los valores de IVT_z , $(P(D_z)_{50})_z$ e IR_z , los cuales representan el valor total para el municipio y permiten estimar el riesgo total del mismo, como se logra identificar en la Tabla 155.

Tabla 155. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por movimientos en masa del municipio de Acevedo.

Zona de Estudio	IVT_z	$(P(D_z)_{50})_z$	IR_z
Municipio de Acevedo	0,72	0,11	0,15

Fuente: Geocing S.A.S.

Se establece que el municipio de Acevedo se encuentra categorizado con riesgo medio por movimientos en masa, debido a que la mayor parte de los elementos expuestos se encuentran en la misma categoría de riesgo. El nivel de riesgo medio implica que para el municipio no se requieren acciones de manera inmediata pero si es necesario evaluar de manera prioritaria y puntual los elementos expuestos respecto al riesgo correspondiente ante movimientos en masa y las correspondientes pérdidas económicas que implicarían.

Respecto al riesgo económico que representan las construcciones categorizadas con riesgo por movimientos en masa, se establecen unas posibles pérdidas de \$30.580'113.498, como se logra identificar en la Ilustración 233. Cabe resaltar que a pesar que los predios en riesgo alto representan el 4,0% del total de predios en riesgo, estos representan el 20,2% del riesgo económico directo de todo el municipio de Acevedo, esto debido a que en medida que el riesgo es mayor se esperan pérdidas superiores ya que las construcciones presentaran una mayor afectación; el restante 95,95% del riesgo económico se encuentra distribuido en un 24,8% en el riesgo medio con \$ 7.885'763.192 y el 71,2% del total de los predios en riesgo bajo con \$15.981'758.162 pesos.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

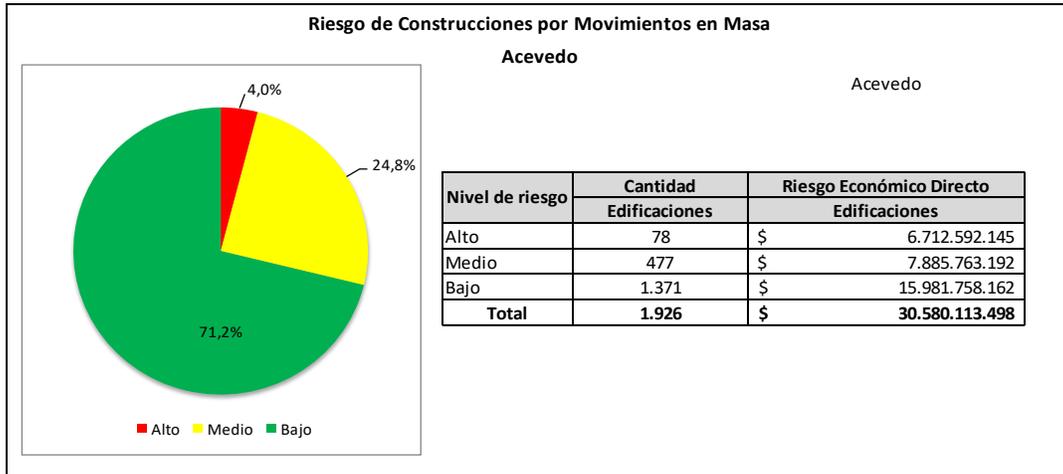


Ilustración 233. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Movimientos en Masa.

Fuente: Geocing S.A.S.

El total de las vías del municipio de Acevedo se encuentra categorizado con riesgo ante movimientos en masa, lo cual corresponde a un tramo vial de 20,52 Km y un riesgo económico directo de \$ 2.600'013.347, de los cuales el 6,3% (\$914'656.816) de las perdidas están asociadas al riesgo alto a pesar de ser un tramo vial de tan solo 1,3 Km, esto debido a que la afectación esperada en las vías es mayor en comparación con las otras categorías. El restante tramo vial de 19,24 Km esta categorizado con riesgo medio y bajo con 11,80 Km y 7,4 Km respectivamente y representa un riesgo económico de \$ 1.685'114.532 (Ver Ilustración 234).

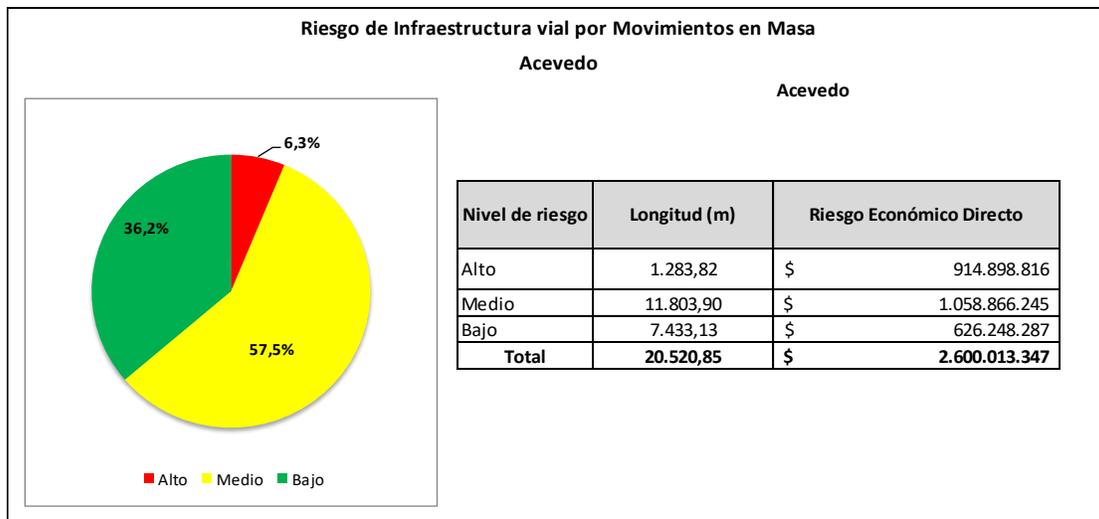


Ilustración 234. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Movimientos en Masa.

Fuente: Geocing S.A.S.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

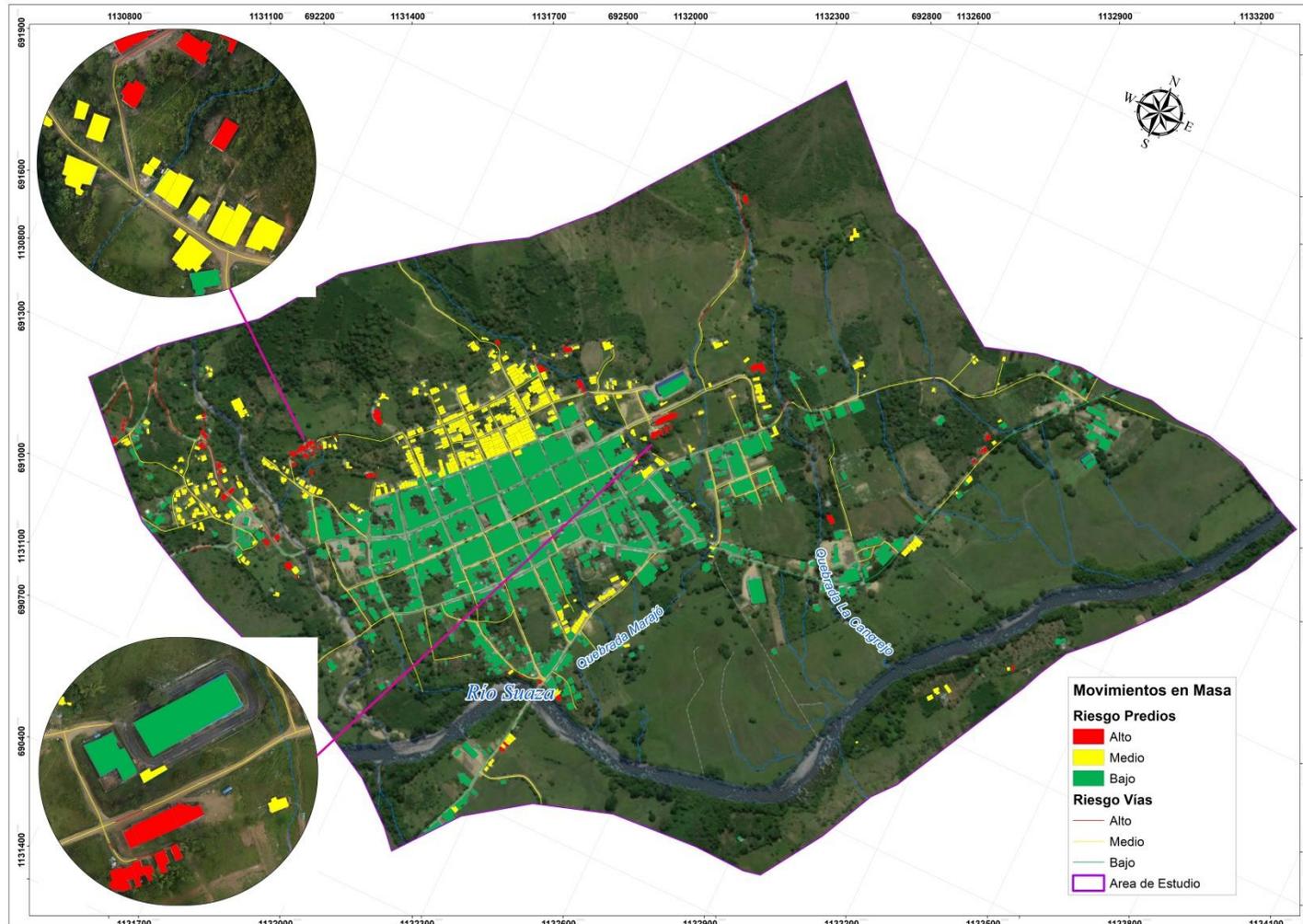


Ilustración 235. Mapa de riesgo por movimientos en masa de Acevedo
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

15.7 RESULTADOS OBTENIDOS DEL RIESGO POR INUNDACIÓN

Como se logra identificar en la Ilustración 236 se presenta la distribución de los predios y vías ubicados en el municipio de Acevedo dentro de las diferentes categorías de riesgo por inundación, esto a partir de los resultados obtenidos por amenaza y vulnerabilidad total, estableciendo que la distribución de estos elementos expuestos no es homogénea debido a que todos presentan una diferente categorización por amenaza, las diferentes características físicas de los predios, las condiciones socioeconómicas y características culturales de la población. Esta distribución no representa cuantitativamente los elementos expuestos en cada categoría de riesgo debido a que algunos de estos presentan el mismo índice.

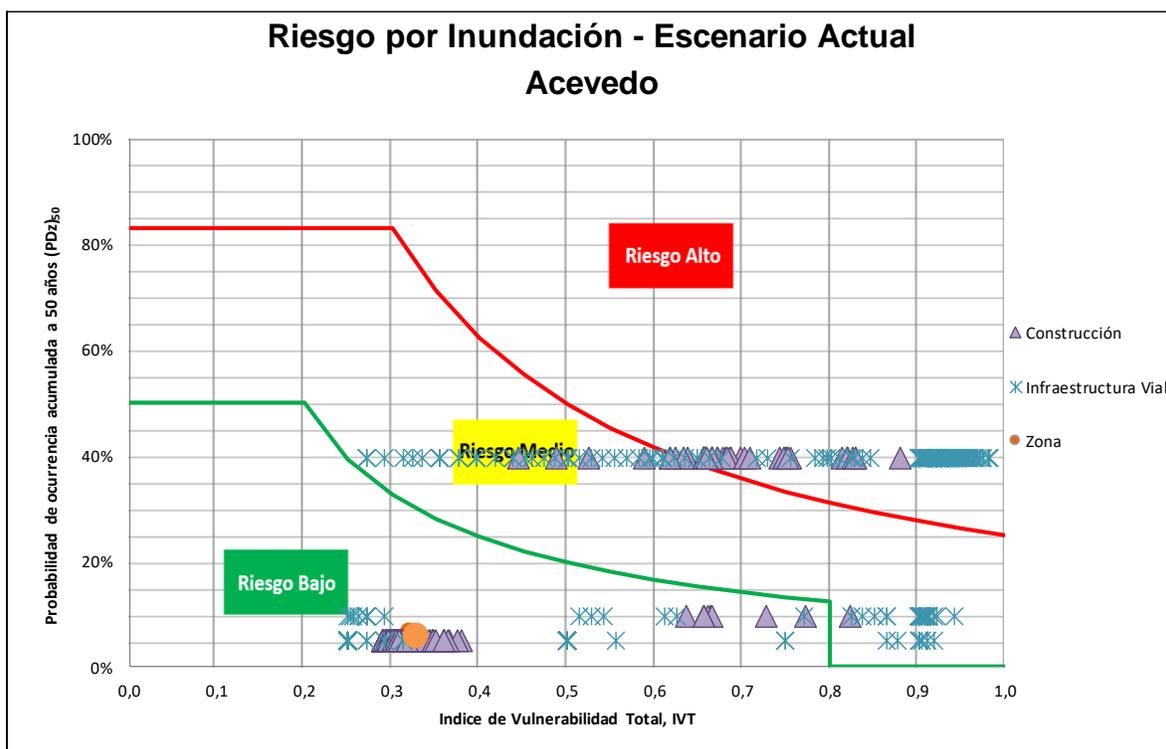


Ilustración 236. Categorización del nivel de riesgo por inundación de los elementos expuestos para el escenario actual.
Fuente: Geocing S.A.S.

A partir de los resultados obtenidos para los elementos expuestos se categoriza el riesgo para el municipio de Acevedo según los resultados correspondientes a IVT y $(P(Dz))_{50}$, obteniendo un índice de riesgo igual a 0,02 lo que categoriza al municipio con un riesgo bajo, tal como se presenta en la Tabla 156, y de manera gráfica en la Ilustración 236 como zona.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 156. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por inundación del municipio de Acevedo.

Zona de Estudio	IVT _Z	(P(Dz) ₅₀) _Z	IR _Z
Municipio de Acevedo	0,32	0,07	0,02

Fuente: Geocing S.A.S.

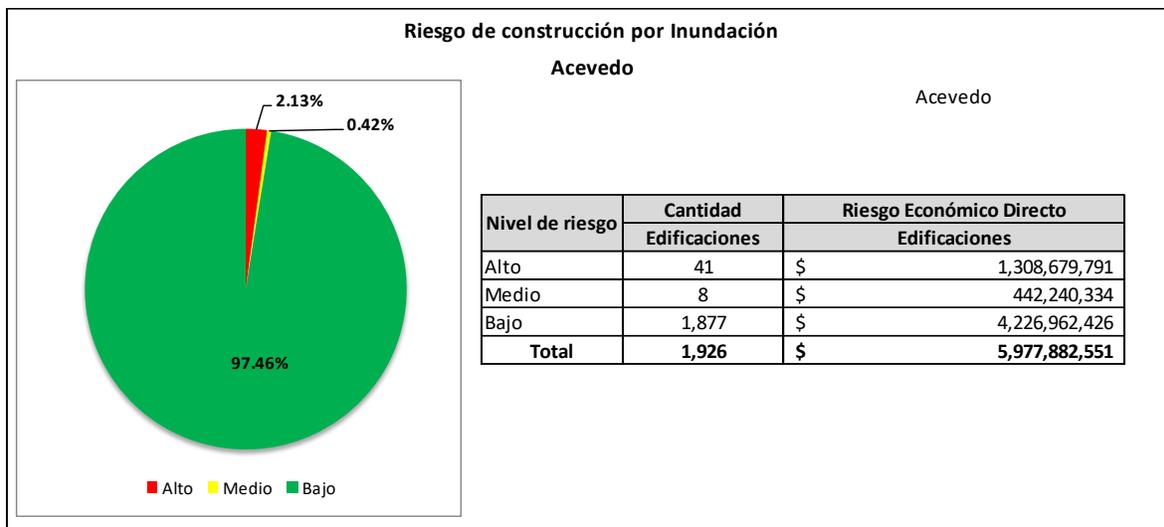


Ilustración 237. Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por Inundación.

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Ilustración 237 se presentan las pérdidas económicas y cantidad de predios correspondiente a cada categoría de riesgo por inundación, estableciendo que el 97,46% de los predios se categorizan con riesgo bajo y un riesgo económico de \$ 4.977'882.551, el restante correspondiente al 2,54% corresponde a riesgo alto y riesgo medio, los cuales se encuentran distribuidos así: el 2,13% riesgo alto (41 predios) y el 0,42% riesgo medio (8 predios). La variación que representa el número de predios respecto al riesgo económico se debe a que la afectación esperada en riesgo alto, es mucho mayor respecto a las otras por lo tanto el costo de estas será mayor.

Las vías en riesgo presentan un riesgo económico total de \$ 385.174.223 como se presenta en la Ilustración 238, del total de estas pérdidas el 97,0% corresponden al del tramo vial del municipio categorizado con riesgo bajo, seguido por el riesgo medio con el 1,52% del riesgo económico y el riesgo alto con el 1,46%. Al igual que con los predios la relación de longitud contra perdidas, es más representativa en el riesgo alto, debido a que la afectación en estos es mayor y el riesgo económico es directamente proporcional.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

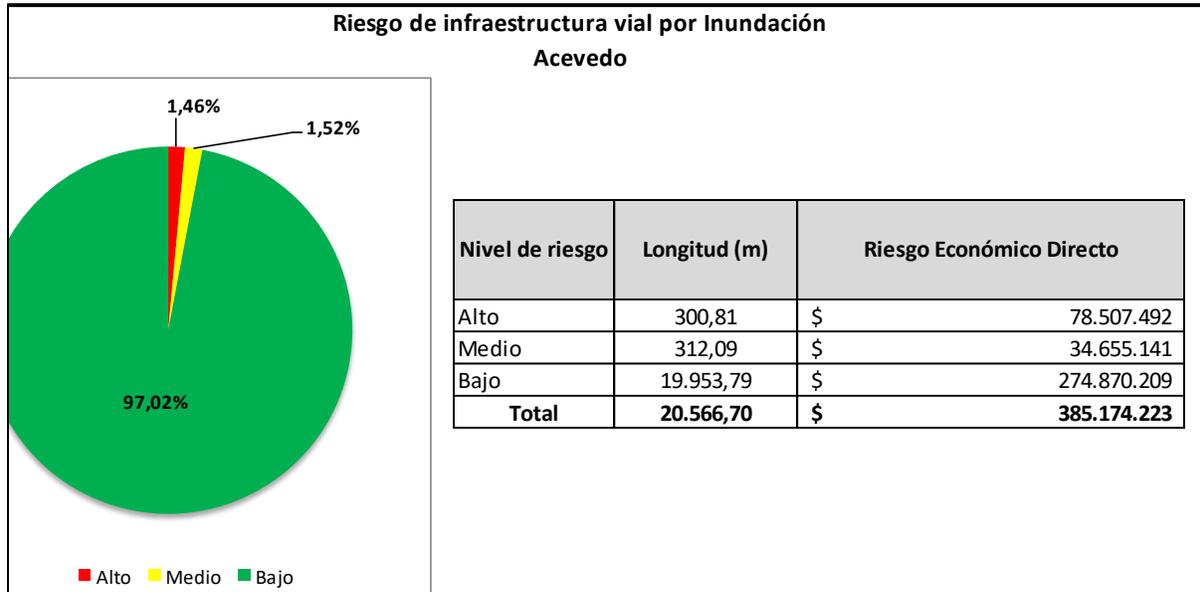


Ilustración 238. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Inundación.
Fuente: Geocing S.A.S.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO



Ilustración 239. Mapa de riesgo por inundación de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

15.8 RESULTADOS OBTENIDOS DEL RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL

En la Ilustración 240 se presenta el comportamiento de los elementos expuestos dentro de las tres categorías de riesgo por avenida torrencial (Baja, media y alta), identificando que estos presentan todas las categorizaciones posibles, esto debido a que no se presenta un comportamiento homogéneo entre la distribución de la amenaza, las condiciones socioeconómicas y características culturales de la población, las características estructurales de los predios y características de la malla vial. Esta ilustración sirve para identificar de manera visual la distribución de los elementos expuestos en las categorías de riesgo, ya que cuantitativamente no es posible establecer el número de valores ubicados en cada categorización, ya que hay elementos expuestos que presentan el mismo IR.

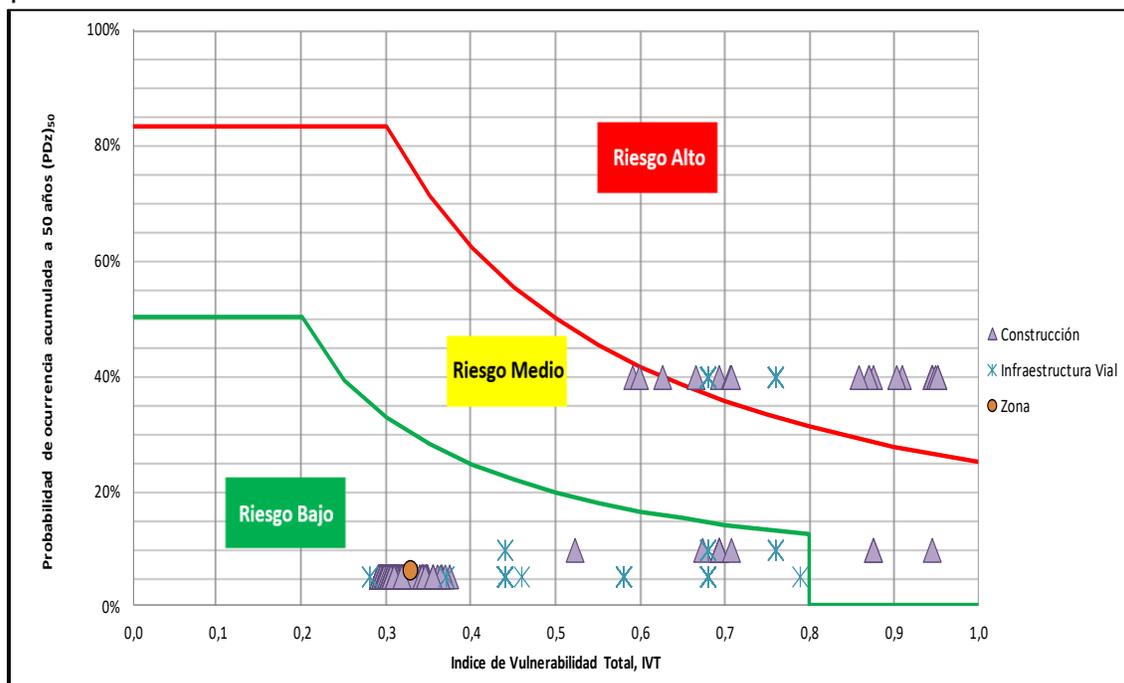


Ilustración 240. Categorización del nivel de riesgo por avenida torrencial de los elementos expuestos para el escenario actual.

Fuente: Geocing S.A.S.

A partir de los resultados correspondientes a amenaza, vulnerabilidad y riesgo obtenidos para los elementos expuestos ubicados en el municipio de Acevedo fueron calculados los valores de IVT_z , $(P(D_z)_{50})_z$ e IR_z , los cuales representan el valor total para el municipio y permiten estimar el riesgo total del mismo, como se logra identificar en la Ilustración 228.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 157. Valores de los índices de vulnerabilidad, amenaza y riesgo por avenida torrencial del municipio de Acevedo.

Zona de Estudio	IVT _z	(P(Dz) ₅₀) _z	IR _z
Municipio de Acevedo	0,33	0,06	0,02

Fuente: Geocing S.A.S.

En la Ilustración 240 se representan el valor correspondiente al riesgo del municipio de Acevedo el cual se encuentra en la Tabla 157, según los cuales Acevedo se encuentra categorizado con riesgo bajo, esto debido a que esta categorización se presenta en el 98,8% de los predios y el 98,7% de las vías.

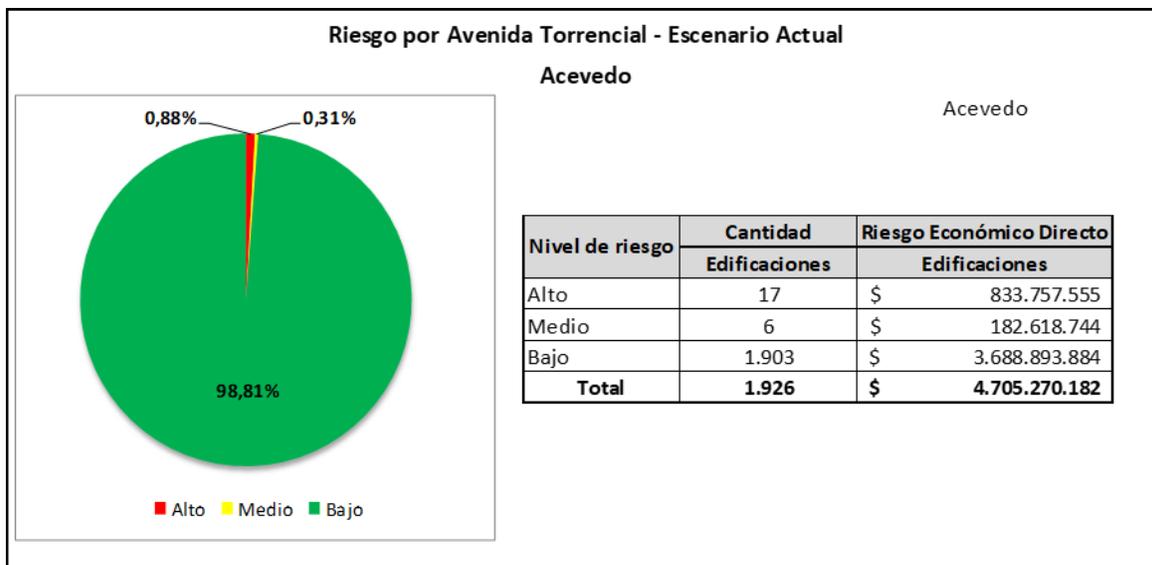


Ilustración 241 Distribución del número de construcciones y pérdidas económicas esperadas para las categorías de riesgo por avenida torrencial.

Fuente: Geocing S.A.S.

Las pérdidas económicas esperadas para los predios son de \$4.705'270.182 como se logra identificar en la Ilustración 241, estableciendo que las pérdidas económicas que presentan los predios con riesgo bajo corresponde a \$3.688'893.884 lo cual representa el 98,8% de las pérdidas; a pesar que en riesgo alto se identificaron únicamente 17 predios se presenta un riesgo económico de \$833'757.555 lo cual corresponde al 0,9% de las pérdidas esperadas en las construcciones y el 16,2% del total de las pérdidas totales esperadas en el municipio de Acevedo; esto se debe a que en esta categoría se presentarían mayores afectaciones a la infraestructura lo que implica una pérdida mayor a comparación del riesgo bajo, donde se afectan más predios de forma no considerable. Para el riesgo medio se identificaron 6 viviendas con unas pérdidas esperadas de consolidarse el riesgo correspondientes a \$ 182'618.744.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

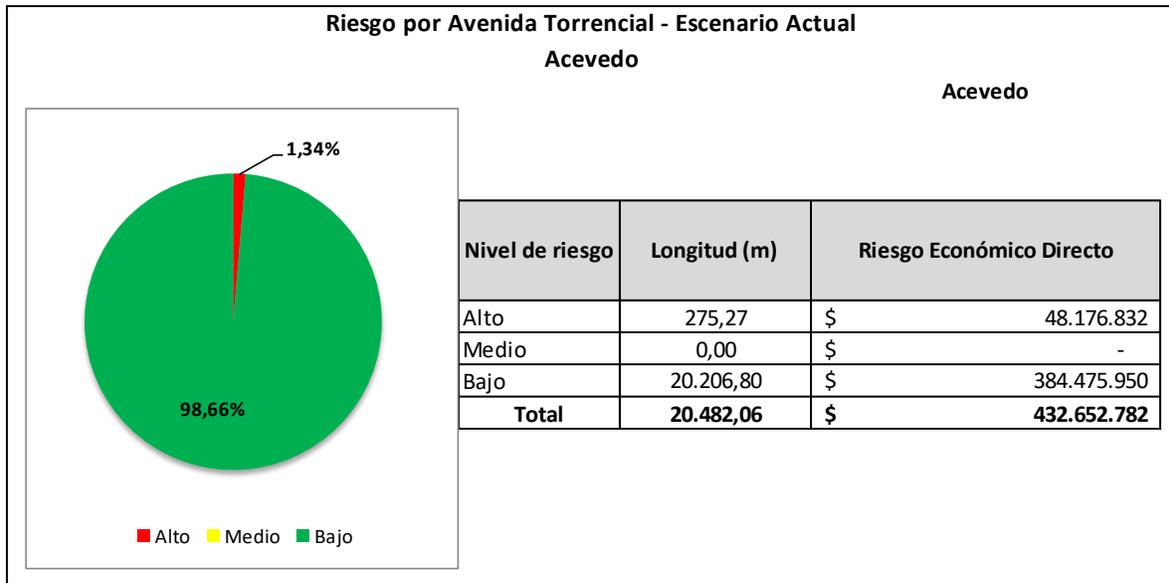


Ilustración 242. Distribución de las pérdidas económicas esperadas de la infraestructura vial que se encuentra dentro de las categorías de riesgo por Avenida Torrencial.

Fuente: Geocing S.A.S.

El riesgo económico para las vías en el municipio de Acevedo, en el cual se identificó que los 20,5 Km correspondientes a la malla vial del municipio se encuentra categorizado en nivel de riesgo (bajo y alto) y las pérdidas esperadas corresponden a \$432'652.782 los cuales se distribuyen en las categorías de riesgo bajo y alto con pérdidas de \$384'475.950 y \$48'176.832 respectivamente. Las vías en riesgo bajo corresponden a un tramo de 20,2 Km los cuales representan el 98,7% del total de las vías y el restante 1,3% de la malla vial, corresponde a riesgo alto un tramo de 0,3 Km. Es importante resaltar que no se identificaron tramos viales en categoría de riesgo medio.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

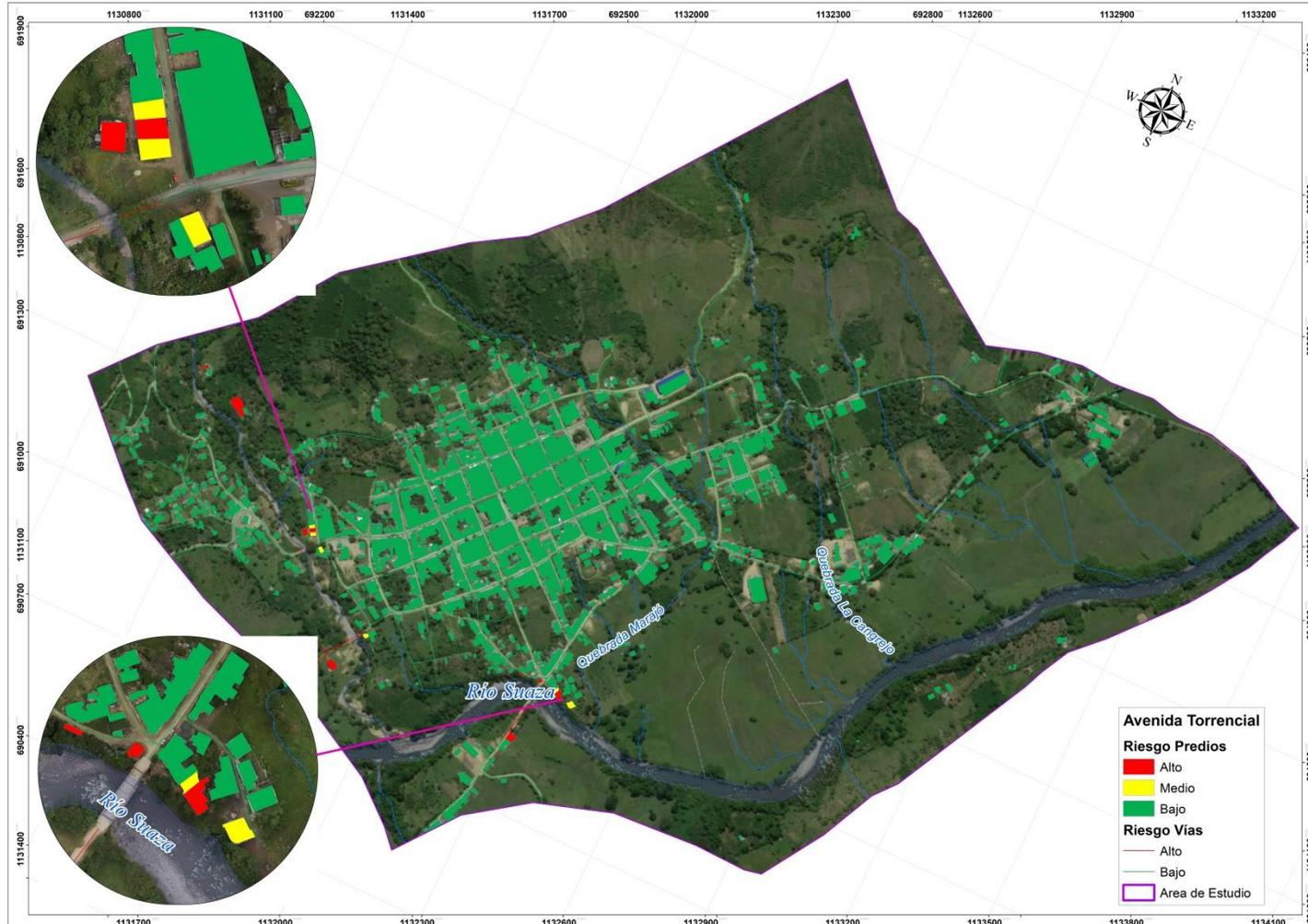


Ilustración 243 Mapa de riesgo por avenida torrencial de Acevedo.
Fuente: Geocing S.A.S

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

16 MITIGABILIDAD DEL RIESGO ALTO

16.1 MITIGABILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

Según los análisis de riesgo realizados para este estudio de acuerdo con la amenaza por movimientos en masa, junto con el análisis de riesgo por movimientos en masa, se identificó que el riesgo alto de los predios es mitigable ya que, para la implantación de medidas estructurales y no estructurales no se ve afectada físicamente ninguna vivienda.

16.2 MITIGABILIDAD POR INUNDACIÓN

De acuerdo con los resultados de los análisis de riesgo realizados para este estudio de acuerdo con la amenaza por inundación, se identificó que los predios que se encuentran en riesgo alto se clasifican como mitigables ya que la implantación de medidas estructurales y no estructurales logran disminuir la categoría de amenaza a la cual se encuentran expuestas y por ende lograrían prevenir futuras pérdidas y afectaciones.

16.3 MITIGABILIDAD POR AVENIDA TORRENCIAL

De acuerdo con los resultados de los análisis de riesgo realizados para este estudio de acuerdo con la amenaza por Inundación, se identificó que la mayoría de los predios que se encuentran en riesgo alto por avenidas torrenciales son mitigables; pero si se determina que las viviendas ubicadas sobre la margen izquierda del río Suaza a la altura del puente metálico, se ven clasificadas con riesgo alto no mitigable ante la amenaza por avenida torrencial. En la siguiente tabla se presentan las construcciones en riesgo alto no mitigable y en la Ilustración 244 se visualiza su localización.

Tabla 158 Construcciones con riesgo alto no mitigable por avenidas torrenciales.

CONSTRUCCIONES	Área (m ²)	Costo
C0754	134.97	\$477.793.110
C1588	15.03	
C1589	47.32	
C1634	76.18	

Fuente: Geocing SAS.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

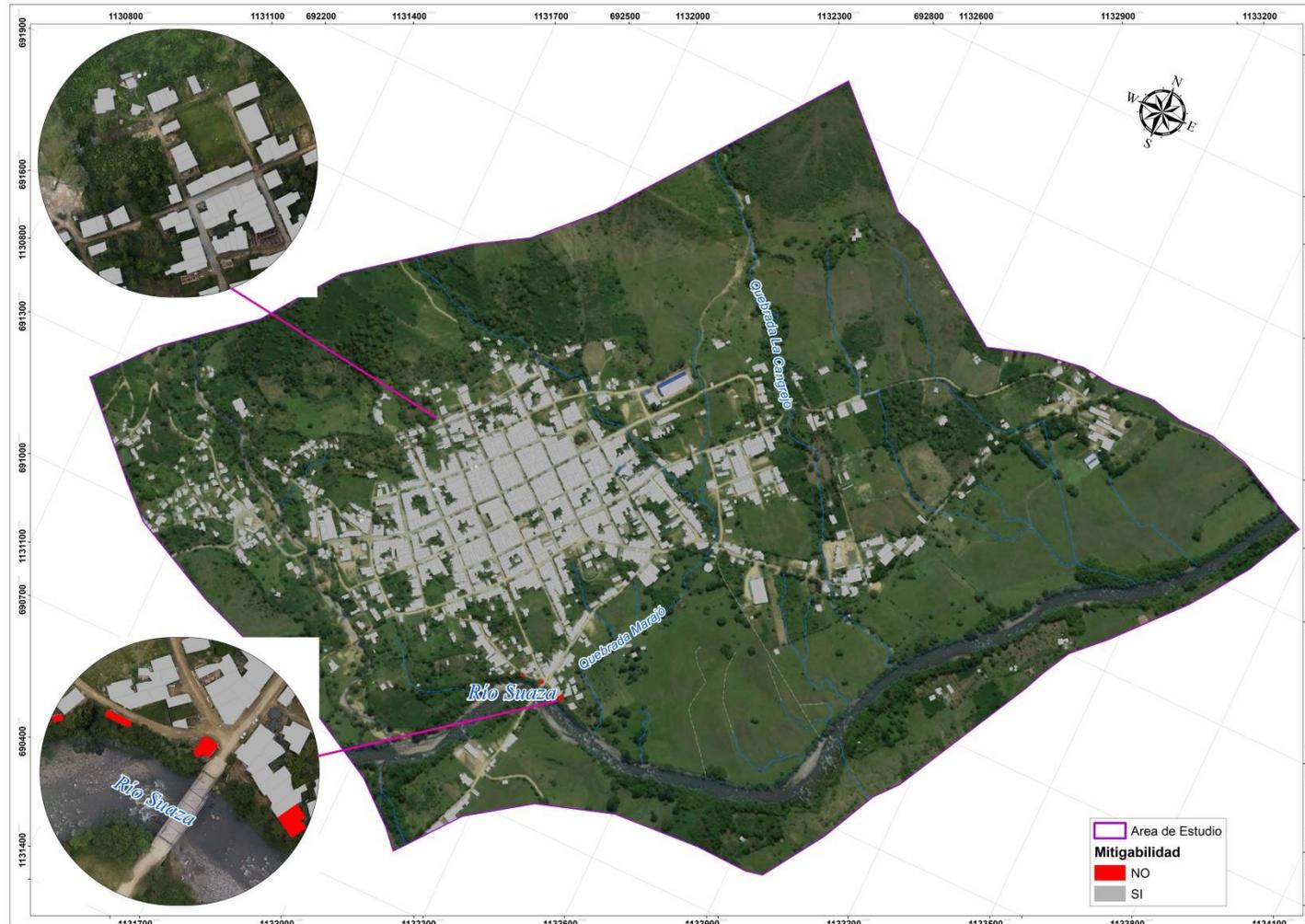


Ilustración 244 Mapa de mitigabilidad por Avenida Torrencial
Fuente: Geocing SAS.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

17 OBRAS DE MITIGACIÓN

17.1 MOVIMIENTOS EN MASA

De acuerdo con los respectivos análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo se identificaron puntos críticos de inestabilidad los cuales deben ser controlados para evitar afectaciones a viviendas, personas y cultivos. A continuación se enlistan las medidas estructurales y no estructurales recomendadas para la mitigación del riesgo por movimientos en masa:

17.1.1 Medidas no Estructurales

Las zonas que se encuentran en riesgo alto se localizan en zonas de pendiente alta y se ven afectadas por la infiltración de agua de escorrentía y subsuperficial, además de por acciones antrópicas, como el inadecuado uso del suelo; factores que contribuyen a la generación de erosión tipo reptación que sumados con las lluvias intensas producen movimientos en masa.

De acuerdo a lo descrito, se debe garantizar el control de erosión, mantenimiento de los taludes de cortes para vivienda de mayor magnitud, un adecuado manejo de aguas superficiales y de infiltración, y se debe evitar dejar los taludes expuestos garantizando su vegetalización y de esta forma se mitiga la susceptibilidad a presentarse deslizamientos.

En razón, a que se debe garantizar un sistema de colección de aguas superficiales y de infiltración y un correcto descole de las aguas captadas para evitar la infiltración sobre el talud reconformado, como medida a seguir, se debe garantizar el adecuado uso de suelo, no permitir por parte de las autoridades que la comunidad realice intervenciones antrópicas que afecten la estabilidad del mismo, y todos los taludes que se generen para los cortes de construcción de viviendas de deben revegetalizar con el fin de mitigar la afectación de la erosión hídrica.

De acuerdo con lo que se evidencia en el mapa de amenaza por movimientos en masa, los márgenes / taludes de los cauces se encuentran categorizados como Amenaza Media, razón por la cual se deben proteger los márgenes de las quebradas, evitando la ocupación de las mismas.

De igual forma en las zonas del área urbana por las cuales discurren las quebradas se deben garantizar que no se altere la dinámica fluvial de las mismas, y en los puntos donde se reduce la sección hidráulica debido a la presencia de obras menores hidráulicas se

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

debe garantizar que estas se encuentren libres de residuos para evitar la colmatación y una posible erosión de los taludes de los márgenes.

En las partes altas por las cuales discurre el cauce de las quebradas, se recomienda realizar campañas de conservación ambiental en las zonas de las laderas de e implementar un plan de manejo de agua y adecuado uso de suelo con el fin de disminuir las afectaciones a los taludes naturales y mantener el equilibrio natural de estabilidad en el cual se encuentran.

17.1.2 Medidas Estructurales

Zona 1. El río Suaza en el sector del Puente que comunica el casco urbano de Acevedo con sector La Estrella se presentan un proceso de socavación que está afectando los taludes del cauce, afectando de forma secundaria las viviendas que se encuentran en la parte superior, como se puede ver a continuación en la Ilustración 245.



**Ilustración 245. Vista en planta de la curva donde se presenta Socavación por el río Suaza.
Fuente: Geocing S.A.S.**

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

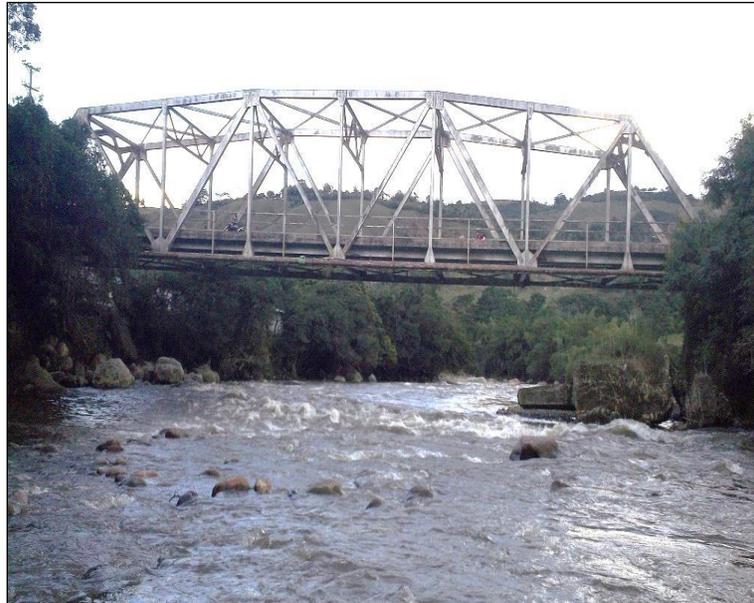


Ilustración 246. Vista del puente de la curva donde se presenta Socavación por el río Suaza.
Fuente: Geocing S.A.S.

Como se observa en la Ilustración 246 a grosso modo se encuentra ubicado geográficamente en una zona de extradós de la curva del cauce- en el margen de socavación, debido a la morfodinámica del río este proceso de socavación es progresivo aunque lento, sin embargo la velocidad de flujo y la capacidad de arrastre de materiales es alto, lo cual es perjudicial para las áreas aledañas al cauce dadas las altas precipitaciones y la afectación a las personas, infraestructuras y semovientes que son vulnerables. Por esta razón además del riesgo por Inundación a la cual está expuesta este sector a continuación se plantean las alternativas de obras de mitigación del riesgo con las tres condiciones Inestabilidad + Socavación + Inundación.

Alternativa 1: se plantea una obra para control de la socavación del margen del río que consta de una estructura de contención flexible, tipo Muro en Gavión que permite adaptarse a la topografía de los márgenes del cauce, además de contención funciona como estructura drenante; esta estructura para esta alternativa se presenta con un dimensionamiento de 3.0 m de base, Altura de 3 m con longitud de 90.0 m. A continuación en la Ilustración 247, se presenta el presupuesto estimado para la medida de intervención, alternativa 1.

 CAM COMISIÓN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA <i>¡Cuida tu naturalidad!</i>	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
 GEOGING SAS Geociencias e Ingeniería	INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

 GEOGING SAS Geociencias e Ingeniería	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015	 CAM COMISIÓN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA <i>¡Cuida tu naturalidad!</i>			
PRESUPUESTO ZONA 1 ALTERNATIVA 1 GAVIÓN					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	860	\$ 2,076	\$ 1,785,016
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	210	\$ 10,300	\$ 2,163,046
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.1	Excavación en material seleccionado	m ³	400.00	\$ 13,857	\$ 5,542,950
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	472.00	\$ 19,934	\$ 9,408,848
2.3	Rellenos para estructuras con recebo	m ³	260	\$ 23,237	\$ 6,041,731
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.5	Gavión de Malla de Alambre de Acero Etrelazado Clase 4; recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC	m ³	840.0	\$ 181,964	\$ 152,849,491
3.6	Geotextil tipo no tejido NT-2500	m ²	300.0	\$ 6,205	\$ 1,861,603
VALOR REPRESENTATIVO					\$ 179,652,686
AIU 30%					\$ 53,895,806
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 233,548,491

Ilustración 247 Presupuesto estimado para la Alternativa 1. Muro en Gavión
Fuente: Geocing SAS

Alternativa 2: En razón que la socavación que se presenta en la zona del puente en este sector se considera, la conformación de una estructura con módulos de Geoestructura de 3.2 m dispuesto en dos filas con longitud de 90.0 m. Ver presupuesto estimado para la alternativa 2 en la Ilustración 248.

 GEOGING SAS Geociencias e Ingeniería	ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015	 CAM COMISIÓN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA <i>¡Cuida tu naturalidad!</i>			
PRESUPUESTO ZONA 1 ALTERNATIVA 2 GEOESTRUCTURA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	860	\$ 2,076	\$ 1,785,050
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H=2,0 m en repisa y lona verde	ml	210	\$ 10,300	\$ 2,163,056
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.1	Excavación en material seleccionado	m ³	1200.00	\$ 13,857.38	\$ 16,628,851
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	1400.00	\$ 19,934	\$ 27,907,600
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.1	Geoestructura	ml	90.00	\$ 853,557	\$ 76,820,138
3.2	Geotextil para control de erosión Fortex BX 50	m ²	300.00	\$ 11,524	\$ 3,457,158
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO ZONA 1 ALTERNATIVA 2 GEOESTRUCTURA					\$ 128,761,854
AIU 30%					\$ 38,628,556
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 167,390,410

Ilustración 248 Presupuesto estimado para la Alternativa 2. Geoestructura
Fuente: Geocing SAS

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Alternativa 3: en las áreas donde se evidencia las mayores afectaciones por inestabilidad, una medida definitiva para mitigar el riesgo para estos predios es la reubicación de las construcciones (4) que se encuentran afectadas por el movimiento, como obras complementarias al reasentamiento de las familias que se encuentran en la zona de estudio se proponen obras para la reconfiguración del terreno, empedradización y revegetalización con árboles a fin de disminuir el riesgo de que las personas se reasenten nuevamente en estas áreas. El costo estimado para esta alternativa se presenta en la Ilustración 249.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</p>				
PRESUPUESTO ZONA 1 ALTERNATIVA 3 REUBICACIÓN 4 VIVIENDAS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m²	411	\$ 2,076	\$ 853,088
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.1	Demolición de Estructuras	m³	1206	\$ 130,958	\$ 157,882,471
2.2	Excavación mecánica en material común (incluye cargue)	m³	1808	\$ 13,177	\$ 23,829,835
2.3	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 28 km)	m³	4521	\$ 19,934	\$ 90,121,614
VALOR OBRAS DE ADECUACIÓN Y DEMOLICIÓN					\$ 272,687,008
AIU 30%					\$ 81,806,102
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS DE ADECUACIÓN Y DEMOLICIÓN					\$ 354,493,110
3	Compra de Viviendas				
3.1	Viviendas de la zona de estudio	m²	274	\$ 450,000	\$ 123,300,000
VALOR REPRESENTATIVO ADQUISICIÓN DE VIVIENDAS					\$ 123,300,000
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO ZONA 1 ALTERNATIVA 3 REUBICACIÓN 4 VIVIENDAS					\$ 477,793,110

Ilustración 249 Presupuesto estimado para la Alternativa 3. Reubicación
Fuente: Geocing S.A.S.

Zona 2. Aguas arriba de la Quebrada La Guache. Como se logra evidenciar en la ilustración anterior 35 viviendas y vías que se encuentran en riesgo alto, Igualmente se logra identificar que las construcciones se localizan en inmediaciones a los taludes de corte sobre la carretera que conduce el casco urbano de Acevedo con áreas veredales. Con el fin de presentar medidas de intervención para la mitigación del riesgo alto, se recomienda como medida Estructural.

Por otra parte, se evidencia que existen construcciones ubicadas en los márgenes de la quebrada La Guache (2), las cuales se ven afectadas por movimientos en masa con factor detonante para la inestabilidad el agua respecto al inadecuado manejo de las aguas servidas que se vierten al cauce, situación que genera inestabilidad en la capa superficial del talud; razón por la cual se recomienda como medida de Intervención Estructural:

- Canalización de las aguas servidas y un adecuado descole al sistema de alcantarilla.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Construcción de pozos sépticos para un inicial proceso de tratamiento de las aguas servidas.
- Muros articulados flexibles tipo Gavión de 2.0 m de altura localizados en la base de los cortes para la vía Longitud 80 m.

La alternativa debe contar con un manejo adecuado de las aguas de infiltración y de escorrentía con el fin de evitar las presiones hidrostáticas sobre las obras de contención, además de mitigar y controlar el nivel de agua. El presupuesto se adjunta a continuación en la Ilustración 250.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</p>				
<p>PRESUPUESTO ACEVEDO ALTERNATIVA 1 GAVIÓN</p>					
<p>ÍTEM</p>	<p>DESCRIPCIÓN</p>	<p>UNIDAD</p>	<p>CANTIDAD</p>	<p>VALOR UNITARIO</p>	<p>VALOR TOTAL ÍTEM</p>
<p>1</p>	<p>GENERALIDADES</p>				
<p>1.1</p>	<p>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)</p>	<p>m²</p>	<p>2300</p>	<p>\$ 1,855</p>	<p>\$ 4,265,580</p>
<p>1.2</p>	<p>Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde</p>	<p>ml</p>	<p>722</p>	<p>\$ 10,508</p>	<p>\$ 7,586,805</p>
<p>2</p>	<p>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</p>				
<p>2.1</p>	<p>Excavación para construcción de muro</p>	<p>m³</p>	<p>660.00</p>	<p>\$ 19,198.20</p>	<p>\$ 12,670,812</p>
<p>2.2</p>	<p>Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)</p>	<p>m³</p>	<p>800.00</p>	<p>\$ 19,934</p>	<p>\$ 15,947,200</p>
<p>2.3</p>	<p>Rellenos para estructuras con recebo</p>	<p>m³</p>	<p>81</p>	<p>\$ 51,013</p>	<p>\$ 4,132,053</p>
<p>3</p>	<p>OBRAS DE MITIGACIÓN</p>				
<p>3.5</p>	<p>Gavión de Malla de Alambre de Acero Etrelazado Clase 4; recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC</p>	<p>m³</p>	<p>890.0</p>	<p>\$ 247,959</p>	<p>\$ 220,683,510</p>
<p>3.6</p>	<p>Geotextil tipo no tejido NT-2500</p>	<p>m²</p>	<p>400.0</p>	<p>\$ 8,200</p>	<p>\$ 3,280,000</p>
VALOR REPRESENTATIVO					<p>\$ 268,565,960</p>
AIU 30%					<p>\$ 80,569,788</p>
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					<p>\$ 349,135,748</p>

Ilustración 250. Costos para la Alternativa 1. Gavión
Fuente: Geocing S.A.S.

Zona 3. Zona aledaña Casa Campesina

Se logra identificar que, las construcciones adyacentes a la casa de la Cultura, localizado en las calle 9 con carrera 5, se ven afectadas por un movimientos en masa puntual, al cual ya se han realizado obras de mitigación que actualmente se encuentra fallado, corresponde a un muro en gavión (ver Ilustración 251).



Ilustración 251 Vista lateral de la estructura fallada
Fuente: Geocing S.A.S.

A continuación se presenta el análisis de estabilidad en condición actual de la estructura, evidenciando la falla del Gavión y un aparente estado de equilibrio.

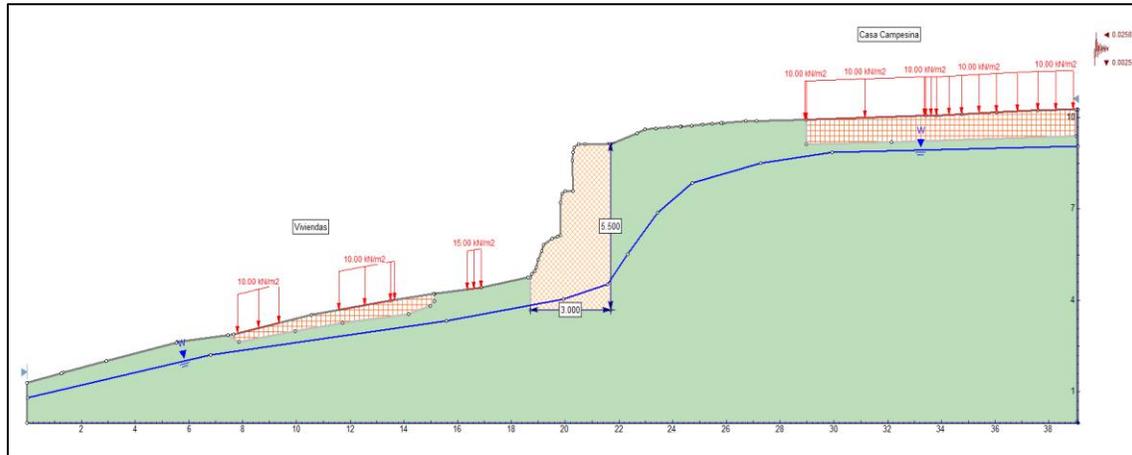


Ilustración 252 Vista transversal de la situación actual del gavión

Fuente: Geocing S.A.S.

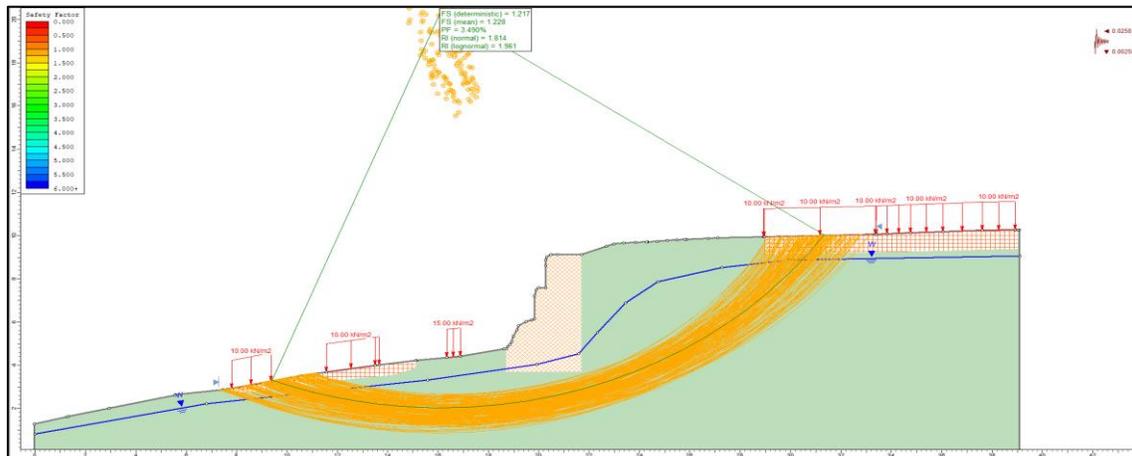


Ilustración 253 Factor de estabilidad de falla FS. 1.2, en razón que el gavión se encuentra deformado en su línea inferior, la probabilidad de falla es del 3.4%.

Fuente: Geocing S.A.S.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente y por lo evidenciado en campo; con el fin de mitigar y controlar este movimiento en masa, se recomiendan a continuación las medidas de intervención estructurales para dicho fin:

- Reconformación del muro en gavión con los materiales pétreos existentes en la estructura actual, pero con reemplazo de la Malla Triple Torsión; la estructura debe tener como mínimo una altura de 5.50 m. Se debe garantizar la colocación de un geodrén en el tras dos del muro de longitud 54 m.
- Construcción de un muro voladizo en concreto con una altura de 5.0 m de longitud 54 m.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

A continuación se presenta el análisis y diseño de las estructuras recomendadas para este punto, posteriormente se presenta en la Ilustración 259 el presupuesto.

Alternativa 1. Reconformación del Gavión H 5.0 m

Las obras de estabilización flexibles con Muros de Contención tipo Gavión, debe hacerse adecuándose a la topografía ascendente o descendente escalonada por terrazas del terreno, y una altura variable con valor máximo del Muro del orden de los 5.0 m, hasta encontrar piso competente colocando geotextil tejido para evitar la filtración de material fino en el gavión.

Para el pre dimensionamiento se recomienda utilizar los siguientes parámetros para la construcción del Diagrama de empujes lateral:

1. Diagrama de empujes triangular utilizando la metodología de Coulomb, con:

$$K_a = (1 - \text{Sen } \emptyset) / (1 + \text{Sen } \emptyset),$$

$$K_p = (1 + \text{Sen } \emptyset) / (1 - \text{Sen } \emptyset).$$

Un peso unitario efectivo de $\gamma's = 1.90 \text{ Ton/m}^3$ (Relleno de material Seleccionado Art. 620 Invias compactado $\emptyset = 32^\circ$).

2. Con los siguientes valores de diseño geotécnico:

$$K_a = (1 - \text{Sen } 32^\circ) / (1 + \text{Sen } 32^\circ) = 0.31$$

$$K_p = (1 + \text{Sen } 32^\circ) / (1 - \text{Sen } 32^\circ) = 3.25$$

$$K_o = (1 - \text{Sen } 32^\circ) = 0.47$$

$$K_{ae} = 0.42$$

El diseño de la estructura cumple con los Factores de Seguridad de acuerdo con el NSR-10, Con base en el pre dimensionamiento, a continuación se presenta la implantación de la estructura en el punto de análisis con el fin de comprobar la estabilidad global.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

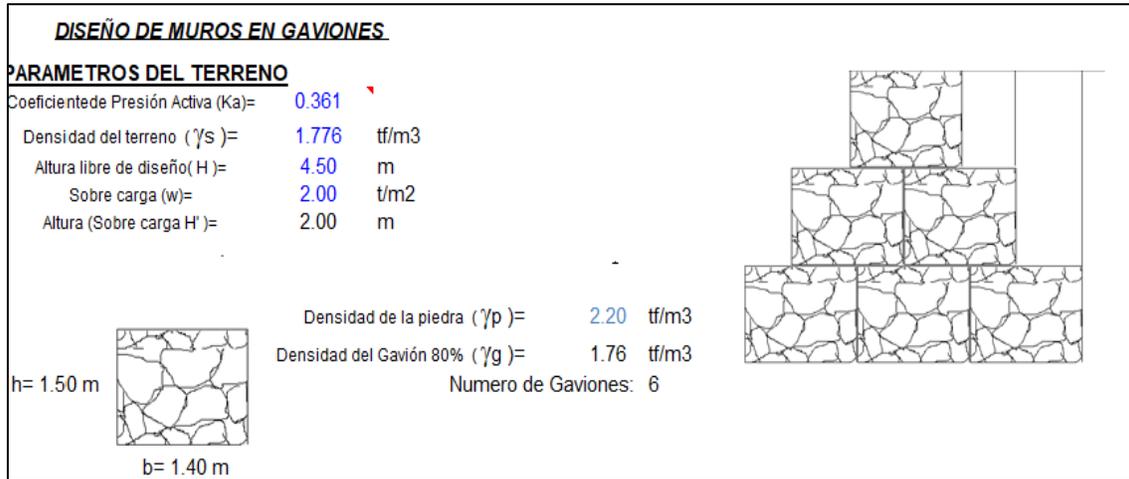


Ilustración 254 Pre dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m.

Fuente: Geocing S.A.S.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

DISTRIBUCION DE PRESIONES
 $P=K_a \cdot \gamma_s \cdot H = 2.885 \text{ t/m/m}$
 $P'=K_a \cdot \gamma_s \cdot H' = 1.28 \text{ t/m/m}$

CALCULO DE EMPUJE ACTIVO
 $E_{pt} = H(P/2 + P') = 12.262 \text{ t/m}$
 $\text{Brazo} = H^2(P/2 + P6)/E_{pt} = 1.85 \text{ m}$

FUERZAS RESISTENTES:

ELEMENTO	FUERZA (tf/m)	BRAZO (m)	MOMENTO (tf*m/m)
Gaviones	23.507	2.100	49.364
Cuñas de Relleno	5.874	3.616	21.242
$\Sigma F_{vo} =$	29.381	$\Sigma M_{vo} =$	70.606

FUERZAS ACTUANTES:
 $\Sigma F_{\gamma} = (E_p - E_a) = 12.262 \text{ t/m}$

MOMENTO POR VOLCAMIENTO
 $\Sigma M_{\gamma} = E_{pt} \cdot \text{brazo} = 22.72 \text{ tf*m/m}$

FACTOR DE SEGURIDAD A VOLCAMIENTO: caso de relleno en un solo lado
 $\Sigma M_{\gamma} / \Sigma M_{vo} = 3.11 \geq 3.00 \quad \text{OK}$

FACTOR DE SEGURIDAD A DESLIZAMIENTO: caso de relleno en un solo lado

$F = f \cdot \Sigma F_{\gamma} = 20.57$
 $f = 0.7$
 $\beta = F / \Sigma F_h = 1.68 \geq 1.60 \quad \text{OK}$

POSICION DE LA RESULTANTE:

PUNTO DE APLICACIÓN DE LA NORMAL
 $x = \Delta \Sigma M_{vo} / \Sigma F_{vo} = \frac{70.606 - 22.720}{29.381} = 1.63 \text{ m}$

CALCULO DE EXENTRIDAD
 $e = (L/2) - x = 1.500 - 1.63 = -0.13 < e_{max} = (L/6) = 0.50 \quad \text{OK}$

Ilustración 255 Pre dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m. Evidencia de Cumplimiento a Capacidad Portante, Deslizamiento, Volcamiento dinámico y estático.
 Fuente: Geocing S.A.S.

Con base en el pre dimensionamiento, a continuación se presenta la implantación de la estructura en concreto en el punto de análisis con el fin de comprobar la estabilidad global.

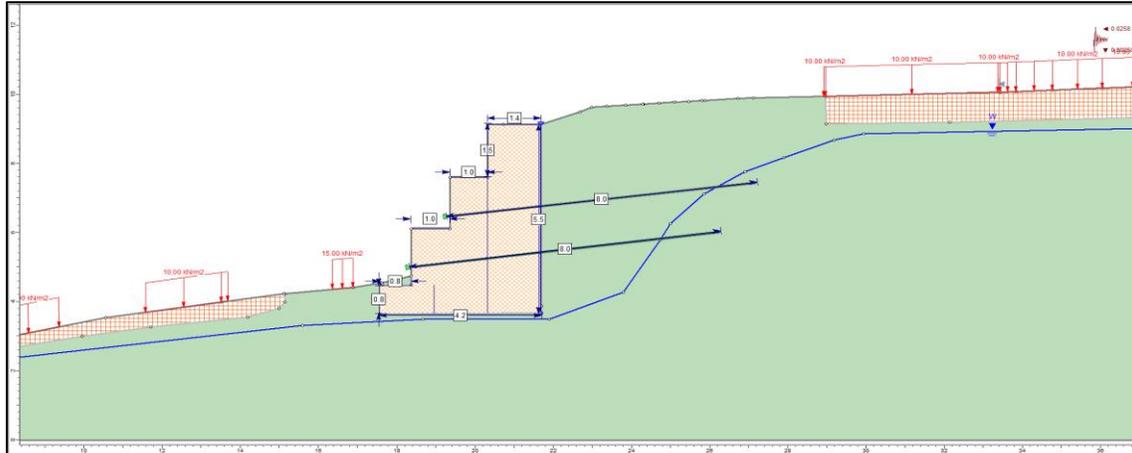


Ilustración 256 Vista transversal reconformación del gavión, con dos drenes horizontales de 8.0 m de longitud
Fuente: Geocing S.A.S.

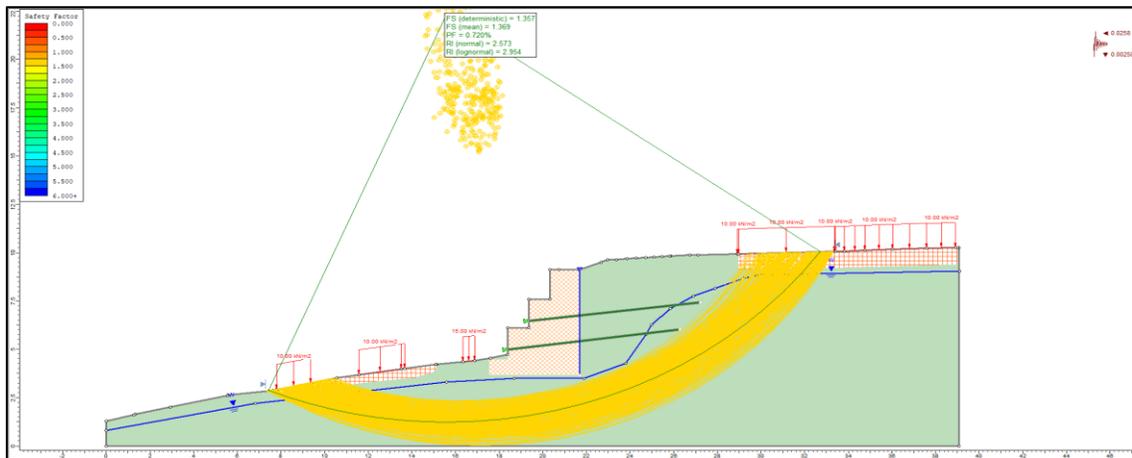


Ilustración 257 Factor de estabilidad de falla FS. 1.3, la probabilidad de falla es del 0.72% en condición pseudoestática
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

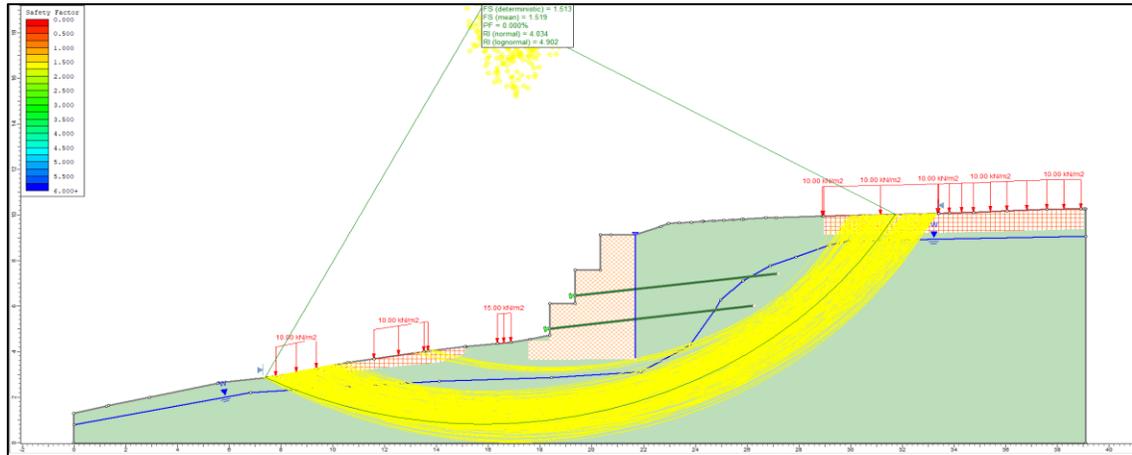


Ilustración 258 Factor de estabilidad de falla FS. 1.5, la probabilidad de falla es del 0 % en condición estática
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</p>				
<p>PRESUPUESTO ACEVEDO ALTERNATIVA 1 GAVIÓN</p>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	2300	\$ 1,855	\$ 4,265,580
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	722	\$ 10,508	\$ 7,586,805
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.1	Excavación para construcción de muro	m ³	660.00	\$ 19,198.20	\$ 12,670,812
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	800.00	\$ 19,934	\$ 15,947,200
2.3	Rellenos para estructuras con recebo	m ³	81	\$ 51,013	\$ 4,132,053
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.5	Gavión de Malla de Alambre de Acero Etrelazado Clase 4; recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC	m ³	890.0	\$ 117,150	\$ 104,263,500
3.6	Geotextil tipo no tejido NT-2500	m ²	400.0	\$ 8,200	\$ 3,280,000
VALOR REPRESENTATIVO					\$ 152,145,950
AIU 30%					\$ 45,643,785
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 197,789,735

Ilustración 259 Tabla costos para la alternativa 1. Muro en Gavión
Fuente: Geocing S.A.S.

Alternativa 2. Muro en concreto H 5.0 m

Con el fin de controlar las fluctuaciones del nivel de agua superficial y subsuperficial se deben instalar drenes horizontales de 12 m de longitud y una inclinación de 4% respecto a la horizontal espaciados cada 5m y de diámetro interior de 2”.

Los drenes horizontales de penetración transversal constituyen un sistema de subdrenaje, que consiste en la introducción de tuberías ranuradas insertadas transversalmente en los taludes de cortes para aliviar la presión de poros; la instalación

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de estos drenes debe regirse bajo lo estipulado en el Artículo 674-07 de INVIAS. Este trabajo comprende la perforación de barrenos en los taludes del proyecto, la instalación de tubería perforada en los mismos, con o sin recubrimiento exterior de la tubería perforada con Geotextil, en los sitios establecidos en los planos o en los que indique el Interventor. En la Ilustración 260 se presenta un esquema de Dren de Penetración Horizontal. Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo en contrario, la tubería de drenaje será de PVC, con diámetro interior de cincuenta milímetros (50 mm).

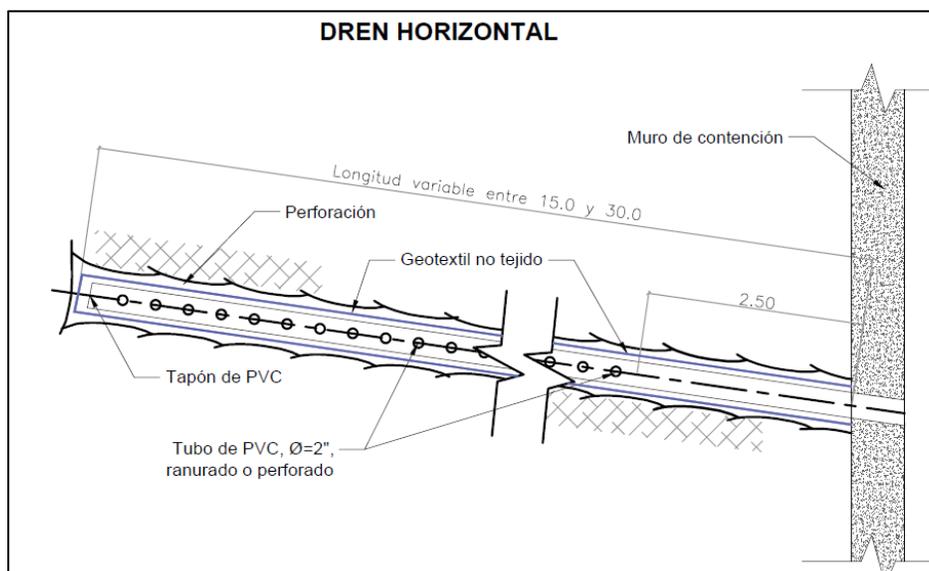


Ilustración 260 Esquema de dren de penetración horizontal
Fuente: Geocing S.A.S.

Los tubos deberán cumplir con la norma ASTM D 2729-96 A “Standard Specifications for Polyvinyl Chloride (PVC) Drainage Pipe” o con la norma AASHTO M 278-02 “Class PS46 Polyvinyl Chloride (PVC) Pipe”.

Las obras de estabilización rígidas con Muros de Contención en Voladizo en concreto deben estar asociadas al sistema/diseño estructural; sin embargo a continuación se presenta el pre dimensionamiento de esta alternativa. En la Ilustración 261 se presenta el esquema de la tipología planteada para estos muros. La proyección de los muros debe hacerse adecuándose a la topografía ascendente o descendente escalonada por terrazas del terreno, y una altura variable con valor máximo del Muro del orden de los 5.0 m, dejando empotramiento de este no menor de 1.0 m, hasta encontrar piso competente colocando un solado de limpieza mortero de espesor 50 mm, con rellenos de restitución con materiales indicados en los planos de construcción. Para el diseño estructural de los Muros de contención, se recomienda utilizar los siguientes parámetros para la construcción del Diagrama de empujes lateral:

H: 5.0	MEMORIA DE CÁLCULO MURO EN CONCRETO ARMADO EN VOLADIZO																																														
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">DATOS GENERALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Q (kN/m²) =</td><td>20.0</td><td>Sobrecarga</td></tr> <tr><td>γ_k (kN/m³) =</td><td>19.0</td><td>Peso Unitario del suelo de relleno</td></tr> <tr><td>φ_k =</td><td>32.0</td><td>Angulo de fricción interna del suelo de relleno</td></tr> <tr><td>γ (kN/m³) =</td><td>17.76</td><td>Peso Unitario del estrato de fundación</td></tr> <tr><td>φ =</td><td>25.00</td><td>Angulo de fricción interna del estrato de fundación</td></tr> <tr><td>C (kN/m²) =</td><td>4.24</td><td>Cohesión del estrato de fundación</td></tr> <tr><td>α (°) =</td><td>0</td><td>Angulo del terreno delante del muro</td></tr> <tr><td>β (°) =</td><td>0</td><td>Angulo del terreno detrás del muro</td></tr> <tr><td>K_{a1} =</td><td>0.36</td><td>K_{a2} = 0.41</td></tr> <tr><td>K_{p1} =</td><td>2.77</td><td>K_{p2} = 2.46</td></tr> <tr><td>σ_{adm} (kN/m²) =</td><td>246.72</td><td>Capacidad portante última</td></tr> <tr><td>A, K_{s1} =</td><td>0.24</td><td>Aceleración pico efectiva</td></tr> <tr><td>δ₁ (°) =</td><td>21.33</td><td>ángulo interacción suelo (relleno) - muro</td></tr> <tr><td>δ₂ (°) =</td><td>16.67</td><td>ángulo interacción suelo (fundación) - muro</td></tr> </tbody> </table>			DATOS GENERALES			Q (kN/m ²) =	20.0	Sobrecarga	γ _k (kN/m ³) =	19.0	Peso Unitario del suelo de relleno	φ _k =	32.0	Angulo de fricción interna del suelo de relleno	γ (kN/m ³) =	17.76	Peso Unitario del estrato de fundación	φ =	25.00	Angulo de fricción interna del estrato de fundación	C (kN/m ²) =	4.24	Cohesión del estrato de fundación	α (°) =	0	Angulo del terreno delante del muro	β (°) =	0	Angulo del terreno detrás del muro	K _{a1} =	0.36	K _{a2} = 0.41	K _{p1} =	2.77	K _{p2} = 2.46	σ _{adm} (kN/m ²) =	246.72	Capacidad portante última	A, K _{s1} =	0.24	Aceleración pico efectiva	δ ₁ (°) =	21.33	ángulo interacción suelo (relleno) - muro	δ ₂ (°) =	16.67	ángulo interacción suelo (fundación) - muro
DATOS GENERALES																																															
Q (kN/m ²) =	20.0	Sobrecarga																																													
γ _k (kN/m ³) =	19.0	Peso Unitario del suelo de relleno																																													
φ _k =	32.0	Angulo de fricción interna del suelo de relleno																																													
γ (kN/m ³) =	17.76	Peso Unitario del estrato de fundación																																													
φ =	25.00	Angulo de fricción interna del estrato de fundación																																													
C (kN/m ²) =	4.24	Cohesión del estrato de fundación																																													
α (°) =	0	Angulo del terreno delante del muro																																													
β (°) =	0	Angulo del terreno detrás del muro																																													
K _{a1} =	0.36	K _{a2} = 0.41																																													
K _{p1} =	2.77	K _{p2} = 2.46																																													
σ _{adm} (kN/m ²) =	246.72	Capacidad portante última																																													
A, K _{s1} =	0.24	Aceleración pico efectiva																																													
δ ₁ (°) =	21.33	ángulo interacción suelo (relleno) - muro																																													
δ ₂ (°) =	16.67	ángulo interacción suelo (fundación) - muro																																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">PREDIMENSIONAMIENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>H_T (m)</td><td>5.00</td><td>Altura Total del Muro</td></tr> <tr><td>H_M (m)</td><td>5.00</td><td>Altura Efectiva Muro</td></tr> <tr><td>h₁ (m)</td><td>0.40</td><td>Espesor de zarpa</td></tr> <tr><td>h₂ (m)</td><td>5.10</td><td>Altura del vástago del Muro</td></tr> <tr><td>B (m)</td><td>4.21</td><td>Ancho total de zarpa</td></tr> <tr><td>b₁ (m)</td><td>1.41</td><td>Punta del Muro</td></tr> <tr><td>b₂ (m)</td><td>0.40</td><td>Ancho del vástago del muro.</td></tr> <tr><td>b₃ (m)</td><td>2.40</td><td>Talón del muro</td></tr> <tr><td>b₄ (m)</td><td>0.30</td><td>Corona del muro</td></tr> <tr><td>Pa (KN/m)</td><td>88.00</td><td>Empuje activo</td></tr> <tr><td>Pav (KN/m)</td><td>32.01</td><td>Componete Vertical del empuje activo</td></tr> <tr><td>Pah (KN/m)</td><td>81.97</td><td>Componete horizontal del empuje</td></tr> <tr><td>h' (m)</td><td>0.00</td><td>Altura talud inclinado</td></tr> <tr><td>h'' (m)</td><td>1.05</td><td>Altura equivalente por sobrecarga aplicada</td></tr> </tbody> </table>			PREDIMENSIONAMIENTO			H _T (m)	5.00	Altura Total del Muro	H _M (m)	5.00	Altura Efectiva Muro	h ₁ (m)	0.40	Espesor de zarpa	h ₂ (m)	5.10	Altura del vástago del Muro	B (m)	4.21	Ancho total de zarpa	b ₁ (m)	1.41	Punta del Muro	b ₂ (m)	0.40	Ancho del vástago del muro.	b ₃ (m)	2.40	Talón del muro	b ₄ (m)	0.30	Corona del muro	Pa (KN/m)	88.00	Empuje activo	Pav (KN/m)	32.01	Componete Vertical del empuje activo	Pah (KN/m)	81.97	Componete horizontal del empuje	h' (m)	0.00	Altura talud inclinado	h'' (m)	1.05	Altura equivalente por sobrecarga aplicada
PREDIMENSIONAMIENTO																																															
H _T (m)	5.00	Altura Total del Muro																																													
H _M (m)	5.00	Altura Efectiva Muro																																													
h ₁ (m)	0.40	Espesor de zarpa																																													
h ₂ (m)	5.10	Altura del vástago del Muro																																													
B (m)	4.21	Ancho total de zarpa																																													
b ₁ (m)	1.41	Punta del Muro																																													
b ₂ (m)	0.40	Ancho del vástago del muro.																																													
b ₃ (m)	2.40	Talón del muro																																													
b ₄ (m)	0.30	Corona del muro																																													
Pa (KN/m)	88.00	Empuje activo																																													
Pav (KN/m)	32.01	Componete Vertical del empuje activo																																													
Pah (KN/m)	81.97	Componete horizontal del empuje																																													
h' (m)	0.00	Altura talud inclinado																																													
h'' (m)	1.05	Altura equivalente por sobrecarga aplicada																																													
		<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th>NSR-10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>FS Capacidad Portante (Mínimo)</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>FS_E Deslizamiento (Mínimo)</td><td>1.60</td></tr> <tr><td>FS_{SE} Deslizamiento (Mínimo)</td><td>1.05</td></tr> <tr><td>FS_E Volcamiento (Mínimo)</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>FS_{SE} Volcamiento (Mínimo)</td><td>2.00</td></tr> </tbody> </table>		NSR-10	FS Capacidad Portante (Mínimo)	3.00	FS _E Deslizamiento (Mínimo)	1.60	FS _{SE} Deslizamiento (Mínimo)	1.05	FS _E Volcamiento (Mínimo)	3.00	FS _{SE} Volcamiento (Mínimo)	2.00																																	
	NSR-10																																														
FS Capacidad Portante (Mínimo)	3.00																																														
FS _E Deslizamiento (Mínimo)	1.60																																														
FS _{SE} Deslizamiento (Mínimo)	1.05																																														
FS _E Volcamiento (Mínimo)	3.00																																														
FS _{SE} Volcamiento (Mínimo)	2.00																																														

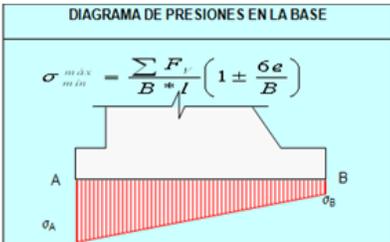
Ilustración 262 Dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m.
Fuente: Geocing S.A.S.

No.	ALTURA (m)	BASE (m)	AREA (m ²)	γ (kN/m ³)	PESO (KN/m)	Brazo (m)	M estabilizante KN-m	M inestabilizante KN-m	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD (Volcamiento)			
W1	4.60	0.30	1.38	24.00	33.12	1.56	51.7		Σ=Momento Estabilizante	1142.2		
W2	4.60	0.10	0.23	24.00	5.52	2.54	14.0					
W3	0.40	4.21	1.68	24.00	40.42	2.11	85.1		Σ=Momento Inestabilizante	226.9		
W4	5.10	2.40	12.24	19.00	232.56	3.01	700.0					
W5	5.10	0.10	0.26	19.00	4.85	1.78	8.6		FS Volcamiento	5.03		
W6	0.00	2.50	0.00	19.00	0.00	3.38	0.0					
W7	1.05	2.50	2.63	19.00	50.00	2.96	148.0		Cumple			
					Pav	32.01	4.21	134.8				
Σ Momentos estabilizantes								1142.2				
							Pah	81.97	1.67	136.62		
							Pah	36.10	2.50	90.26		
Σ Momentos inestabilizantes									226.88			
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD (Deslizamiento)				Cálculo de Capacidad Portante				VERIFICACIÓN ESTABILIDAD INTERNA				
K ₁	0.39	ΣF _v	398.48	γ ₂ (kN/m ³)		17.8	Σ-M _{laterales} (KN-m)	915.30	Esfuerzo Reacción (KN/m)			
K ₂	0.30	ΣF _h	81.97	C ₂ (kN/m ²)		4.2	Σ-F _{verticales}	398.48	Max (punta)	68.75	Min (talón)	120.55
FS al Deslizamiento				φ ₂ (°) Estrato de fundación		25.0	B/2 (m)	2.105	Capacidad Portante			
	1.60			Df (m)		1.00	Excentricidad (m)	-0.19	FS			
Cumple			β (°)		0.0	B/6 (m)	0.70	Capacidad Portante				
			qL		17.76				6.14			
Hilave +zarpa + Desplante			No requiere llave	NqL		10.66				Cumple		
Hilave			0.00	σ _{ult} (kN/m ²)		740.15						
				σ _{adm} (kN/m ²)		246.72						

Ilustración 263 Dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m. Evidencia de Cumplimiento a Capacidad Portante, Deslizamiento, Volcamiento estático
Fuente: Geocing S.A.S.

No.	ALTURA (m)	BASE (m)	AREA (m ²)	γ (kN/m ³)	PESO (KN/m)	Brazo (m)	M estabilizante KN-m	M inestabilizante KN-m	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD (Volcamiento)		
W1	4.60	0.30	1.38	24.00	33.12	1.56	51.7		Σ-Momento Estabilizante	1142.2	
W2	4.60	0.10	0.23	24.00	5.52	2.54	14.0				
W3	0.40	4.21	1.68	24.00	40.42	2.11	85.1		Σ-Momento Inestabilizante	226.9	
W4	5.10	2.40	12.24	19.00	232.56	3.01	700.0				
W5	5.10	0.10	0.26	19.00	4.85	1.78	8.6		FS	5.03	
W6	0.00	2.50	0.00	19.00	0.00	3.38	0.0				
W7	1.05	2.50	2.63	19.00	50.00	2.96	148.0		Volcamiento	Cumple	
					Pav	32.01	4.21	134.8			
Σ Momentos estabilizantes								1142.2			
							PaH	81.97	1.67	136.62	
							PvH	36.10	2.50	90.26	
Σ Momentos inestabilizantes									226.88		
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD (Deslizamiento)				Cálculo de Capacidad Portante			VERIFICACIÓN ESTABILIDAD INTERNA				
K ₁	0.39	ΣFu	398.48	c ₂ (KN/m ²)	17.8	Σ-M _{horizontal} (KN-m)	915.30	Esfuerzo Reacción (KN/m)			
K ₂	0.30	ΣFh	81.97	C ₂ (KN/m ²)	4.2	Σ-Fuerciales	398.48	Max (punta)	Min (talón)		
FS al Deslizamiento			1.60	φ ₂ (°) Estrato de fundación	25.0	X _a (m)	2.30	68.75	120.55		
			Cumple	Df (m)	1.00	Ecentricidad (m)	-0.19	Capacidad Portante			
				β (°)	0.0	B/6 (m)	0.70	FS		6.14	
				qL	17.76			Capacidad Portante		Cumple	
Hllave +zarpa + Desplante			No requiere llave	NqL	10.66						
Hllave			0.00	σult (KN/m ²)	740.15						
				σadm (KN/m ²)	246.72						

FORMULAS PARA EL CALCULO DE Ka	
COULOMB:	$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$
MAYNIE:	$K_a = \frac{\cos^2 \phi'}{\cos \delta' \left(1 + \frac{\sin(\phi' + \delta') \sin \phi'}{\cos \delta'} \right)^2}$
MULLER - BRESLAU:	$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi')}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta') \left(1 + \frac{\sin(\phi' + \delta') \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta') \sin(\alpha + \beta)} \right)^2}$
MONONOBE - OKABE:	$K_a = \frac{(1 - a) \sin(\alpha + \phi - \psi)}{\cos \psi \sin \alpha \sin(\alpha - \beta - \psi) \left(1 + \frac{\sin(\phi + \beta) \sin(\phi - \psi)}{\sin(\alpha - \beta) \sin(\alpha + \beta)} \right)}$
	$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1-a)} \right)$

DIAGRAMA DE PRESIONES EN LA BASE			
$\sigma_{max/min} = \frac{\sum F_v}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$			
			

Cheque al deslizamiento - situación Seudoestática			
Mononobe - Okabe			
VALORES DE Ka			
φ'	α	β	δ'
32.0	90	0	16.67
Coulomb:		Ka =	0.307
Mononobe - Okabe:		Da =	2.240
Mononobe - Okabe:		Kae =	0.428
a _h (g) ²	0.24	a _v (g) ²	0.16
		ψ' =	15.945

Verificación al Deslizamiento - Seudoestático		Verificación al Volcamiento - Seudoestático	
FS Deslizamiento St	1.61	FS Volcamiento St	4.71
Altura llave	No Requiere Llave		Cumple

Ilustración 264 Pre dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 5.0 m. Evidencia de Cumplimiento a Capacidad Portante, Deslizamiento, Volcamiento dinámico.
Fuente: Geocing S.A.S.

Con base en el dimensionamiento, a continuación se presenta la implantación de la estructura en concreto en el punto de análisis con el fin de comprobar la estabilidad global.

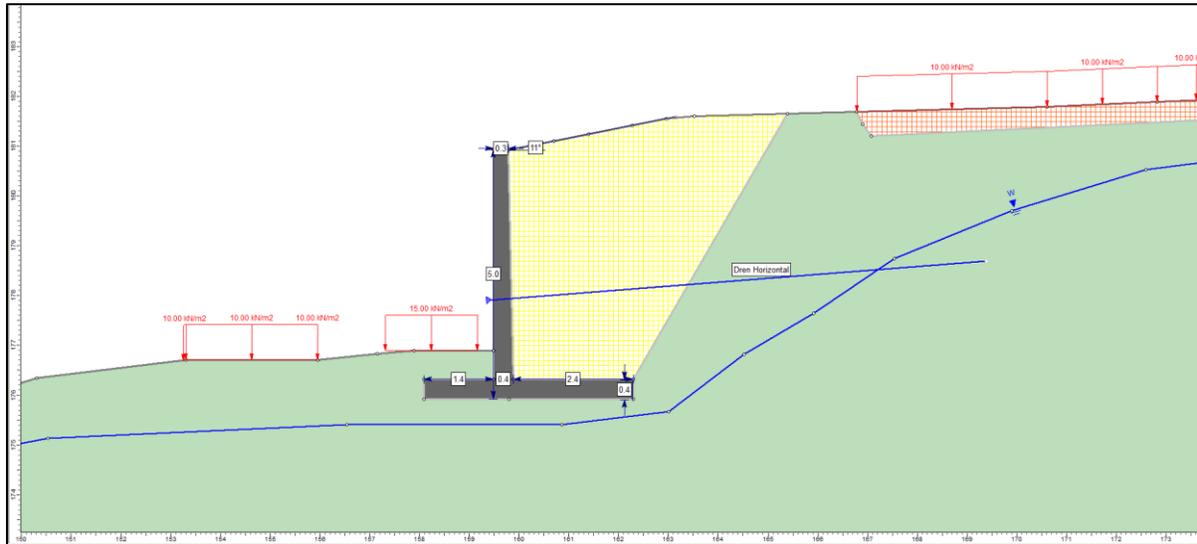


Ilustración 265 Vista transversal muro en voladizo con una batería de drenes horizontales de 12.0 m de longitud

Fuente: Geocing S.A.S.

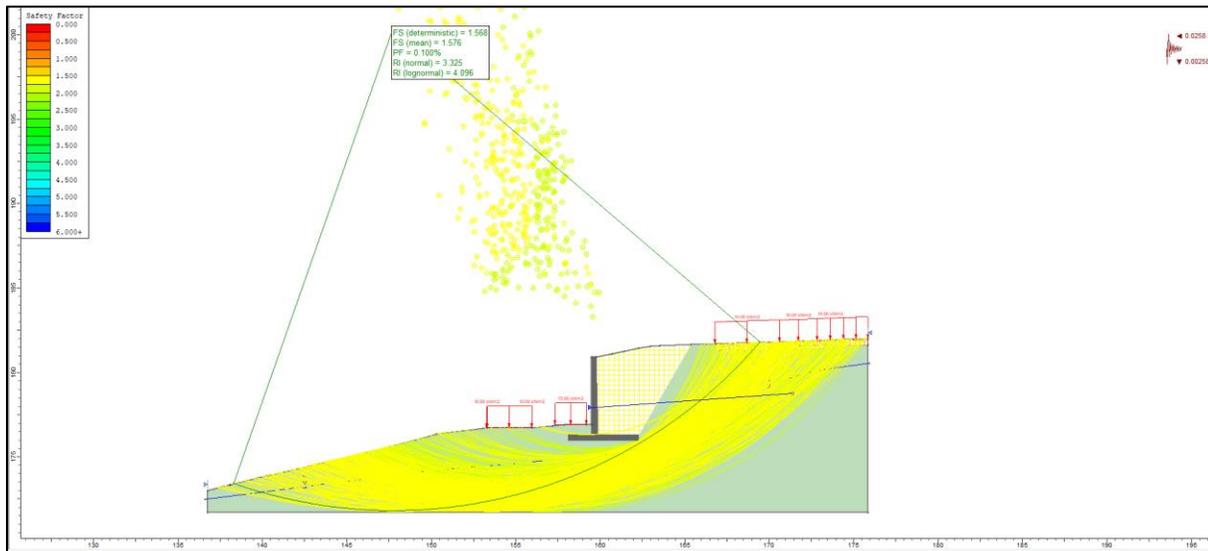


Ilustración 266 Factor de estabilidad de falla FS. 1.56, la probabilidad de falla es del 0.1 % en condición pseudoestática

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

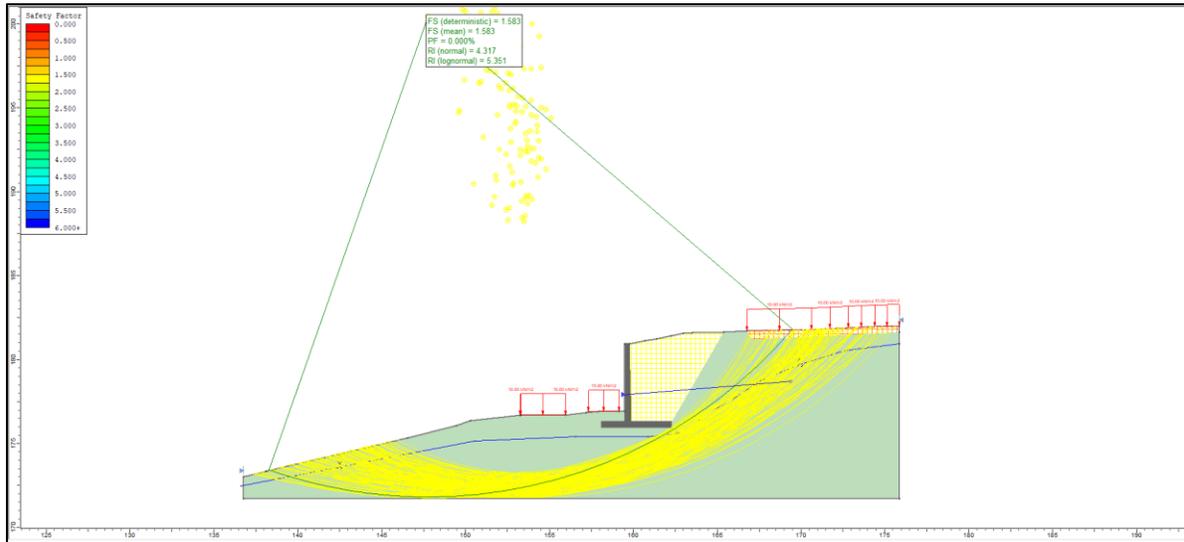


Ilustración 267 Factor de estabilidad de falla FS. 1.83, la probabilidad de falla es del 0 % en condición estática
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>				
PRESUPUESTO ALTERNATIVA 2 MURO EN CONCRETO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	2250	\$ 1,855	\$ 4,172,850
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	725	\$ 10,508	\$ 7,618,329
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.1	Excavación para construcción de muro	m ³	1000.00	\$ 19,198.20	\$ 19,198,200
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	1115.00	\$ 19,934	\$ 22,226,410
2.3	Rellenos para estructuras con recebo	m ³	940	\$ 51,013	\$ 47,952,220
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.1	Concreto 4000 psi para muros	m ³	162	\$ 534,310	\$ 86,558,220
3.2	Acero de refuerzo Fy=420 Mpa	kg	6350.00	\$ 4,964	\$ 31,521,400
3.3	Drenes de penetración Horizontal PVC 2" (12m)	Gb	5.00	\$ 61,500	\$ 307,500
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO ALTERNATIVA 2 MURO EN CONCRETO					\$ 219,555,129
AIU 30%					\$ 65,866,539
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 285,421,668

Ilustración 268 Costos para Alternativa 2. Muro en concreto
Fuente: Geocing S.A.S.

Zona 4. Aguas abajo de la Quebrada La Guache, como se logra evidenciar en la ilustración, existe un movimiento en masa tipo deslizamiento rotacional de longitud 47.0 m, el cual se encuentra en estado activo, con afectación a tres viviendas localizadas en la pata del deslizamiento; con el fin de presentar medidas de intervención para la mitigación del riesgo alto, se recomienda como medida estructural, estas ubicadas en planta como se puede ver a continuación:

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

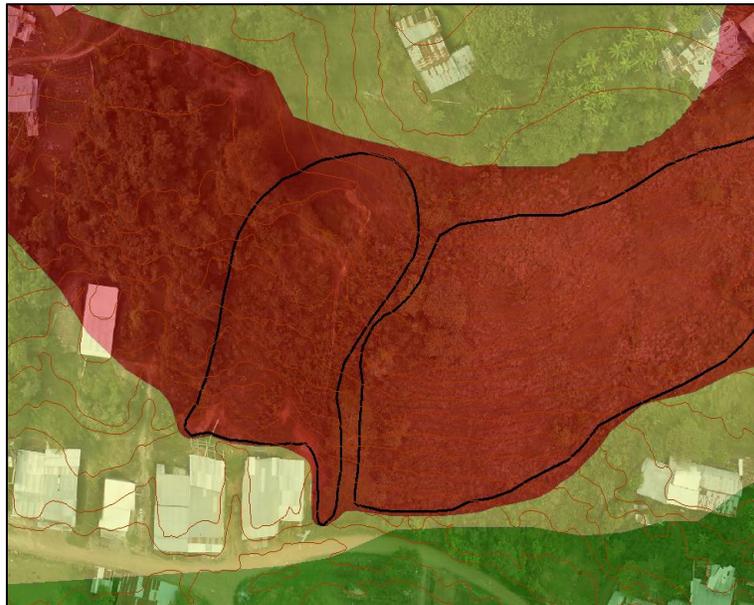


Ilustración 269 Vista del movimiento en masa tipo deslizamiento rotacional
Fuente: Geocing S.A.S.

Como alternativa inicial en esta zona se recomienda la reubicación de los tres predios C0163, C0164 C0165 como medida de mitigación definitiva.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</p>				
<p>PRESUPUESTO ZONA 4 ALTERNATIVA 1 REUBICACIÓN 3 VIVIENDAS</p>					
<p>ÍTEM</p>	<p>DESCRIPCIÓN</p>	<p>UNIDAD</p>	<p>CANTIDAD</p>	<p>VALOR UNITARIO</p>	<p>VALOR TOTAL ÍTEM</p>
<p>1</p>	<p>GENERALIDADES</p>				
<p>1.1</p>	<p>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)</p>	<p>m²</p>	<p>561</p>	<p>\$ 2,076</p>	<p>\$ 1,164,434</p>
<p>2</p>	<p>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</p>				
<p>2.1</p>	<p>Demolición de Estructuras</p>	<p>m³</p>	<p>1646</p>	<p>\$ 130,958</p>	<p>\$ 215,503,810</p>
<p>2.2</p>	<p>Excavación mecánica en material común (incluye cargue)</p>	<p>m³</p>	<p>2468</p>	<p>\$ 13,177</p>	<p>\$ 32,526,855</p>
<p>2.3</p>	<p>Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 28 km)</p>	<p>m³</p>	<p>6171</p>	<p>\$ 19,934</p>	<p>\$ 123,012,714</p>
<p>VALOR OBRAS DE ADECUACIÓN Y DEMOLICIÓN</p>					<p>\$ 372,207,813</p>
<p>AIU 30%</p>					<p>\$ 111,662,344</p>
<p>VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS DE ADECUACIÓN Y DEMOLICIÓN</p>					<p>\$ 483,870,157</p>
<p>3</p>	<p>Compra de Viviendas</p>				
<p>3.1</p>	<p>Viviendas de la zona de estudio</p>	<p>m²</p>	<p>374</p>	<p>\$ 450,000</p>	<p>\$ 168,300,000</p>
<p>VALOR REPRESENTATIVO ADQUISICIÓN DE VIVIENDAS</p>					<p>\$ 168,300,000</p>
<p>VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO ZONA 4 ALTERNATIVA 1 REUBICACIÓN 3 VIVIENDAS</p>					<p>\$ 652,170,157</p>

Ilustración 270 Presupuesto estimado para Alternativa 1 Reubicación de tres viviendas.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Alternativa 1. Conformación del Gavión H 2.0 m

Las obras de estabilización flexibles con Muros de Contención tipo Gavión, debe hacerse adecuándose a la topografía ascendente o descendente escalonada por terrazas del terreno, y una altura variable con valor máximo del Muro del orden de los 2.0 m, hasta encontrar piso competente colocando geotextil tejido para evitar la filtración de material fino en el gavión.

Para el pre dimensionamiento se recomienda utilizar los siguientes parámetros para la construcción del Diagrama de empujes lateral:

1. Diagrama de empujes triangular utilizando la metodología de Coulomb, con:

$$K_a = (1 - \text{Sen } \emptyset) / (1 + \text{Sen } \emptyset),$$

$$K_p = (1 + \text{Sen } \emptyset) / (1 - \text{Sen } \emptyset).$$

Un peso unitario efectivo de $\gamma' = 1.90 \text{ Ton/m}^3$ (Relleno de material Seleccionado Art. 620 Invias compactado $\emptyset = 32^\circ$).

2. Con los siguientes valores de diseño geotécnico:

$$K_a = (1 - \text{Sen } 32^\circ) / (1 + \text{Sen } 32^\circ) = 0.31$$

$$K_p = (1 + \text{Sen } 32^\circ) / (1 - \text{Sen } 32^\circ) = 3.25$$

$$K_o = (1 - \text{Sen } 32^\circ) = 0.47$$

$$K_{ae} = 0.42$$

El diseño de la estructura cumple con los Factores de Seguridad de acuerdo con el NSR-10, Con base en el pre dimensionamiento, a continuación se presenta la implantación de la estructura en el punto de análisis con el fin de comprobar la estabilidad global.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”

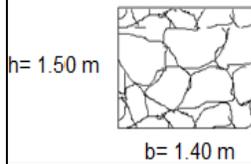


INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

DISEÑO DE MUROS EN GAVIONES

PARAMETROS DEL TERRENO

Coeficiente de Presión Activa (K_a)= 0.361
Densidad del terreno (γ_s)= 1.776 tf/m³
Altura libre de diseño (H)= 4.50 m
Sobre carga (w)= 2.00 t/m²
Altura (Sobre carga H')= 2.00 m



Densidad de la piedra (γ_p)= 2.20 tf/m³
Densidad del Gavión 80% (γ_g)= 1.76 tf/m³
Numero de Gaviones: 6

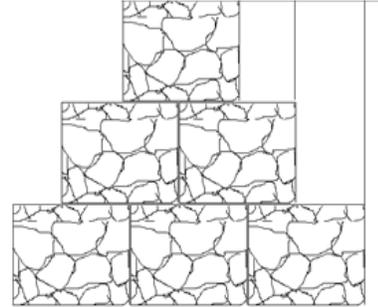


Ilustración 271 Pre dimensionamiento del Muro en gavión de H: 2.0 m.

Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

DISTRIBUCION DE PRESIONES

$P = K_a \cdot \gamma_s \cdot H = 2.885 \text{ t/m/m}$
 $P' = K_a \cdot \gamma_s \cdot H' = 1.28 \text{ t/m/m}$

CALCULO DE EMPUJE ACTIVO

$E_{pt} = H(P/2 + P') = 12.262 \text{ t/m}$
 $\text{Brazo} = H^2(P/2 + P_6) / E_{pt} = 1.85 \text{ m}$

FUERZAS RESISTENTES:

ELEMENTO	FUERZA (tf/m)	BRAZO (m)	MOMENTO (tf*m/m)
Gaviones	23.507	2.100	49.364
Cuñas de Relleno	5.874	3.616	21.242
$\Sigma F_{vo} =$	29.381	$\Sigma M_{vo} =$	70.606

FUERZAS ACTUANTES:

$\Sigma F_{\gamma} = (E_p - E_a) = 12.262 \text{ t/m}$

MOMENTO POR VOLCAMIENTO
 $\Sigma M_{\gamma} = E_{pt} \cdot \text{brazo} = 22.72 \text{ tf*m/m}$

FACTOR DE SEGURIDAD A VOLCAMIENTO: caso de relleno en un solo lado
 $\Sigma M_{\gamma} / \Sigma M_{vo} = 3.11 \geq 3.00 \quad \text{OK}$

FACTOR DE SEGURIDAD A DESLIZAMIENTO: caso de relleno en un solo lado

$F = f \cdot \Sigma FV = 20.57$
 $f = 0.7$
 $\beta = F / \Sigma Fh = 1.68 \geq 1.60 \quad \text{OK}$

POSICION DE LA RESULTANTE:

PUNTO DE APLICACIÓN DE LA NORMAL
 $x = \Delta \Sigma M_{vo} / \Sigma F_{vo} = \frac{70.606 - 22.720}{29.381} = 1.63 \text{ m}$

CALCULO DE EXENTRIDAD
 $e = (L/2) - x = 1.500 - 1.63 = -0.13 < e_{max} = (L/6) = 0.50 \quad \text{OK}$

Ilustración 272 Pre dimensionamiento del Muro en Voladizo de H: 2.0 m. Evidencia de Cumplimiento a Capacidad Portante, Deslizamiento, Volcamiento dinámico y estático. Fuente: Geocing S.A.S.

Con base en el pre dimensionamiento, a continuación se presenta la implantación de la estructura en concreto en el punto de análisis con el fin de comprobar la estabilidad global. A partir de los análisis realizados se observa que el terreno presenta una grieta de aproximadamente 4 metros de profundidad saturada, con un escarpe de aproximadamente 5 metros inicialmente se observa que el perfil se encuentra estable bajo esos parámetros, pero se requiere de un proceso de estabilidad para mejorar las condiciones de la zona y evitar que el movimiento se active y genere nuevas afectaciones por lo tanto se plantea un terracedo con una inclinación de 19° con un ancho de berma de 3 metros. El planteamiento se puede ver a continuación:

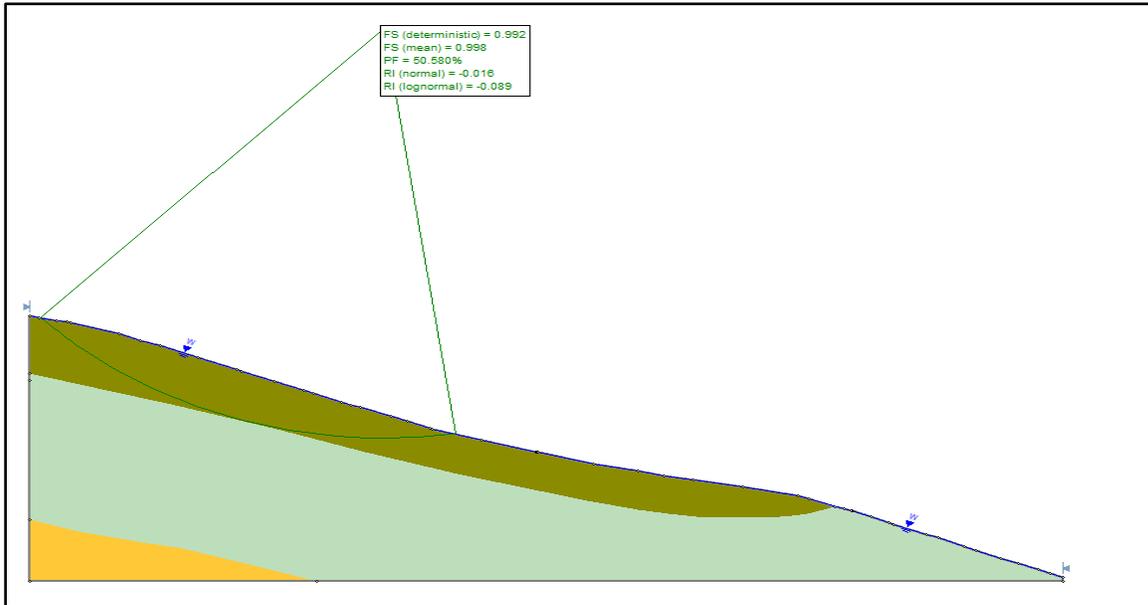


Ilustración 273 Perfil actual de movimiento en masa
Fuente: Geocing S.A.S.

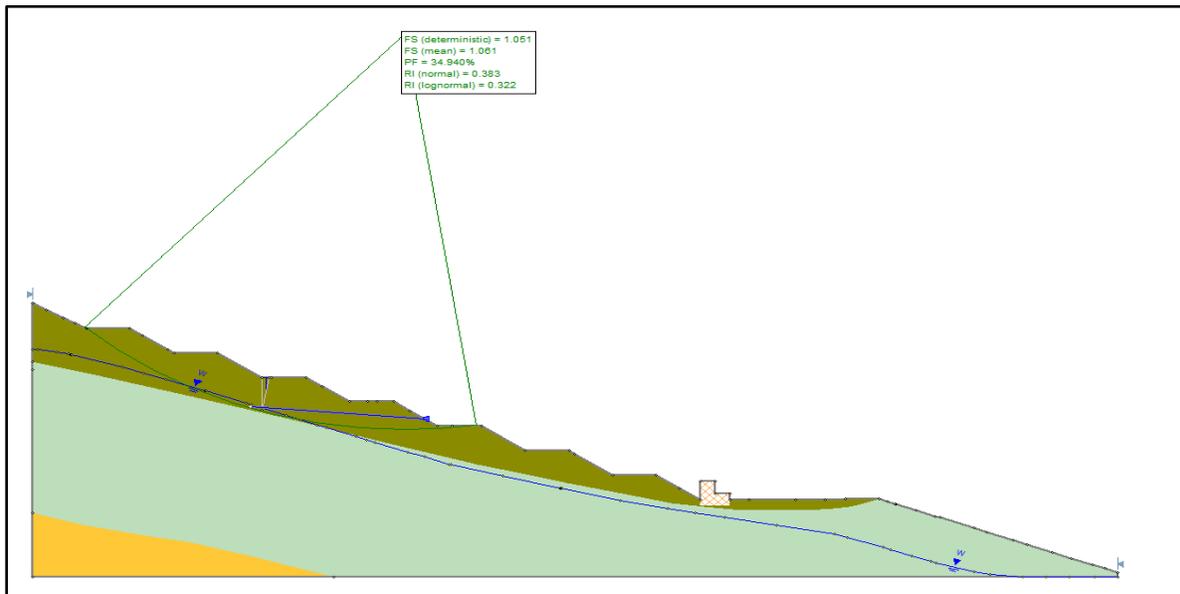


Ilustración 274 Vista transversal reconfiguración del deslizamiento y la implantación de un muro en gavión
Fuente: Geocing S.A.S.

A continuación se presenta el presupuesto estimado para el terraceo del deslizamiento, dren horizontal y la implantación de muro en gavión

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015</p>	
--	---	--

PRESUPUESTO ZONA 4 ALTERNATIVA 2 GAVIÓN

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	2250	\$ 2,076	\$ 4,670,100
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	725	\$ 10,300	\$ 7,467,660
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.1	Excavación en material seleccionado	m ³	135.00	\$ 19,198.20	\$ 2,591,757
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	745.00	\$ 19,934	\$ 14,850,830
2.3	Rellenos para estructuras con recebo	m ³	50	\$ 23,237	\$ 1,161,871
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.5	Gavión de Malla de Alambre de Acero Etrelazado Clase 4; recubrimiento de aleación Zn-5A1-MM y PVC	m ³	1140.0	\$ 181,964	\$ 207,438,595
3.6	Geotextil tipo no tejido NT-2500	m ²	230.0	\$ 6,205	\$ 1,427,229
VALOR REPRESENTATIVO					\$ 239,608,042
AIU 30%					\$ 71,882,413
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 311,490,455

Ilustración 275 Presupuesto estimado para la Alternativa 2 Gavión
Fuente: Geocing S.A.S.

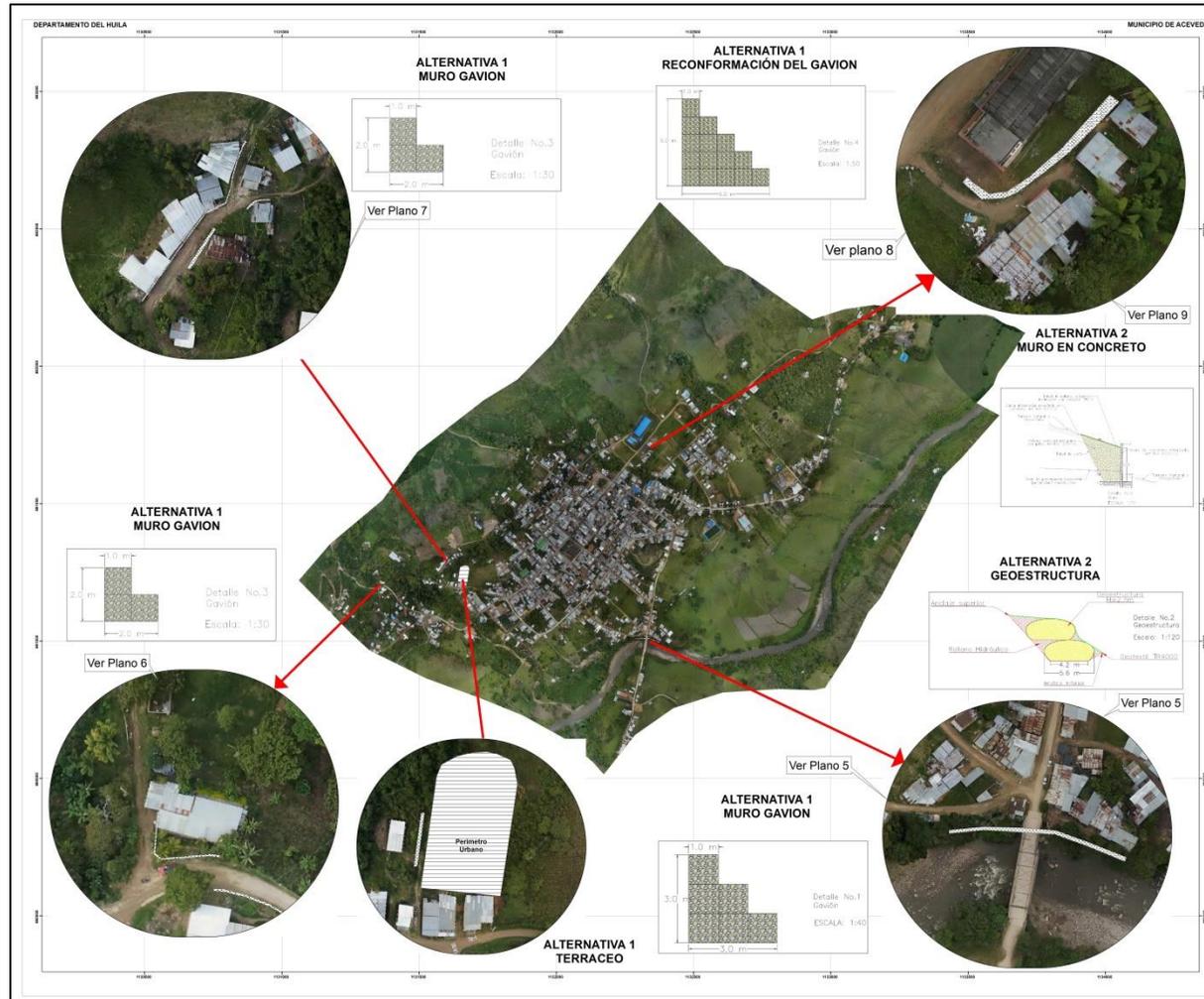


Ilustración 276 Localización de obras de mitigación por Movimientos en Masa
Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
 Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
 Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

17.2 INUNDACIÓN

De acuerdo a los análisis de amenaza y riesgo por Inundación, se logran identificar los predios / construcción categorizadas en riesgo alto por este evento; De acuerdo a lo anterior, se deben proponer las medidas de intervención con el fin de mitigar los escenarios en condición de riesgo alto en las zonas.

17.2.1 Medidas Estructurales

Las medidas estructurales están planteadas en los puntos en los cuales se identifican predios categorizados en riesgo alto ante la ocurrencia de un evento de Inundación, enlistados por cada una de las quebradas existentes:

- **Quebrada la Guache**

Como se muestra en la siguiente Ilustración 277, se presentan 3 viviendas en dirección del flujo según el mapa de riesgo que se encuentran categorizadas en riesgo alto ante el evento de Inundación.



Ilustración 277 Localización de viviendas en riesgo alto por inundación de la quebrada la Guache.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

A lo largo de la quebrada La Guache se presentan puntos de paso del flujo por estructuras hidráulicas que al reducir el área de la sección hidráulica tiene como consecuencia el aumento de la lámina de agua generando desbordamiento, por esto, se consideran puntos críticos por inundación los mostrados en la Ilustración 278.



Ilustración 278 Puntos críticos en la quebrada La Guache para un periodo de retorno de 100 años.
Fuente: Geocing S.A.S

El **punto crítico 1**, se localiza en el puente que comunica el casco urbano de Acevedo con el municipio de Pitalito sobre la calle 11, como resultado del análisis por ocurrencia de Inundación en un periodo de retorno de 100 años, se calcula que, sobre la superestructura, ante la ocurrencia del evento esta lámina tendría una altura de aprox. 1 metro, generando como consecuencia un desbordamiento del cauce de 20 a 25 metros a los costados de la quebrada esto se debe al represamiento producido por la estructura. Dado lo anterior se proponen dos alternativas para la mitigación del riesgo

- **Alternativa 1: Limpieza y dragado del cauce 200 m aguas arriba y aguas abajo**

Como presupuesto estimado para la alternativa 1, se presenta la siguiente Ilustración 279, donde se observa las actividades principales para la ejecución de del mantenimiento y drago de 200 m aguas arriba del puente ubicado en la quebrada la Guache.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>																																																																			
<p align="center">PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 1 DRAGADO</p>																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍTEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>VALOR UNITARIO</th> <th>VALOR TOTAL ÍTEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GENERALIDADES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales (GAC)</td> <td>m²</td> <td>374</td> <td>\$ 2,076</td> <td>\$ 777,105</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)</td> <td>m³</td> <td>5000</td> <td>\$ 19,934</td> <td>\$ 99,670,000</td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>Dragado de material sedimentario de 200 m y encauzamineto</td> <td>m³</td> <td>3500</td> <td>\$ 11,198.20</td> <td>\$ 39,193,700</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>OBRAS DE MITIGACIÓN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>retiro de maleza a la entrada durante y salida del puente</td> <td>m²</td> <td>500</td> <td>\$ 150,089</td> <td>\$ 75,044,500</td> </tr> <tr> <td colspan="5">VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 1 DRAGADO</td> <td>\$ 214,685,305</td> </tr> <tr> <td colspan="5">AIU 30%</td> <td>\$ 64,405,591</td> </tr> <tr> <td colspan="5">VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</td> <td>\$ 279,090,896</td> </tr> </tbody> </table>	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM	1	GENERALIDADES					1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales (GAC)	m ²	374	\$ 2,076	\$ 777,105	2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL					2.2	Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	5000	\$ 19,934	\$ 99,670,000	2.4	Dragado de material sedimentario de 200 m y encauzamineto	m ³	3500	\$ 11,198.20	\$ 39,193,700	3	OBRAS DE MITIGACIÓN					3.5	retiro de maleza a la entrada durante y salida del puente	m ²	500	\$ 150,089	\$ 75,044,500	VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 1 DRAGADO					\$ 214,685,305	AIU 30%					\$ 64,405,591	VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 279,090,896		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM																																																															
1	GENERALIDADES																																																																			
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales (GAC)	m ²	374	\$ 2,076	\$ 777,105																																																															
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL																																																																			
2.2	Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	5000	\$ 19,934	\$ 99,670,000																																																															
2.4	Dragado de material sedimentario de 200 m y encauzamineto	m ³	3500	\$ 11,198.20	\$ 39,193,700																																																															
3	OBRAS DE MITIGACIÓN																																																																			
3.5	retiro de maleza a la entrada durante y salida del puente	m ²	500	\$ 150,089	\$ 75,044,500																																																															
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 1 DRAGADO					\$ 214,685,305																																																															
AIU 30%					\$ 64,405,591																																																															
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 279,090,896																																																															

Ilustración 279 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 1
Fuente: Geocing S.A.S

- **Alternativa 2:** Se debe realizar una ampliación del puente que deberá ser diseñado con los caudales óptimos con los cuales no verse afectado por la ocurrencia de eventos tipo Inundación y/o avenida torrencial y garantizar la vida útil y servicio de la estructura durante el evento. Esta alternativa se plantea como la solución definitiva, ya que este puente es histórico a verse afectado por eventos de inundación y avenida Torrencial, dejando incomunicado parte del casco urbano.

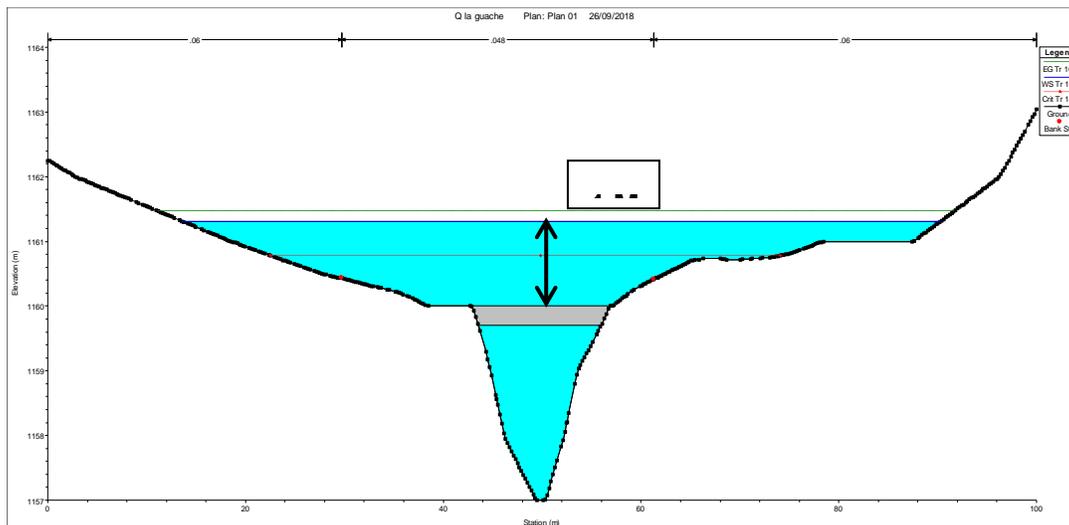


Ilustración 280. Perfil de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la Quebrada la Guache a la altura del puente
Fuente: Geocing S.A.S.

Para la alternativa 2, se presenta la siguiente tabla, para la ejecución de la ampliación del puente del puente ubicado en la quebrada la Guache.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>																																																																																																																			
PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 2 PUENTE																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍTEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>VALOR UNITARIO</th> <th>VALOR TOTAL ÍTEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GENERALIDADES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)</td> <td>m²</td> <td>2800</td> <td>\$ 2,076</td> <td>\$ 5,811,680</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m lona verde</td> <td>ml</td> <td>710</td> <td>\$ 10,300</td> <td>\$ 7,313,156</td> </tr> <tr> <td>1.3</td> <td>Señales temporales preventivas</td> <td>und</td> <td>10</td> <td>\$ 178,500</td> <td>\$ 1,785,000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>Excavación para material seleccionado</td> <td>m³</td> <td>150.00</td> <td>\$ 13,857.38</td> <td>\$ 2,078,606</td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km</td> <td>m³</td> <td>360.00</td> <td>\$ 19,934</td> <td>\$ 7,176,240</td> </tr> <tr> <td>2.3</td> <td>Relleno para estructuras con rebozo</td> <td>m²</td> <td>100.00</td> <td>\$ 23,237</td> <td>\$ 2,323,743</td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>Demolición de estructuras</td> <td>m²</td> <td>100.00</td> <td>\$ 130,958</td> <td>\$ 13,095,759</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ESTRUCTURAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.1</td> <td>Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)</td> <td>m²</td> <td>1200</td> <td>\$ 638,037</td> <td>\$ 765,644,760</td> </tr> <tr> <td>3.2</td> <td>Acero de refuerzo Fy 420 Mpa</td> <td>Kg</td> <td>180000</td> <td>\$ 4,358</td> <td>\$ 784,481,400</td> </tr> <tr> <td>3.3</td> <td>Drenaje en tubería PVC 4"</td> <td>m</td> <td>22.3</td> <td>\$ 172,257</td> <td>\$ 3,841,324</td> </tr> <tr> <td>3.4</td> <td>Baranda Metálica</td> <td>m</td> <td>36</td> <td>\$ 325,285</td> <td>\$ 11,710,260</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>Apoyos elásticos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)</td> <td>un</td> <td>6.0</td> <td>\$ 336,067</td> <td>\$ 2,016,401</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 2 PUENTE</td> <td align="right">\$ 1,607,278,329</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">AIU 30%</td> <td align="right">\$ 482,183,499</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</td> <td align="right">\$ 2,089,461,827</td> </tr> </tbody> </table>	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM	1	GENERALIDADES					1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	2800	\$ 2,076	\$ 5,811,680	1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m lona verde	ml	710	\$ 10,300	\$ 7,313,156	1.3	Señales temporales preventivas	und	10	\$ 178,500	\$ 1,785,000	2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL					2.1	Excavación para material seleccionado	m ³	150.00	\$ 13,857.38	\$ 2,078,606	2.2	Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km	m ³	360.00	\$ 19,934	\$ 7,176,240	2.3	Relleno para estructuras con rebozo	m ²	100.00	\$ 23,237	\$ 2,323,743	2.4	Demolición de estructuras	m ²	100.00	\$ 130,958	\$ 13,095,759	3	ESTRUCTURAL					3.1	Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)	m ²	1200	\$ 638,037	\$ 765,644,760	3.2	Acero de refuerzo Fy 420 Mpa	Kg	180000	\$ 4,358	\$ 784,481,400	3.3	Drenaje en tubería PVC 4"	m	22.3	\$ 172,257	\$ 3,841,324	3.4	Baranda Metálica	m	36	\$ 325,285	\$ 11,710,260	3.5	Apoyos elásticos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)	un	6.0	\$ 336,067	\$ 2,016,401	VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 2 PUENTE					\$ 1,607,278,329	AIU 30%					\$ 482,183,499	VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 2,089,461,827		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM																																																																																																															
1	GENERALIDADES																																																																																																																			
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	2800	\$ 2,076	\$ 5,811,680																																																																																																															
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m lona verde	ml	710	\$ 10,300	\$ 7,313,156																																																																																																															
1.3	Señales temporales preventivas	und	10	\$ 178,500	\$ 1,785,000																																																																																																															
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL																																																																																																																			
2.1	Excavación para material seleccionado	m ³	150.00	\$ 13,857.38	\$ 2,078,606																																																																																																															
2.2	Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km	m ³	360.00	\$ 19,934	\$ 7,176,240																																																																																																															
2.3	Relleno para estructuras con rebozo	m ²	100.00	\$ 23,237	\$ 2,323,743																																																																																																															
2.4	Demolición de estructuras	m ²	100.00	\$ 130,958	\$ 13,095,759																																																																																																															
3	ESTRUCTURAL																																																																																																																			
3.1	Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)	m ²	1200	\$ 638,037	\$ 765,644,760																																																																																																															
3.2	Acero de refuerzo Fy 420 Mpa	Kg	180000	\$ 4,358	\$ 784,481,400																																																																																																															
3.3	Drenaje en tubería PVC 4"	m	22.3	\$ 172,257	\$ 3,841,324																																																																																																															
3.4	Baranda Metálica	m	36	\$ 325,285	\$ 11,710,260																																																																																																															
3.5	Apoyos elásticos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)	un	6.0	\$ 336,067	\$ 2,016,401																																																																																																															
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 2 PUENTE					\$ 1,607,278,329																																																																																																															
AIU 30%					\$ 482,183,499																																																																																																															
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 2,089,461,827																																																																																																															

Ilustración 281 Presupuesto alternativa 2 punto crítico 1
Fuente: Geocing S.A.S.

Aguas abajo del puente existen dos viviendas al costado derecho y una vivienda al costado izquierdo de la quebrada que se ven afectadas por el desbordamiento de la quebrada con altura de agua de 0.50 m. Se propone un dragado de 500 metros desde la desembocadura de la quebrada en el Río Suaza aguas arriba y profundizar del cauce 1 metros y de esta forma evitar que los sedimentos se acumulen en el fondo del cauce y facilite su desbordamiento en esta zona para la cual se presenta el valor presupuesto para dicha obra, posteriormente el desglose de las principales actividades a realizar en esta alternativa.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 159. Presupuesto para el dragado aguas debajo de la quebrada la Guache.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>				
<p>PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 3 DRAGADO</p>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	374	\$ 2,076	\$ 777,105
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.2	Transporte y disposición final de material sedimentario (todos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	8000	\$ 19,934	\$ 159,472,000
2.4	Dragado de material sedimentario de 200 m y encauzamineto	m ³	6000	\$ 11,198.20	\$ 67,189,200
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.5	retiro de maleza a la entrada durante y salida del puente	m ²	700	\$ 150,089	\$ 105,062,300
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. GUACHE PTO. CRÍTICO 1 ALTERNATIVA 3 DRAGADO					\$ 332,500,605
AIU 30%					\$ 99,750,181
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 432,250,786

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Quebrada Marajo**

A partir del análisis de Inundación para la Qda. Marajó se presentan los puntos críticos encontrados a lo largo del cauce como se muestra en la Ilustración 282:



Ilustración 282 Especialización quebrada Marajó para un periodo de retorno de 100 años
Fuente: Geocing S.A.S.

El punto crítico 1, en la intersección entre la carrera 4 con carrera 3, existe una estructura tipo box culvert con unas dimensiones de 5 m de luz, ancho de 3.2 m y gálibo de 2 m. En este punto el análisis reporto que, ante la ocurrencia de un evento de inundación en un

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

periodo de retorno de 100 años, la lámina de agua sobre pasa el tablero de la estructura en 30 cm, como se logra ver en la Ilustración 283.

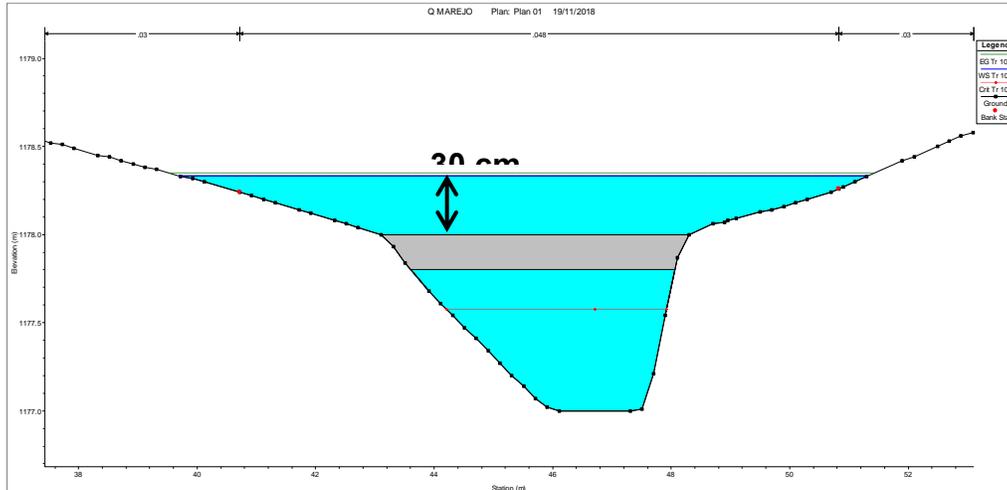


Ilustración 283. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la Quebrada Marajó en el box culvert.
Fuente: Geocing S.A.S

La lámina de agua de 30 centímetros que se genera sobre el tablero del box culvert es posiblemente generado por el represamiento aguas arriba; razón por la cual se propone una limpieza de los sedimentos así como de maleza, esto con el fin de garantizar su tránsito normal de su caudal y mitigar la colmatación de la estructura.

Como presupuesto estimado para la primera alternativa se presenta la siguiente ilustración, donde se observa las actividades principales para la ejecución del mantenimiento del box culvert.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>																																																																																																																			
PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PRO CRÍTICO 1 BOX CULVERT																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍTEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>VALOR UNITARIO</th> <th>VALOR TOTAL ÍTEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GENERALIDADES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)</td> <td>m²</td> <td>1400</td> <td>\$ 2,076</td> <td>\$ 2,905,840</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m tona verde</td> <td>ml</td> <td>1400</td> <td>\$ 10,508</td> <td>\$ 14,711,200</td> </tr> <tr> <td>1.3</td> <td>Señales preventivas</td> <td>und</td> <td>20</td> <td>\$ 304,367</td> <td>\$ 6,087,340</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>Excavación en material seleccionado</td> <td>m³</td> <td>30.00</td> <td>\$ 13,857.38</td> <td>\$ 415,721</td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km</td> <td>m³</td> <td>32.00</td> <td>\$ 19,934</td> <td>\$ 637,888</td> </tr> <tr> <td>2.3</td> <td>Relleno</td> <td>m³</td> <td>50.00</td> <td>\$ 51,668</td> <td>\$ 2,583,400</td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>Demolición de estructuras</td> <td>m²</td> <td>100.00</td> <td>\$ 123,589</td> <td>\$ 12,358,900</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ESTRUCTURAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.1</td> <td>Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)</td> <td>m²</td> <td>50</td> <td>\$ 638,037</td> <td>\$ 31,901,865</td> </tr> <tr> <td>3.3</td> <td>Drenaje en tubería PVC 4"</td> <td>m</td> <td>24</td> <td>\$ 49,431</td> <td>\$ 1,186,344</td> </tr> <tr> <td>3.4</td> <td>Acero de refuerzo Fy 420 Mpa</td> <td>Kg</td> <td>30000</td> <td>\$ 4,358</td> <td>\$ 130,746,900</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>Barabda Metálica</td> <td>m</td> <td>0</td> <td>\$ 325,285</td> <td>\$</td> </tr> <tr> <td>3.6</td> <td>Apoyos elastoméricos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)</td> <td>un</td> <td>8.0</td> <td>\$ 553,592</td> <td>\$ 4,428,736</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PRO CRÍTICO 1 BOX CULVERT</td> <td>\$ 207,964,134</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">AIU 30%</td> <td>\$ 62,389,240</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</td> <td>\$ 270,353,375</td> </tr> </tbody> </table>	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM	1	GENERALIDADES					1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	1400	\$ 2,076	\$ 2,905,840	1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m tona verde	ml	1400	\$ 10,508	\$ 14,711,200	1.3	Señales preventivas	und	20	\$ 304,367	\$ 6,087,340	2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL					2.1	Excavación en material seleccionado	m ³	30.00	\$ 13,857.38	\$ 415,721	2.2	Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km	m ³	32.00	\$ 19,934	\$ 637,888	2.3	Relleno	m ³	50.00	\$ 51,668	\$ 2,583,400	2.4	Demolición de estructuras	m ²	100.00	\$ 123,589	\$ 12,358,900	3	ESTRUCTURAL					3.1	Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)	m ²	50	\$ 638,037	\$ 31,901,865	3.3	Drenaje en tubería PVC 4"	m	24	\$ 49,431	\$ 1,186,344	3.4	Acero de refuerzo Fy 420 Mpa	Kg	30000	\$ 4,358	\$ 130,746,900	3.5	Barabda Metálica	m	0	\$ 325,285	\$	3.6	Apoyos elastoméricos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)	un	8.0	\$ 553,592	\$ 4,428,736	VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PRO CRÍTICO 1 BOX CULVERT					\$ 207,964,134	AIU 30%					\$ 62,389,240	VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 270,353,375		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM																																																																																																															
1	GENERALIDADES																																																																																																																			
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	1400	\$ 2,076	\$ 2,905,840																																																																																																															
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m tona verde	ml	1400	\$ 10,508	\$ 14,711,200																																																																																																															
1.3	Señales preventivas	und	20	\$ 304,367	\$ 6,087,340																																																																																																															
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL																																																																																																																			
2.1	Excavación en material seleccionado	m ³	30.00	\$ 13,857.38	\$ 415,721																																																																																																															
2.2	Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km	m ³	32.00	\$ 19,934	\$ 637,888																																																																																																															
2.3	Relleno	m ³	50.00	\$ 51,668	\$ 2,583,400																																																																																																															
2.4	Demolición de estructuras	m ²	100.00	\$ 123,589	\$ 12,358,900																																																																																																															
3	ESTRUCTURAL																																																																																																																			
3.1	Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)	m ²	50	\$ 638,037	\$ 31,901,865																																																																																																															
3.3	Drenaje en tubería PVC 4"	m	24	\$ 49,431	\$ 1,186,344																																																																																																															
3.4	Acero de refuerzo Fy 420 Mpa	Kg	30000	\$ 4,358	\$ 130,746,900																																																																																																															
3.5	Barabda Metálica	m	0	\$ 325,285	\$																																																																																																															
3.6	Apoyos elastoméricos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)	un	8.0	\$ 553,592	\$ 4,428,736																																																																																																															
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PRO CRÍTICO 1 BOX CULVERT					\$ 207,964,134																																																																																																															
AIU 30%					\$ 62,389,240																																																																																																															
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 270,353,375																																																																																																															

Ilustración 284 Presupuesto estimado en el punto crítico 1 Qda Marajó
Fuente: Geocing S.A.S

El **punto crítico 2**, localizado sobre la vía principal Acevedo- Suaza con la carrera 4 (ver Ilustración 285), existe una alcantarilla actualmente colmatada en aprox un 25%, el resultado del análisis de Inundación en este punto, arroja que, ante la ocurrencia del evento se genera una altura de lámina de agua de 30 cm sobre el tablero de la alcantarilla evidenciado en la Ilustración 286. Se propone entonces, realizar mantenimiento y limpieza de la vegetación y sedimentos sedimentados aguas arriba y aguas debajo de la estructura.



Ilustración 285 Alcantarilla vía principal en la quebrada la Marajó.
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

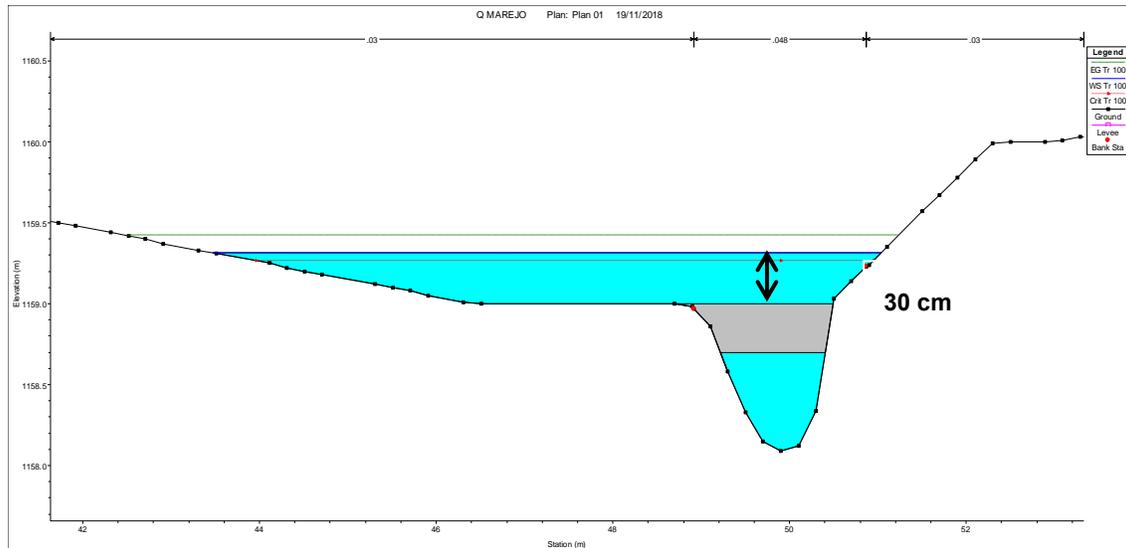


Ilustración 286. Perfil longitudinal de la lámina de agua de la creciente con período de retorno de 100 años de la Quebrada Marajo alcantarilla.
Fuente: Geocing S.A.S.

El presupuesto estimado para la primera alternativa se presenta la siguiente Ilustración 287, donde se observa las actividades principales para la ejecución del mantenimiento del box culvert.

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>				
<p align="center">PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PTO. CRÍTICO 2 ALTERNATIVA 1 DRAGADO</p>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	100	\$ 2,076	\$ 207,560
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.2	Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	300	\$ 19,934	\$ 5,980,200
2.4	Dragado de material sedimentario de 200 m y encauzamineto	m ³	900	\$ 11,198.20	\$ 10,078,380
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.5	retiro de maleza a la entrada durante y salida del puente	m ²	300	\$ 150,089	\$ 45,026,700
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PTO. CRÍTICO 2 ALTERNATIVA 1 DRAGADO					\$ 61,292,840
AIU 30%					\$ 18,387,852
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 79,680,692

Ilustración 287 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 2
Fuente: Geocing S.A.S.

El **punto crítico 3**, se puede observar en la Ilustración 288, donde se encuentran localizadas canchas deportivas en inmediaciones a la vía que conduce Acevedo con Suaza.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 288 cancha y quisco próximos a la quebrada la Marajo
Fuente: Geocing S.A.S

Es de resaltar que el cauce de esta quebrada fue desviado en este punto para la construcción de las canchas deportivas, razón por la cual el análisis por evento de Inundación concluye que la posición de la lámina de agua es de 1 metro. Como medida de mitigación se debe realizar una adecuación y profundización del cauce 1.0 m en un tramo de 80.0 m. Se presenta a continuación el estimado del presupuesto para esta alternativa.

Tabla 160. Presupuesto estimado para el punto crítico 3.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>				
<p>PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PTO. CRÍTICO 3 ALTERNATIVA 1 DRAGADO</p>					
<p>ÍTEM</p>	<p>DESCRIPCIÓN</p>	<p>UNIDAD</p>	<p>CANTIDAD</p>	<p>VALOR UNITARIO</p>	<p>VALOR TOTAL ÍTEM</p>
<p>1</p>	<p>GENERALIDADES</p>				
<p>1.1</p>	<p>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales (GAC)</p>	<p>m²</p>	<p>400</p>	<p>\$ 2,076</p>	<p>\$ 830,240</p>
<p>2</p>	<p>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</p>				
<p>2.2</p>	<p>Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)</p>	<p>m³</p>	<p>3200</p>	<p>\$ 19,934</p>	<p>\$ 63,788,800</p>
<p>2.4</p>	<p>Dragado de material sedimentario de 200 m y encauzamineto</p>	<p>m³</p>	<p>2400</p>	<p>\$ 11,198.20</p>	<p>\$ 26,875,680</p>
<p>3</p>	<p>OBRAS DE MITIGACIÓN</p>				
<p>3.5</p>	<p>retiro de maleza a la entrada durante y salida del puente</p>	<p>m²</p>	<p>300</p>	<p>\$ 150,089</p>	<p>\$ 45,026,700</p>
<p>VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PTO. CRÍTICO 3 ALTERNATIVA 1 DRAGADO</p>					<p>\$ 136,521,420</p>
<p>AIU 30%</p>					<p>\$ 40,956,426</p>
<p>VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</p>					<p>\$ 177,477,846</p>

Fuente: Geocing S.A.S.

La propuesta anteriormente mencionada contempla la canalización de la quebrada Marajo desde las canchas hasta su desembocadura, abarcando la propuesta del punto crítico 4 localizado en las coordenadas 1°48'10.50"N 75°53'13.08"O, y visto en planta como se muestra en la Ilustración 289 en la parte de aguas debajo de la quebrada, antes de la desembocadura de la quebrada al río Suaza, se evidencia que el desbordamiento

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de la quebrada sobre el margen izquierdo afectando 3 viviendas con una lámina de agua que alcanza una altura aproximada de 20 centímetros.



Ilustración 289 viviendas próximas a la quebrada la Marajo N=691183.1 O=1132472.7
Fuente: Geocing S.A.S

El presupuesto estimado se presenta la siguiente Ilustración 290, donde se observa las actividades principales para la ejecución del dragado del tramo.

	<p>ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>				
<p>PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PTO. CRÍTICO 4 ALTERNATIVA 1 DRAGADO</p>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	400	\$ 2,076	\$ 830,240
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.2	Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	5000	\$ 19,934	\$ 99,670,000
2.4	Dragado de material sedimentario de 200 m y encauzamineto	m ³	1200	\$ 11,198.20	\$ 13,437,840
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.5	retiro de maleza a la entrada durante y salida del puente	m ²	500	\$ 150,089	\$ 75,044,500
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PTO. CRÍTICO 4 ALTERNATIVA 1 DRAGADO					\$ 188,982,580
AIU 30%					\$ 56,694,774
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 245,677,354

Ilustración 290 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 4
Fuente: Geocing S.A.S

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La segunda alternativa se propone jarillón, se presenta el estimado del presupuesto estimado para la segunda alternativa se presenta la siguiente Ilustración 291, donde se observa las actividades principales para la ejecución del jarillón.

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>				
PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PTO. CRÍTICO 4 ALTERNATIVA 2 JARILLÓN					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	700	\$ 2,076	\$ 1,452,920
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	700	\$ 10,300	\$ 7,210,154
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.1	Excavación en material seleccionado	m ³	275.00	\$ 13,857	\$ 3,810,778
2.2	Transporte y disposición final de escombros en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	2500.00	\$ 19,934	\$ 49,835,000
3	OBRAS DE MITIGACIÓN				
3.1	Relleno seleccionado para terraplenes reforzados	m ³	610	\$ 111,438	\$ 67,977,160
3.2	Geotextil de refuerzo tipo NT-2500 (Terraplenes reforzados)	m ²	320	\$ 7,038	\$ 2,252,109
3.3	Empreadización con cespedón	Gb	265	\$ 10,153	\$ 2,690,431
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. MARAJÓ PTO. CRÍTICO 4 ALTERNATIVA 2 JARILLÓN					\$ 135,228,552
AIU 30%					\$ 40,568,566
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 175,797,118

**Ilustración 291 Presupuesto estimado para la Alternativa 2 en el punto crítico 4
Fuente: Geocing S.A.S.**

- **Quebrada Cangrejo**

A partir de los análisis por ocurrencia del evento de Inundación en un periodo de retorno de 100 años, se identificó sobre la vía que comunica a Acevedo con Suaza, en inmediación a la Parroquia La Divina Misericordia, donde existe una alcantarilla esta estructura menor, ante un evento de inundación, se verá afectada con una lámina de agua de altura de 20 cm, generando un desbordamiento e inundación de un área como se puede ver en la Ilustración 292, afectando a 3 viviendas al margen izquierdo y una vivienda al margen derecho.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>



Ilustración 292 Viviendas próximos a la quebrada la Cangrejo
Fuente: Geocing S.A.S.

Como medida de intervención para la mitigación de riesgo alto, se plantearon dos alternativas:

- Alternativa 1: Reemplazo de la alcantarilla, con una estructura mayor tipo box culvert adecuada a los caudales de diseño, que garantice la vida útil, servicio y adecuado para soportar los caudales y velocidad de flujo generado ante la ocurrencia de un evento de Inundación.
- Alternativa 2: Profundización del cauce aguas abajo en una altura de 1.0 m, y mantenimiento y limpieza, indicando que esta medida no es una solución definitiva.

En el punto crítico 1 se propuso el remplazo del Cambio de alcantarilla a un box culvert que se ubica en la vía principal, a continuación se presenta el presupuesto estimado para la primera alternativa, donde se observa las actividades principales para la ejecución del Cambio de alcantarilla a un box culvert. (Ilustración 293).

	<p align="center">"ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015."</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>																																																																																																																		
PRESUPUESTO DE BOX CULVERT QUEBRADA CANGREJO																																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍTEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>VALOR UNITARIO</th> <th>VALOR TOTAL ÍTEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GENERALIDADES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)</td> <td>m²</td> <td>710</td> <td>\$ 1,855</td> <td>\$ 1,316,766</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m lona verde</td> <td>ml</td> <td>710</td> <td>\$ 10,508</td> <td>\$ 7,460,680</td> </tr> <tr> <td>1.3</td> <td>Señales preventivas</td> <td>und</td> <td>10</td> <td>\$ 304,367</td> <td>\$ 3,043,670</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>Excavación (Incluye transporte de maquinaria)</td> <td>m³</td> <td>15.00</td> <td>\$ 19,198.00</td> <td>\$ 287,970</td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km</td> <td>m³</td> <td>16.00</td> <td>\$ 19,934</td> <td>\$ 318,944</td> </tr> <tr> <td>2.3</td> <td>Relleno</td> <td>m²</td> <td>25.00</td> <td>\$ 51,668</td> <td>\$ 1,291,700</td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>Demolición de estructuras</td> <td>m²</td> <td>50.00</td> <td>\$ 123,589</td> <td>\$ 6,179,450</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ESTRUCTURAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.1</td> <td>Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)</td> <td>m²</td> <td>25</td> <td>\$ 534,310</td> <td>\$ 13,357,750</td> </tr> <tr> <td>3.3</td> <td>Drenaje en tubería PVC 4"</td> <td>m</td> <td>12</td> <td>\$ 49,431</td> <td>\$ 593,172</td> </tr> <tr> <td>3.4</td> <td>Acero de refuerzo Fy 420 Mpa</td> <td>Kg</td> <td>15000</td> <td>\$ 4,964</td> <td>\$ 74,460,000</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>Barabda Metálica</td> <td>m</td> <td>0</td> <td>\$ 325,285</td> <td>\$ -</td> </tr> <tr> <td>3.6</td> <td>Apoyos elastoméricos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)</td> <td>un</td> <td>4.0</td> <td>\$ 553,592</td> <td>\$ 2,214,368</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO DE BOX CULVERT QUEBRADA CANGREJO</td> <td>\$ 110,524,470</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">AIU 30%</td> <td>\$ 33,157,341</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</td> <td>\$ 143,681,811</td> </tr> </tbody> </table>	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM	1	GENERALIDADES					1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	710	\$ 1,855	\$ 1,316,766	1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m lona verde	ml	710	\$ 10,508	\$ 7,460,680	1.3	Señales preventivas	und	10	\$ 304,367	\$ 3,043,670	2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL					2.1	Excavación (Incluye transporte de maquinaria)	m ³	15.00	\$ 19,198.00	\$ 287,970	2.2	Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km	m ³	16.00	\$ 19,934	\$ 318,944	2.3	Relleno	m ²	25.00	\$ 51,668	\$ 1,291,700	2.4	Demolición de estructuras	m ²	50.00	\$ 123,589	\$ 6,179,450	3	ESTRUCTURAL					3.1	Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)	m ²	25	\$ 534,310	\$ 13,357,750	3.3	Drenaje en tubería PVC 4"	m	12	\$ 49,431	\$ 593,172	3.4	Acero de refuerzo Fy 420 Mpa	Kg	15000	\$ 4,964	\$ 74,460,000	3.5	Barabda Metálica	m	0	\$ 325,285	\$ -	3.6	Apoyos elastoméricos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)	un	4.0	\$ 553,592	\$ 2,214,368	VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO DE BOX CULVERT QUEBRADA CANGREJO					\$ 110,524,470	AIU 30%					\$ 33,157,341	VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 143,681,811	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM																																																																																																														
1	GENERALIDADES																																																																																																																		
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	710	\$ 1,855	\$ 1,316,766																																																																																																														
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m lona verde	ml	710	\$ 10,508	\$ 7,460,680																																																																																																														
1.3	Señales preventivas	und	10	\$ 304,367	\$ 3,043,670																																																																																																														
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL																																																																																																																		
2.1	Excavación (Incluye transporte de maquinaria)	m ³	15.00	\$ 19,198.00	\$ 287,970																																																																																																														
2.2	Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km	m ³	16.00	\$ 19,934	\$ 318,944																																																																																																														
2.3	Relleno	m ²	25.00	\$ 51,668	\$ 1,291,700																																																																																																														
2.4	Demolición de estructuras	m ²	50.00	\$ 123,589	\$ 6,179,450																																																																																																														
3	ESTRUCTURAL																																																																																																																		
3.1	Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)	m ²	25	\$ 534,310	\$ 13,357,750																																																																																																														
3.3	Drenaje en tubería PVC 4"	m	12	\$ 49,431	\$ 593,172																																																																																																														
3.4	Acero de refuerzo Fy 420 Mpa	Kg	15000	\$ 4,964	\$ 74,460,000																																																																																																														
3.5	Barabda Metálica	m	0	\$ 325,285	\$ -																																																																																																														
3.6	Apoyos elastoméricos. Almohadillas de neopreno dureza 60 (35cmx35cmx5cm)	un	4.0	\$ 553,592	\$ 2,214,368																																																																																																														
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO DE BOX CULVERT QUEBRADA CANGREJO					\$ 110,524,470																																																																																																														
AIU 30%					\$ 33,157,341																																																																																																														
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 143,681,811																																																																																																														

**Ilustración 293 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 1.
Fuente: Geocing S.A.S.**

La segunda alternativa que se propone la profundización del cauce y mantenimiento se adjunta el presupuesto estimado donde se observa las actividades principales para la ejecución de la canalización del tramo en la Ilustración 294.

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>																																																						
PRESUPUESTO ENCAUZAMINETO -																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍTEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>VALOR UNITARIO</th> <th>VALOR TOTAL ÍTEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GENERALIDADES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)</td> <td>m²</td> <td>374.4</td> <td>\$ 1,855</td> <td>\$ 694,362</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>Dragado de material sedimentario de 500 m y encauzamineto</td> <td>m³</td> <td>3200.00</td> <td>\$ 11,198.20</td> <td>\$ 35,834,240</td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)</td> <td>m³</td> <td>2240.00</td> <td>\$ 19,934</td> <td>\$ 44,652,160</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO ENCAUZAMINETO -</td> <td>\$ 81,180,762</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">AIU 30%</td> <td>\$ 24,354,229</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</td> <td>\$ 105,534,991</td> </tr> </tbody> </table>	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM	1	GENERALIDADES					1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	374.4	\$ 1,855	\$ 694,362	2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL					2.1	Dragado de material sedimentario de 500 m y encauzamineto	m ³	3200.00	\$ 11,198.20	\$ 35,834,240	2.2	Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	2240.00	\$ 19,934	\$ 44,652,160	VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO ENCAUZAMINETO -					\$ 81,180,762	AIU 30%					\$ 24,354,229	VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 105,534,991	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM																																																		
1	GENERALIDADES																																																						
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	374.4	\$ 1,855	\$ 694,362																																																		
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL																																																						
2.1	Dragado de material sedimentario de 500 m y encauzamineto	m ³	3200.00	\$ 11,198.20	\$ 35,834,240																																																		
2.2	Transporte y disposición final de material sedimentario (lodos) en sitio autorizado (distancia de transporte 20 km)	m ³	2240.00	\$ 19,934	\$ 44,652,160																																																		
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO ENCAUZAMINETO -					\$ 81,180,762																																																		
AIU 30%					\$ 24,354,229																																																		
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 105,534,991																																																		

**Ilustración 294 Presupuesto estimado para la Alternativa 2 en el punto crítico 4
Fuente: Geocing S.A.S.**

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Quebrada No. 1**

Se identificó en la vía que comunica a Acevedo con Suaza, en inmediación a la Estación de energía, dos alcantarillas (Ver Ilustración 295) las cuales se ven afectadas 4 viviendas al margen derecho de la quebrada en razón que en este punto la lámina de agua de Inundación alcanza una altura de 1 m.



Ilustración 295 Alcantarilla de la vía principal de la quebrada N° 1.
Fuente: Google Earth

Para este punto se recomienda la ampliación de las 2 alcantarillas con el fin de poder conducir la cantidad de caudal que pasa en algunas épocas del año. Ya que sus dimensiones no permiten el tránsito normal de la quebrada, con una estructura mayor tipo box culvert adecuada a los caudales de diseño.

A continuación se presenta el presupuesto estimado para la primera alternativa (Ver Ilustración 296), donde se observa las actividades principales para la ejecución de la ampliación de las dos alcantarillas.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACION Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>	
--	---	--

PRESUPUESTO QDA. No 1 PRO CRÍTICO 1 2 BOX CULVERT					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM
1	GENERALIDADES				
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m ²	1400	\$ 2,076	\$ 2,905,840
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H: 2.0 m lona verde	ml	1400	\$ 10,508	\$ 14,711,200
1.3	Señales preventivas	und	80	\$ 304,367	\$ 24,349,360
2	EXCAVACIONES, RETIRO DE MATERIAL				
2.1	Excavación en material seleccionado	m ³	60.00	\$ 13,857.38	\$ 831,443
2.2	Retiro de escombros, producto de las excavaciones distancia promedio 20 Km	m ³	64.00	\$ 19,934	\$ 1,275,776
2.3	Relleno	m ²	100.00	\$ 51,668	\$ 5,166,800
2.4	Demolición de estructuras	m ²	200.00	\$ 123,589	\$ 24,717,800
3	ESTRUCTURAL				
3.1	Concreto 4000 psi (Cimentación, Tabler y Vigas)	m ²	100	\$ 638,037	\$ 63,803,730
3.4	Acero de refuerzo Fy 420 Mpa	Kg	20000	\$ 4,358	\$ 87,164,600
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO QDA. No 1 PRO CRÍTICO 1 2 BOX CULVERT					\$ 224,926,549
AIU 30%					\$ 67,477,965
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 292,404,513

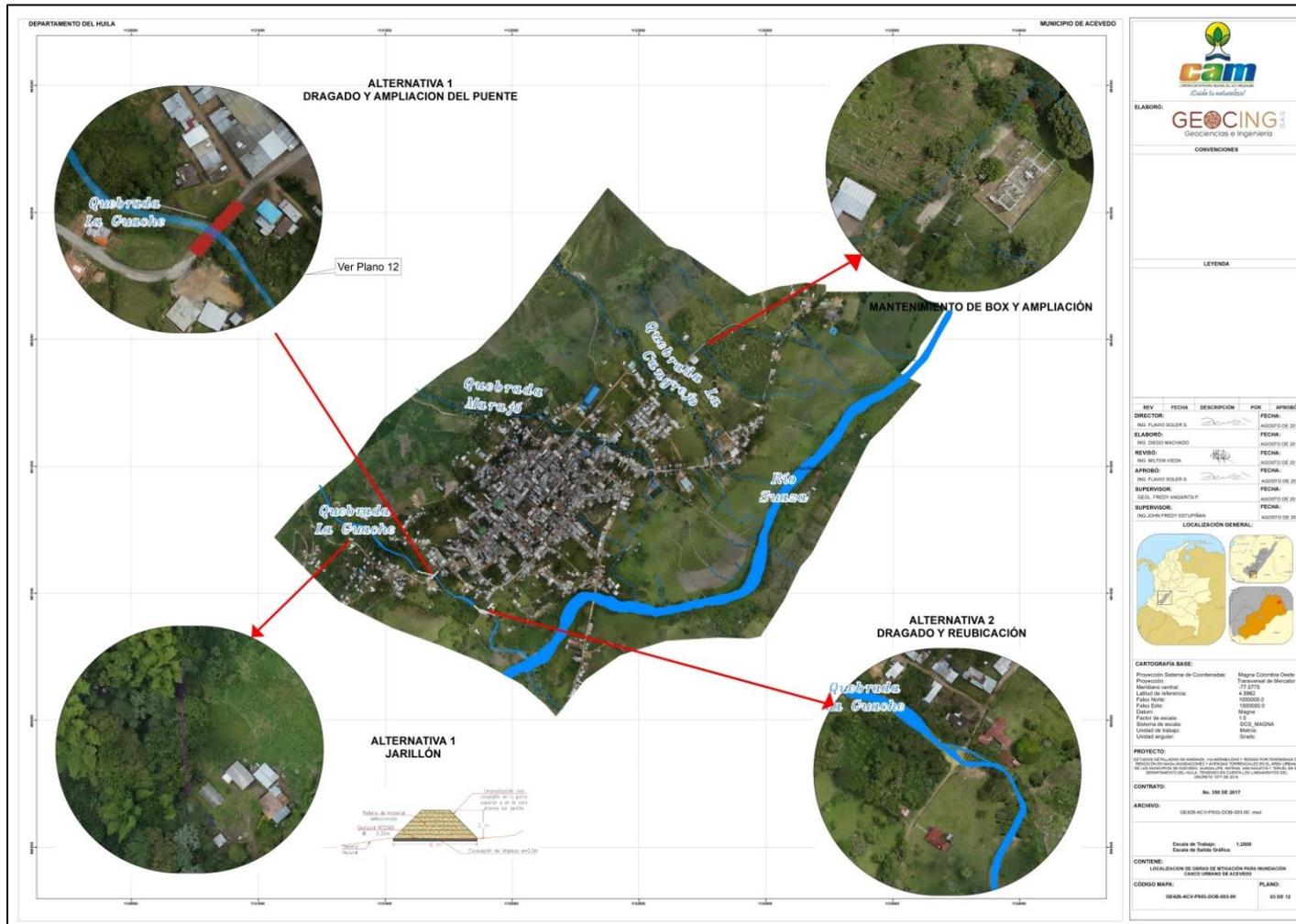
Ilustración 296 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 en el punto crítico 1
Fuente: Geocing S.A.S.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO



DEPARTAMENTO DEL HUILA MUNICIPIO DE ACEVEDO

ELABORO: GEOCING S.A.S. Geociencias e Ingeniería

CONVENCIONES

LEYENDA

REV	FECHA	DESCRIPCION	POB	APROBO
DIRECTOR:				FECHA:
ING. FERNANDO SOLER S.				AGOSTO 08 2018
ELABORO:				FECHA:
ING. DIEGO MACHADO				AGOSTO 08 2018
REVISO:				FECHA:
ING. NELSON VIEIRA				AGOSTO 08 2018
APROBO:				FECHA:
ING. FERNANDO SOLER S.				AGOSTO 08 2018
SUPERVISOR:				FECHA:
ING. JOHN FREDY ESTUPIÑAN				AGOSTO 08 2018

LOCALIZACIÓN GENERAL:

CARTOGRAFIA BASE:

Proyección Sistema de Coordenadas: Magna Colombia Oeste
 Proyección: Transversal de Mercator
 Datum: SRTM30 PLUS
 Latitud de referencia: 4 5882
 Pseudo Norte: 1000000.0
 Pseudo Este: 1000000.0
 Datum: Bogotá
 Factor de escala: 1.0
 Sistema de escala: UTM, METROS
 Unidad de medida: Grados

PROYECTO:

ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.

CONTRATO:

No. 188 DE 2017

ARCHIVO:

GEAR ACV-FISS-008-003-001.mxd

Escala de Trabajo: 1:2000
 Escala de Salida Gráfica:

CONTIENE: LOCALIZACIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN PARA INUNDACIÓN
 — GARCÉS URBANO DE ACEVEDO

CODIGO MAPA: GEAR ACV-FISS-008-003-001 PLANO: 81 DE 11

Ilustración 297. Localización de obras de mitigación por Inundación- parte 1.
 Fuente: Geocing S.A.S.

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
 Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
 Bogotá D.C.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

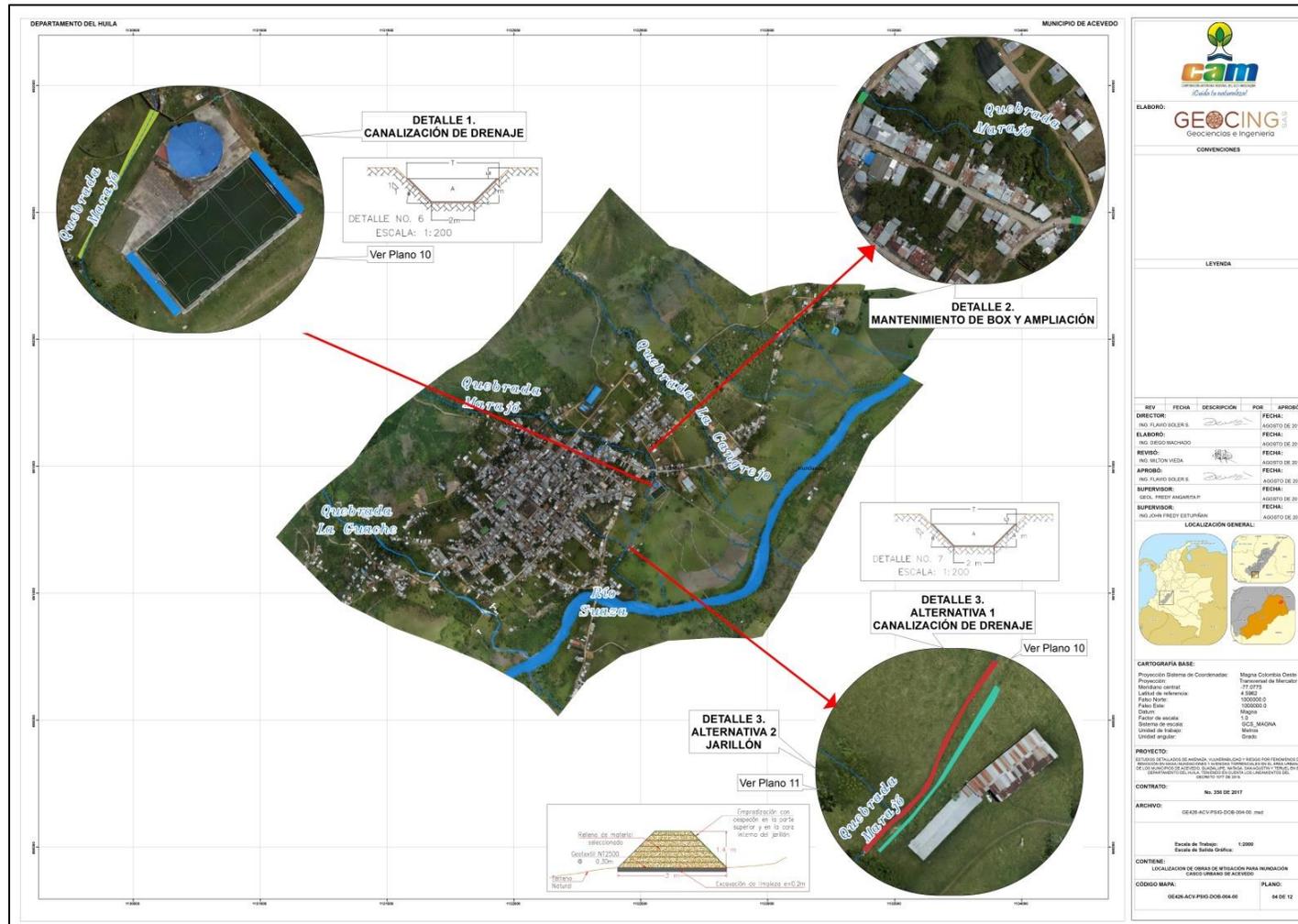


Ilustración 298. Localización de obras de mitigación por Inundación-parte 2.
 Fuente: Geocing S.A.S

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
 Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
 Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

17.2.2 Medidas No Estructurales

Adicionalmente para lo mencionado en los puntos de amenaza como medida no estructural para la quebrada la Guache se propone dar a conocer a la comunidad el resultado de estos estudios y la importancia de las zonas de ronda de la quebrada y zonas de divagación, además de los peligros que se le asocian cuando se ocupan estos espacios.

Se requiere de jornadas de educación ambiental orientadas tanto por el municipio como por la autoridad ambiental donde se les dé a conocer a las comunidades en primera medida las leyes que contempla la legislación nacional frente a la protección de los recursos naturales y en segunda medida la gran relevancia de evitar el desarrollo en estas zonas.

17.3 AVENIDA TORRENCIAL

Considerando las condiciones desfavorables evidenciadas, se requiere de una intervención integral en la parte alta de la cuenca de la Quebrada La Guache la cual presenta riesgo alto para 17 predios por la ocurrencia de Avenida Torrencial y se le recomiendan las medidas estructurales enunciadas en el párrafo siguiente, pero es importante resaltar que dado la escala del estudio no es posible conocer de manera detallada la actividad fluvial del cauce ni como sus secciones transversales críticas durante la generación del evento, por lo cual es indispensable que se realicen estudios puntuales/ detallados con el fin de determinar los niveles de potencialidad torrencial de cada cauce de acuerdo con sus características morfológicas y fluviales.

En razón a lo anterior, a continuación se propone como medida estructural la instalación de *BARRERAS CONTRA FLUJO DE DETRITOS DE ALTA RESISTENCIA* (ver Ilustración 299), Este tipo de barreras están diseñadas para retener la gran cantidad de material de detritos, las cuales son las que producen la mayor cantidad de daños a la hora de materializarse una avenida torrencial (Nota: es importante resaltar que la capacidad de este tipo de barreras contra el flujo de detritos varía de acuerdo a las dimensiones de las mismas así como de la morfometría de cada cauce).

Los cables de soporte que soportan son de alta resistencia se sujetan a las paredes del canal mediante anclajes de cable de acero o cabezas de anclaje flexibles que aseguran la transmisión de las tensiones al terreno. Este tipo de estructura es adecuada para cauces de hasta 35 m de ancho y altura de hasta 6 m. Estas tienen la ventaja de proporcionar un ahorro en términos de coste y tiempo de instalación, a comparación de una barrera convencional que requieren grandes movimientos de tierras y labores de

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

hormigonado en zonas de difícil acceso. Las barreras tienen la característica de tener flexibilidad, pues las estructuras de hormigo son susceptibles a daños causados por las sollicitaciones que generan los impactos de bloques rocosos.



Ilustración 299 Barrera geodinámica.
Fuente: Perú construye

- **Barrera dinámica contra caída de roca**

Debe soportar una presión mínima de impacto de 180 kN/m².

Capacidad mínima de absorción de energía: 180 kN/m² mínimo.

Placa de base con postes colocado sobre cimentación de concreto armado en caso de suelo o nivelación de mortero en caso de roca sana (por confirmar).

Montaje completo de la barrera dinámica conforme al manual del sistema de parte del fabricante.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES DE LA BARRERA DINÁMICA CONTRA FLUJO DE DETRITOS:

Postes calidad de acero apoyado rígido con placa de base, galvanizado en caliente con espesor de 85 µm.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Red de anillos:

Alambre de acero: diámetro de 3.0 mm, acero de alta resistencia de mínimo 1770 N/mm², con resistencia a tracción de un alambre individual de 12.5 kN.

Protección contra corrosión del alambre: con 95% zinc + 5% aluminio, recubrimiento de 150 g/m².

Anillos fabricados con vueltas de alambre de 3.00mm, 16 vueltas con un diámetro de 30 cm.

Cables de soporte superior, intermedio, vertical e inferior:

Diámetro 22 mm Criterios de deformación inex, carga mínima de rotura de 400.6 kN, construcción tipo 6x31S - WSC, acero de alta resistencia de mínimo 1770 N/mm².

Protección contra corrosión del alambre: con 95% zinc + 5% aluminio, recubrimiento de 150 g/m².



Ilustración 300 Vista malla para mitigación de avenida torrencial.
Fuente: Geocing S.A.S.

Y teniendo en cuenta, que otro factor es una alta densidad poblacional, lo cual al presentarse algún evento torrencial provocaría una alta afectación en costos materiales y pérdidas humanas, por lo cual además de restringir las áreas de futuras construcciones urbanas e industrial, fuera del área de posible afectación en caso de la generación de una avenida torrencial, se deben identificar estas zonas en el plan de Ordenamiento Territorial para evitar urbanizar en las mismas.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Las zonas productivas que se podrían ver afectadas por la ocurrencia de un evento torrencial corresponden a áreas destinadas a cultivos de café y zonas de producción avícola los cuales se encuentran localizados en zonas aledañas a la Quebrada La Guache de igual forma se deben restringir la ubicación de las mismas, alejadas del posible área de afectación mínimo en las épocas de lluvias intensas. Es por esto que a continuación se presenta una serie de medidas de manejo que permitirán de manera progresiva reducir el nivel de riesgo producto de las avenidas torrenciales:

1. Se proponen la implementación de planes de manejo de cuencas que protejan las zonas altas de las mismas con el ánimo de disminuir la probabilidad de que se generen avenidas torrenciales al evitar la erosión o mecanismos de desestabilización del terreno y promover la reforestación de estas zonas.

2. Desde el punto de vista prospectivo se recomienda la delimitación de las rondas hidráulicas y las zonas de manejo y preservación ambiental del municipio e incorporar dichas áreas a la estructura ecológica principal como áreas de reserva forestal, se debe tomar como zonas de restricción determinadas para un período de retorno de 100 años, o zonas delimitadas como Amenaza Alta.

3. Se recomienda fortalecer la red de monitoreo hidrológico e hidrometeorológico en el municipio y establecer sistemas de alertas tempranas con amplia participación de las comunidades locales.

4. Es fundamental establecer una red de pluviómetros para las cuencas torrenciales, para poder tener registros en tiempo real de la intensidad y magnitudes de las precipitaciones como parte de un trabajo interinstitucional entre la Alcaldía la Car o IDEAM.

5. Para las zonas catalogadas en condición de alta amenaza por avenidas torrenciales resulta fundamental la prevención y control a la ocupación ilegal. Esta acción tiene como objetivo controlar y desestimular nuevas ocupaciones en el sector, emprender medidas de judicialización para evitar asentamientos.

Como se muestra en la Ilustración 301 se presenta el presupuesto generalizado para cada una de las actividades generales para la instalación de una malla dinámica, que cumpla con las características técnicas que se requieren en el sector, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 100 años.

	<p align="center">“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p align="center">INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

	<p align="center">ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.</p>																																																																		
PRESUPUESTO DE MALLA TECCO																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍTEM</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> <th>VALOR UNITARIO</th> <th>VALOR TOTAL ÍTEM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GENERALIDADES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)</td> <td>m2</td> <td>2500</td> <td>\$ 1,855</td> <td>\$ 4,637,500</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde</td> <td>ml</td> <td>320</td> <td>\$ 10,300</td> <td>\$ 3,296,080</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>OBRAS DE MITIGACIÓN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>Malla tipo TECCO 65x2</td> <td>m2</td> <td>2500</td> <td>\$ 248,902</td> <td>\$ 622,255,000</td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Perno de anclaje Barra GW PLUS 28mm, incluye perforación e inyección L=4 ,</td> <td>ml</td> <td>1500</td> <td>\$ 279,072</td> <td>\$ 418,608,000</td> </tr> <tr> <td>2.3</td> <td>Canal en manto de Hormigón e:8mm</td> <td>ml</td> <td>300</td> <td>\$ 186,731</td> <td>\$ 56,019,168</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO DE MALLA TECCO</td> <td>\$ 1,104,815,748</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">AIU 30%</td> <td>\$ 331,444,724</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS</td> <td>\$ 1,436,260,472</td> </tr> </tbody> </table>	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM	1	GENERALIDADES					1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m2	2500	\$ 1,855	\$ 4,637,500	1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	320	\$ 10,300	\$ 3,296,080	2	OBRAS DE MITIGACIÓN					2.1	Malla tipo TECCO 65x2	m2	2500	\$ 248,902	\$ 622,255,000	2.2	Perno de anclaje Barra GW PLUS 28mm, incluye perforación e inyección L=4 ,	ml	1500	\$ 279,072	\$ 418,608,000	2.3	Canal en manto de Hormigón e:8mm	ml	300	\$ 186,731	\$ 56,019,168	VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO DE MALLA TECCO					\$ 1,104,815,748	AIU 30%					\$ 331,444,724	VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 1,436,260,472	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL ÍTEM																																																														
1	GENERALIDADES																																																																		
1.1	Localización y replanteo con equipo de topografía(amarrado a coordenadas reales IGAC)	m2	2500	\$ 1,855	\$ 4,637,500																																																														
1.2	Aislamiento y protección de la zona a intervenir H= 2,0 m en repisa y lona verde	ml	320	\$ 10,300	\$ 3,296,080																																																														
2	OBRAS DE MITIGACIÓN																																																																		
2.1	Malla tipo TECCO 65x2	m2	2500	\$ 248,902	\$ 622,255,000																																																														
2.2	Perno de anclaje Barra GW PLUS 28mm, incluye perforación e inyección L=4 ,	ml	1500	\$ 279,072	\$ 418,608,000																																																														
2.3	Canal en manto de Hormigón e:8mm	ml	300	\$ 186,731	\$ 56,019,168																																																														
VALOR REPRESENTATIVO PRESUPUESTO DE MALLA TECCO					\$ 1,104,815,748																																																														
AIU 30%					\$ 331,444,724																																																														
VALOR REPRESENTATIVO TOTAL OBRAS					\$ 1,436,260,472																																																														

Ilustración 301 Presupuesto estimado para la Alternativa 1 para el evento de avenida torrencial
Fuente: Geocing S.A.S



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO



**Ilustración 302 Localización de la Malla TECCO para la mitigación de la Avenida Torrencial.
Fuente: Geocing S.A.S.**

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

18 RONDA HÍDRICA Y ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

18.1 RONDA HÍDRICA

De acuerdo con el artículo 206 (Rondas Hídricas) de la Ley 1450 de 2011 - Plan Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y los Establecimientos Públicos Ambientales Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos”, establece que “Corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua (rondas hídricas) y el área de protección o conservación aferente”.

Po lo cual en el presente capítulo contiene los resultados de la Zonificación de Manejo Ambiental y ronda de protección de drenajes para el casco urbano de Acevedo.

El enfoque está planteado para ser desarrollado en diferentes fases, entre ellas definición del límite funcional y su caracterización socio-cultural, así como la definición de medidas de manejo ambiental.

Se deberá considerar el resultado de la delimitación física de la ronda hídrica, así como su grado de ocupación y uso de la tierra identificando las zonas urbanas y rurales. Se deberán involucrar las proyecciones que se tienen desde los actores como posibles escenarios de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables dentro de la ronda hídrica haciendo una distinción entre sus dos elementos constituyentes debido a que éstos tienen diferentes grados de condicionamientos para el manejo ambiental. El primer elemento de la ronda hídrica será el más restrictivo desde el punto de vista de la ocupación antrópica, ya que es la zona que se inunda periódicamente y en la que está la vegetación de ribera por lo que la estrategia fundamental será la de preservación, y cuando aplique la de restauración. En los casos particulares de ríos de montaña, donde la estabilidad geotécnica sea un factor detonante de riesgos en personas, bienes y servicios ya expuestos y susceptibles de ser dañados por la ocurrencia de movimientos en masa, tales tramos deben incluirse dentro del primer elemento.

La metodología general se fundamenta en la identificación de áreas que ofrecen diversos niveles de sensibilidad en función de sus propiedades intrínsecas asociadas con la oferta ambiental y la prestación de servicios de orden social y ambiental; es así como, se tienen en cuenta los siguientes criterios, orientados a la identificación y definición de dichas unidades.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Este nivel de sensibilidad de la oferta ambiental, permite definir entonces el nivel de intervención de tal manera que se garantice la sostenibilidad ambiental, en función de los requerimientos de las diferentes actividades proyectadas. Es importante señalar que de forma general, la sensibilidad presenta un comportamiento inverso a la aptitud del área frente al desarrollo de proyectos, esto es que a mayor sensibilidad menor aptitud, y a menor sensibilidad mayor aptitud.

18.1.1 Elementos constituyentes de la ronda hídrica

Dentro del límite físico de la ronda hídrica se encuentran sus dos elementos constituyentes establecidos en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011: i) “la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974”, ii) “y el área de protección o conservación aferente”. La delimitación de dichos elementos y sus atributos definidos desde las estrategias para su manejo ambiental se representarán cartográficamente y se deberán tener en cuenta por parte de las entidades competentes en las actuaciones a que haya lugar.

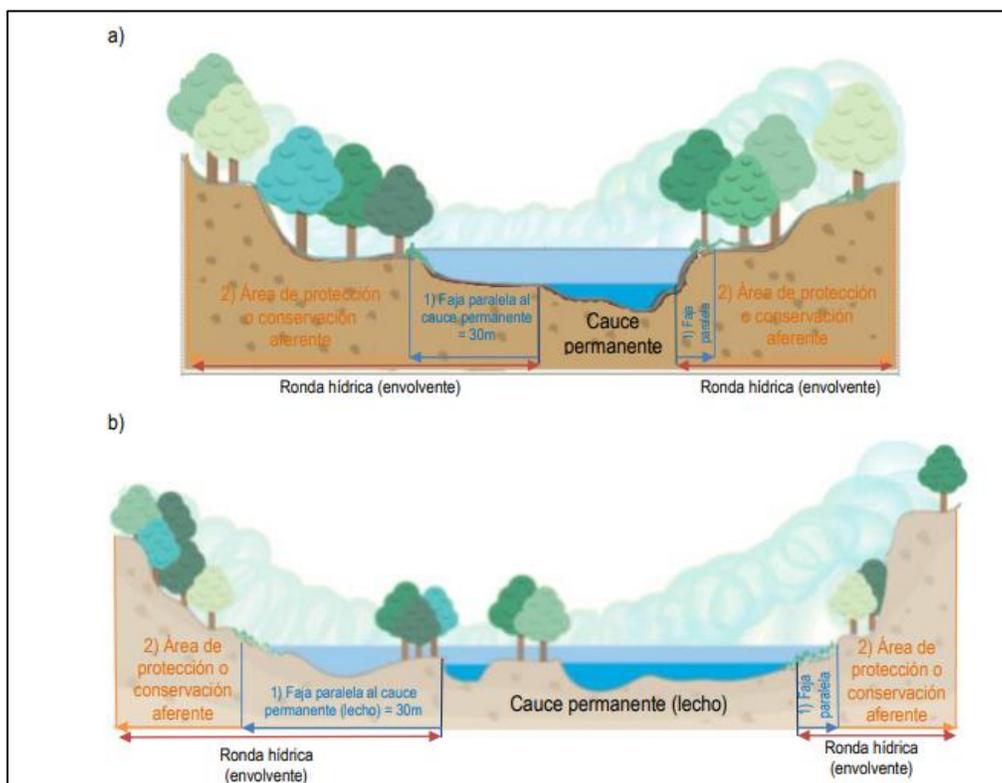


Ilustración 303 Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica (flecha roja) cuando el primero (flecha azul) es igual a 30 metros y el resto es hasta el límite de la envolvente de los tres componentes.

Fuente: GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA, BOGOTÁ 2018.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

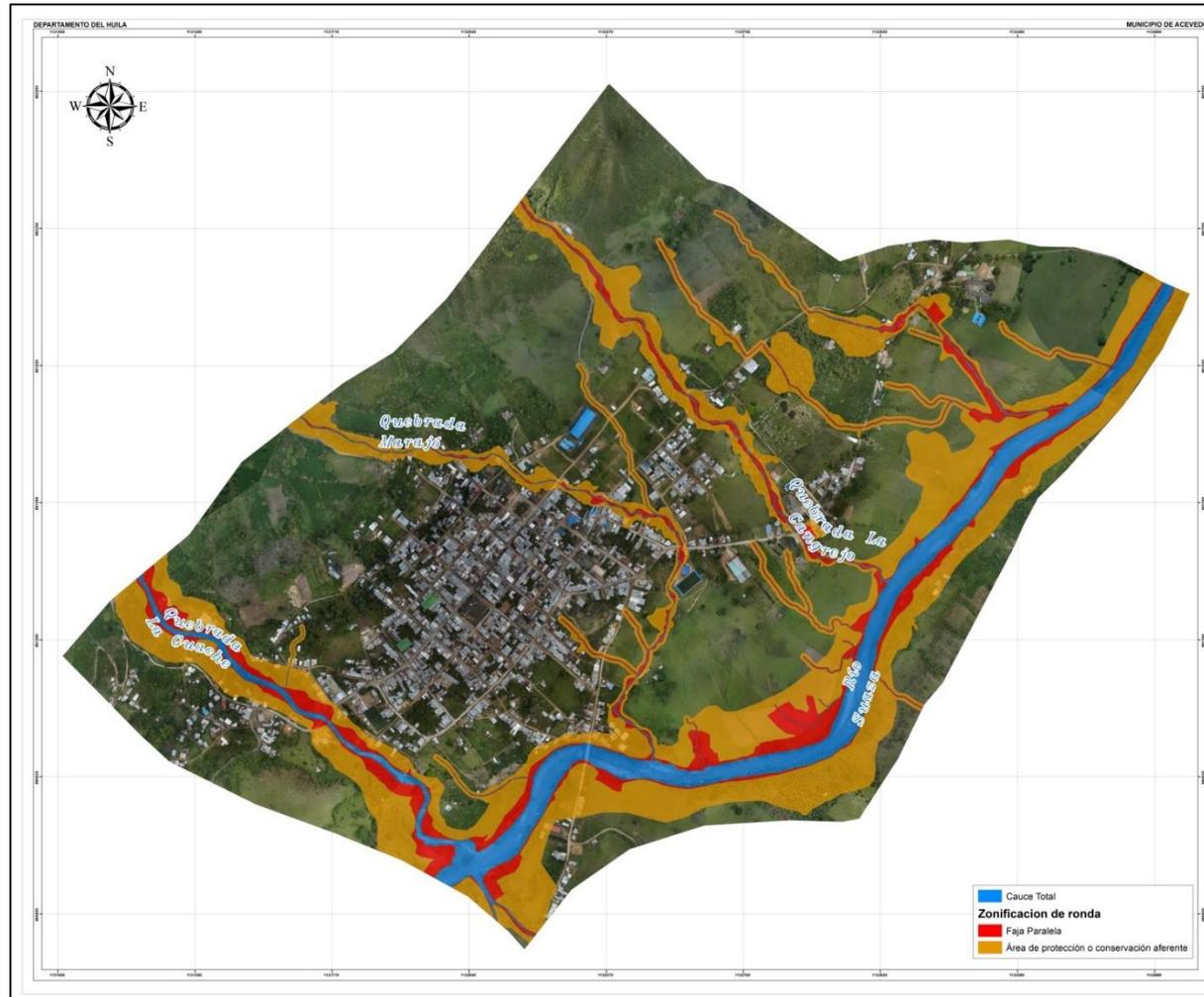


Ilustración 304 Delimitación de la ronda hídrica para los drenajes presentes en el casco urbano de Acevedo
Fuente: Geocing SAS

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

18.1.2 Estrategias para el manejo ambiental de las rondas hídricas.

De acuerdo con lo establecido en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (Minambiente, 2012), "la conservación es un concepto que trasciende la visión asociada exclusivamente a la preservación de la naturaleza; la conservación debe ser entendida y gestionada como una propiedad emergente, generada a partir del balance entre acciones de *preservación, uso sostenible*, generación de conocimiento y restauración de la biodiversidad, de manera que se mantenga o incremente la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos y con ella el suministro de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano". En tal sentido, para el logro del objetivo de conservación se tienen estrategias relacionadas con la preservación, restauración y uso sostenible.

La preservación se refiere a mantener la composición, estructura y función de la biodiversidad, conforme a su dinámica natural y evitando los posibles disturbios que ocasionen las acciones humanas. En estos casos estarían, por ejemplo, aquellas áreas donde se encuentre bosque de ribera nativo (bosque de galería).

La restauración se enfoca en restablecer parcial o totalmente la composición, estructura y función de la biodiversidad, en áreas de la ronda hídrica que hayan sido alteradas o degradadas que contribuyan a la conectividad ecológica.

El establecimiento de áreas para uso sostenible permite actividades que no afectan la funcionalidad de la ronda hídrica, es decir que las actividades que allí se desarrollen no alteren los atributos actuales identificados en sus tres componentes físico-bióticos.

Considerando lo anterior, se debe propender por el desarrollo de los enfoques de adaptación y mitigación basados en ecosistemas. La adaptación basada en ecosistemas es un enfoque para aumentar y mantener la capacidad adaptativa y reducir el riesgo de degradación o colapso de los socio-ecosistemas al cambio ambiental (incluido el cambio climático) integrando el uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en una estrategia global de adaptación (Minambiente, 2012). La mitigación basada en ecosistemas se fundamenta en la capacidad que tienen todos los ecosistemas, para detener o reducir las causas que amenazan la integridad estructural y funcional de los socio-ecosistemas, poniendo en riesgo la resiliencia de la biodiversidad, y por ende la provisión de los servicios derivados de esta (Minambiente, 2012).

18.2 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación de manejo ambiental se obtuvo a partir de la categorización de zonas amenaza (alta) y riesgo (alto mitigable y no mitigable), determinación de las rondas

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

hídricas de protección con base en su cota máxima de inundación y protección de la parte superior e inferior de laderas y taludes definida para el presente estudio con base en los resultados de ensayos geotécnicos y análisis de estabilidad de las diferentes laderas que se presentan en los sitios de estudio.

La zonificación de manejo ambiental permitió junto con el análisis del mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo, establecer los usos recomendados y ofrecer herramientas técnicas que permitan modificar o complementar los establecidos en el Anexo 6. Mapas y la definición de áreas de especial significancia ambiental contenidos en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de esta forma, constituirá una herramienta de planificación ambiental para su desarrollo, teniendo en cuenta el nivel de intervención antrópica existente y las características de los proyectos y obras a realizar.

18.2.1 Metodología de zonificación

La metodología general se fundamenta en la identificación de áreas que ofrecen diversos niveles de sensibilidad en función de sus propiedades intrínsecas asociadas con la oferta ambiental y la prestación de servicios de orden social y ambiental; es así como, se tienen en cuenta los siguientes criterios, orientados a la identificación y definición de dichas unidades.

Este nivel de sensibilidad de la oferta ambiental, permite definir entonces el nivel de intervención de tal manera que se garantice la sostenibilidad ambiental, en función de los requerimientos de las diferentes actividades proyectadas. Es importante señalar que de forma general, la sensibilidad presenta un comportamiento inverso a la aptitud del área frente al desarrollo de proyectos, esto es que a mayor sensibilidad menor aptitud, y a menor sensibilidad mayor aptitud (ver Ilustración 305).

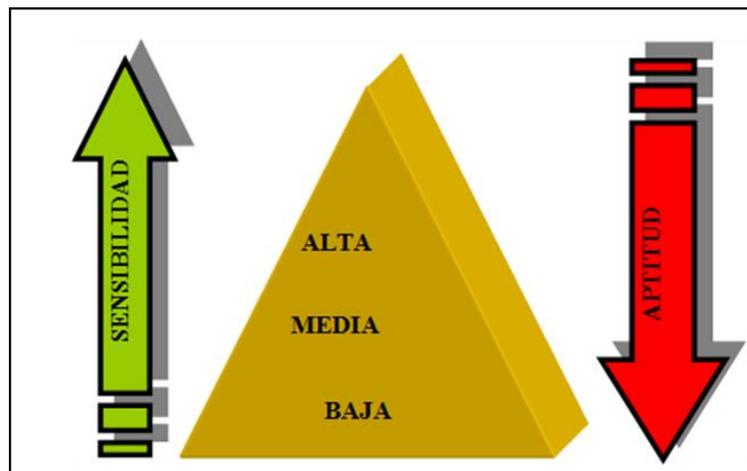


Ilustración 305. Relación Entre Sensibilidad y Aptitud Frente a proyectos
Fuente: Geocing S.A.S.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

A partir de lo anterior, fueron definidas las siguientes áreas de manejo ambiental:

- **Área de exclusión (AE) Sensibilidad muy alta**

Son aquellas que ofrecen una sensibilidad ambiental o social elevada impidiendo el desarrollo de ciertas actividades en su interior. Por sus características de vulnerabilidad *no es posible la realización de proyectos*, no solamente desde el punto de vista de ecosistema y social sino desde el punto de vista técnico como construcción de vías de acceso, viviendas; ni como tampoco captaciones de vertimientos. En la Tabla 161 se identifican los diferentes sectores estudiados para la representación final del mapa de zonificación Ambiental.

Tabla 161. Relación de áreas de exclusión zona de estudio

Unidad	Sensibilidad	Descripción
Exclusión	Muy Alta	Rondas de protección de drenajes principales y sus tributarios.
		Rondas de protección de manantiales de carácter permanente o intermitente.
		Zonas de amenaza alta por Inundación, Avenida Torrencial y Movimientos en masa
		Zonas que forman parte de corredores ecológicos.

Fuente: Geocing S.A.S..

Por otra parte, se incluyen dentro de estas áreas de exclusión aquellas con intenso desarrollo de erosión y/o movimientos en masa, se incluyen las zonas de laderas natural con pendientes superiores a 45°, zonas intervenidas inestables y zonas de laderas naturales o intervenidas potencialmente susceptibles a inestabilidad. De igual forma, se puede incluir en estas zonas, aquellas áreas en las que la intervención antrópica, como la tala y quema de la cobertura vegetal, construcción de viviendas sin normas técnicas, inadecuada captación y manejo de las aguas residuales domésticas y de escorrentía; y disposición de escombros, entre otros, pueden llegar a crear sectores inestables.

- **Uso recomendado**

Este tipo de área de protección puede ser usada para lo siguiente:

- Pueden ser adecuadas y utilizadas para recreación pasiva o contemplativa mediante la implementación de miradores o senderos ecológicos.
- Obras de servicio público (interceptores de alcantarillado, Sistemas de Tratamiento “PTAR”.
- Obras de control y mitigación de riesgo.
- Parques lineales (malecones), áreas arborizadas, paseos, alamedas)

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Ronda de protección de drenajes**

Estas zonas corresponden a los bordes de ríos y quebradas en cuyas márgenes se asocian los últimos relictos de bosque de galería, conformados por especies arbóreas, mezclados con rastrojo alto en zonas de laderas y que en la actualidad se encuentran altamente intervenidos por actividades antrópica.

Son áreas potencialmente inundables por las corrientes principales y sus tributarios cuya ronda de protección se determinó a partir de las cotas máximas de inundación para periodos de retorno de 100 años, cuyos resultados se relacionan en la Tabla 162.

Tabla 162 Relación de ronda de protección de drenajes

Casco urbano	Drenaje	Período de retorno de 100 años	Zona de protección (m)	Protección desde la corona del talud (m)
Acevedo	Qda. Cangrejo	100	10	5
	Qda. La Guache	100	10	5
	Qda. Marajó	25	10	5
	Drenaje N 1	25	5	

Fuente: Geocing S.A.S.

- Aislamientos mínimos en cauces

Para la determinación de los aislamientos mínimos de cauces, requiere la definición de **Creciente Básica**, la cual corresponde a la creciente que solo tiene 1% de posibilidad de ocurrencia en un año, lo cual equivale a una creciente con periodo de retorno de 100 años:

1. Cauces principales

Los cauces principales son definidos como aquellos con crecientes básica superior a **100** metros cúbicos por segundo, para el área de estudio está referido No se presentan cauces principales. El aislamiento o zona de protección entre el proyecto y los cauces principales debe ser superior en todos los casos a más de **20 metros** de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente básica (100 años).

2. Cauces secundarios

Los cauces secundarios son definidos como aquellos con caudales entre **10 y 100** metros cúbicos por segundo. El aislamiento o zona de protección entre los proyectos y los cauces secundarios debe ser superior en todos los casos a más de **10 metros** de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente básica (100 años).

3. Demás cauces

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Para los demás cauces y corrientes *permanentes* o no *permanentes*, con caudales máximos para la creciente básica (Período de retorno de 100 años) inferiores a **10** metros cúbicos por segundo, para el área de estudio no se presentan Cauces. El aislamiento debe ser superior en todos los casos a más de **5 metros** de la línea correspondiente a la cota de inundación de la creciente básica (100 años).

Tabla 163 Área de protección para cauces secundarios

Casco urbano	Drenaje	Período de retorno de 100 años	Cauce promedio (m ³ /s)	Zona de protección (m)
Acevedo	Qda. El Pueblo	100	10 -100	10
	Qda. El Putio	100	11 -100	10
	Qda. Tinajas	100	12 -100	10
	Qda. La Pita	100	13 -100	10

Fuente: Geocing S.A.S.

- **Área de Alta restricción (AAR) Sensibilidad alta**

Indica las áreas donde se pueden desarrollar proyectos, pero con restricciones, poniendo en práctica las medidas de control ambiental debido a su alta sensibilidad. Corresponden a las franjas de protección de laderas y aquellos sectores localizados entre cotas de inundación para periodos de retorno de 100, 500 y mayores a 500 años, sobre las cuales sólo se permitirá la intervención con obras lineales y puntuales de baja densidad; las cuales requerirán para su desarrollo la realización de una serie de medidas de prevención, control hidrológico y geotécnico.

- Zona de protección de laderas

La definición de esta zona se realiza con base en los aspectos *geomorfológicos* y *geotécnicos*. El primero de ellos establece el grado de inclinación de las laderas y la segunda el comportamiento geomecánico de los materiales que las constituyen, las cuales definen franjas de protección comprendida entre el cambio de la pendiente de estas y la parte horizontal en la parte superior y baja de laderas y taludes.

Las zonas referidas a la parte superior están constituidas de forma general por el depósito no consolidado tipo de abanico aluvial y en algunos sectores por rellenos antrópicos (disposición de escombros); mientras en la parte inferior se registra la presencia de depósitos de planicies aluviales, terrazas, y de ladera (coluviones y derrubios). El comportamiento geomecánico de este tipo de material facilita el desarrollo de erosión pluvial (calvas de erosión) e hídrica (surcos, cárcavas y zanjas) y movimientos en masa de tipo deslizamiento rotacional, reptación, flujos de detritos y terracetas, desarrollados preferencialmente en el cambio de pendiente hacia las laderas de los drenajes principales, situación favorecida por el régimen pluviométrico, al carácter no consolidado

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

del material, pendiente del terreno y el limitado desarrollo de la cobertura vegetal protectora.

La cobertura vegetal predominante en estas zonas está asociada a bosques y áreas seminaturales, pastos naturales y enmalezados, vegetación herbácea o arbustiva, destacando que su uso está referido en algunos sectores al desarrollo de viviendas de barrios *informalmente* establecidos o de construcciones de diferente tipo que constituyen las zonas de asentamientos del casco urbano.

Con base en lo anterior, se determinó para las diferentes zonas que constituyen el área de estudio una zona de protección de ladera mínima de diez **(10)** metros para la parte superior, que puede ser superior en laderas mayores a 15 m de altura y de acuerdo a los resultados de análisis de estabilidad, y de cinco **(5)** metros para la parte inferior.

- Uso recomendado}
 - Zonas de protección ambiental
 - Zonas de recreación activa, pasiva y contemplativa (parques, losas deportivas, parques infantiles áreas arborizadas, paseos, alamedas o equipamiento para actividades culturales aire libre).
 - Vías urbanas, obras de servicio publico

Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM.

• Aislamiento mínimo de laderas y taludes

De acuerdo a los análisis realizados para determinar la estabilidad de laderas y taludes, se determinó que la superficie de falla se puede presentar a menos de 5 m de la corona del talud en condiciones estáticas o dinámicas, sin embargo, esta distancia lo es para el caso en que ocurra una superficie de falla con el menor factor de seguridad que se establezca para el talud. Esta se ha determinado para alturas que oscilan entre 5 m y 12 m, pero para alturas superiores puede aumentar dicho rango.

Para los suelos y rocas observados en las diferentes zonas que conforman el área de estudio, en los que predominan ángulos de fricción de 30°, excepto algunos sectores, y donde la cohesión es baja, se podría establecer que en promedio un ángulo relativamente estable para un talud o una ladera es de 60° con respecto a la horizontal. Esto no será válido para los sectores en los que la ladera esté conformada por suelos netamente arcillosos o limosos, en los que el ángulo de inclinación del talud tendrá que ser al menos de 45° o menos. Si consideramos un talud hipotético vertical y le calculamos las cuñas

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

de falla a 60°, 45° y 30° (ángulo respecto a la horizontal), se tendrían los datos presentador en la Tabla 164.

Lo anterior es considerando una proyección geométrica, pero los materiales no obedecen a dichas proyecciones, por lo que sólo se puede sugerir unas distancias de protección para laderas que tengan menos de 15 m de altura, porque como lo muestra la proyección geométrica, las distancias posibles para alturas mayores se hacen también muy grandes y esto podría causar conmoción para quienes administran valores de terreno. De acuerdo a la Tabla 164, si se tuviese un talud de 15 m con una inclinación de 45° en materiales blandos y fallaran alcanzando un ángulo de reposo de 30°, la distancia a la cual ocurriría la superficie de falla sería (25.98 – 15), esto es 10.98, sin considerar falla retrogresiva.

Tabla 164 Cuñas probables de falla para un talud vertical a diferentes alturas

ÁNGULO VERTICAL	ALTURA TALUD (m)	DH CUÑA	OBSERVACIONES
30°	5	2.88	Aplica para taludes en suelos ligeramente consolidados y rocas blandas
	10	5.77	
	15	8.66	
	20	11.54	
45°	5	5	Aplica a taludes en rocas blandas arcillosas y suelos granulares con cierto contenido de finos
	10	10	
	15	15	
	20	20	
60°	5	8.66	Aplica a taludes con suelos arcillosos y limosos
	10	17.32	
	15	25.98	
	20	34.64	

Fuente: Geocing S.A.S.

Teniendo en cuenta que en el casco urbano se tienen laderas con alturas que varían entre los 10 y 15 m de altura, el recomendar una distancia mínima de seguridad de **10 m** se considera aceptable, dado que los suelos y rocas no son tan blandos. Para alturas mayores a 15 m, es conveniente la definición de esta distancia por análisis de estabilidad, la cual muy seguramente será mayor de 10 m.

Al realizar el análisis respectivo para la base del talud es conveniente tener en cuenta que el volumen desplazado, la altura del talud y la presencia de obras de contención, y en ellas su altura y tipo. El recomendar como mínimo una distancia de **5 m** de aislamiento entre el talud y una zona de ropas o de descanso, es conveniente, cuando no se tienen obras de protección; pero en ningún momento se debería tener zonas habitadas como

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

habitaciones o zonas de trabajo a menos de dicha distancia. Sin embargo, esta zona debe aumentar en distancia al aumentar la altura del talud o del corte que se realice.

Finalmente, establecer esta distancia, como una receta, no es posible aún, ya que debemos contar con que los suelos y las rocas presentan gran variabilidad tanto en el sentido vertical como en el horizontal, y no podemos por lo tanto, definir su comportamiento de una manera precisa. Las áreas que pueden ser utilizadas para el desarrollo urbanístico condicionadas a lo siguiente:

- Estudios geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos detallados
- Previas obras de control y mitigación para las amenazas presentes
- Previo permisos de aprovechamiento forestal
- Cumplimiento a la Norma Sismo resistente y a la normatividad vigente para el desarrollo de proyectos urbanísticos

Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM.

- **Área de Mediana restricción (AMR) Sensibilidad Media**

Esta zona de amenaza media se encuentra dada por inundación, avenida torrenciales y por movimientos en masa y área de cobertura vegetal de importancia ambiental.

Zonas de mediana sensibilidad ambiental, en las cuales es posible el desarrollo de proyectos, siguiendo algunas medidas de manejo ambiental.

Esta unidad se encuentra representada por el color amarillo en el Mapa de Zonificación Ambiental

Dentro de estas zonas de mediana exclusión se recomienda diferentes usos en los cuales pueden ser utilizadas estas áreas:

- Zonas de Protección Ambiental
- Zonas de recreación activa, pasiva y contemplativa (parques, losas deportivas, parques infantiles, áreas arborizadas, paseos, alamedas o equipamiento para actividades culturales al aire libre).
- Vías urbanas, obras de servicio público
- Áreas que pueden ser utilizadas para el desarrollo urbanístico condicionadas a los permisos de aprovechamiento forestal ante la CAM.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- **Área de Alta restricción (AAR) Sensibilidad alta**

Indica las zonas susceptibles de intervención sin restricciones especiales, distintas de las prácticas de buen manejo ambiental favorecidas por su baja sensibilidad.

Este tipo de áreas corresponden a las de mayor distribución en las diferentes zonas evaluadas, sobre la que se presenta el desarrollo de construcciones e infraestructura en los sectores estudiados, y es representada por el color verde en el Mapa de Zonificación Ambiental.

Dentro de estas zonas pueden ser susceptibles de intervención sin restricciones especiales, en donde se presenta compatibilidad con el desarrollo de proyectos urbanísticos, dado que los impactos potenciales se ven reducidos. Sin embargo, lo anterior obliga al cumplimiento de la Norma Sismo Resistente y a la normatividad vigente para el desarrollo de proyectos urbanísticos.

Con base en el análisis de la información de los mapas temáticos de las componentes geo ambientales definidas para el presente estudio se agrupan y se definen las áreas que conforman la zonificación ambiental para el área de estudio, las cuales se describen a continuación, relacionando los criterios técnicos que las definen y sus principales usos que se recomiendan con base en la síntesis de resultados de la presente evaluación.

A partir de la diferenciación de las áreas de exclusión se realizó el Mapa de Zonificación Ambiental del casco urbano de Acevedo en escala 1:2.000, en los que se puede apreciar la distribución de las unidades encontradas asignándole a cada unidad un color en función del grado de intervención como se indica en la Tabla 165

Tabla 165. Áreas de zonificación ambiental para la zona de estudio.

COLOR	SÍMBOLO	ÁREA	DESCRIPCIÓN	USOS RECOMENDADOS
	AE	Área de exclusión	Rondas de protección de drenajes principales y sus tributarios. Zonas de amenaza alta por inundación, erosión o movimientos en masa, Zonas que forman parte de los corredores ecológicos, Cobertura forestal asociadas a rondas de protección.	Áreas de protección que pueden ser usadas para lo siguiente:- Pueden ser adecuadas y utilizadas para la recreación pasiva o contemplativa mediante la implementación de miradores o senderos ecológicos.- Obras de servicio público (interceptores de alcantarillado, sistemas de tratamiento PTAR).- Obras de control y mitigación del riesgo, parques lineales, áreas arborizadas. Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la CAM.
	AAR	Área de alta restricción	Zona de protección de ladera mínima de diez (10) metros para la parte superior, que puede ser superior en laderas mayores a 15 m de altura y de acuerdo a los resultados de	Zonas de protección ambiental. Zonas de recreación activa, pasiva y contemplativa (parques, losas deportivas, parques infantiles, áreas arborizadas, paseos, alamedas o equipamientos para actividades culturales). Vías urbanas, obras de servicio público. Todas las anteriores actividades antes de su

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

COLOR	SÍMBOLO	ÁREA	DESCRIPCIÓN	USOS RECOMENDADOS
			los análisis y de cinco (5) metros para la parte inferior.	ejecución deben tener la aprobación por parte de la CAM.
	AMR	Área de mediana restricción	Zona de amenaza media por inundación, avenidas torrenciales y por movimientos en masa. Área de cobertura vegetal de importancia ambiental	Áreas que pueden ser utilizadas para el desarrollo urbanístico condicionadas a lo siguiente: - Estudios geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos detallados. Previas obras de control y mitigación para las amenazas presentes. Previo permisos de aprovechamiento forestal. Cumplimiento a la Norma sismo resistente para el desarrollo de proyectos urbanísticos. Todas las anteriores actividades antes de su ejecución deben tener la aprobación por parte de la CAM.
	ASR	Área sin restricción	Zonas estables ante movimientos en masa e inundaciones y avenidas torrenciales y sin cobertura vegetal que represente importancia ambiental	Áreas susceptibles de intervención sin restricciones especiales, en donde en presente compatibilidad con el desarrollo de proyectos urbanísticos.

Fuente: Geocing S.A.S.

La Ilustración 306 representa la Zonificación Ambiental final del casco urbano de Acevedo está permitirá tener en un documento cartográfico de los elementos que conforman la síntesis ambiental del área evaluada y a la vez indicaron los requerimientos en cuanto a la aplicación de planes de manejo específicos encaminados a evitar, mitigar, corregir, compensar y manejar los posibles impactos ambientales generados por las actividades a ser ejecutadas en los diferentes proyectos.

Tabla 166 Resumen de área de la zonificación ambiental

Casco urbano de Acevedo		
Categoría	Área (Ha)	Porcentaje (Ha)
Área de exclusión	125.30	44.81%
Área de mediana restricción	54.97	19.66%
Área sin restricción	99.34	35.53%
Total	279.78	100%

Fuente: Geocing S.A.S.



“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”



INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO

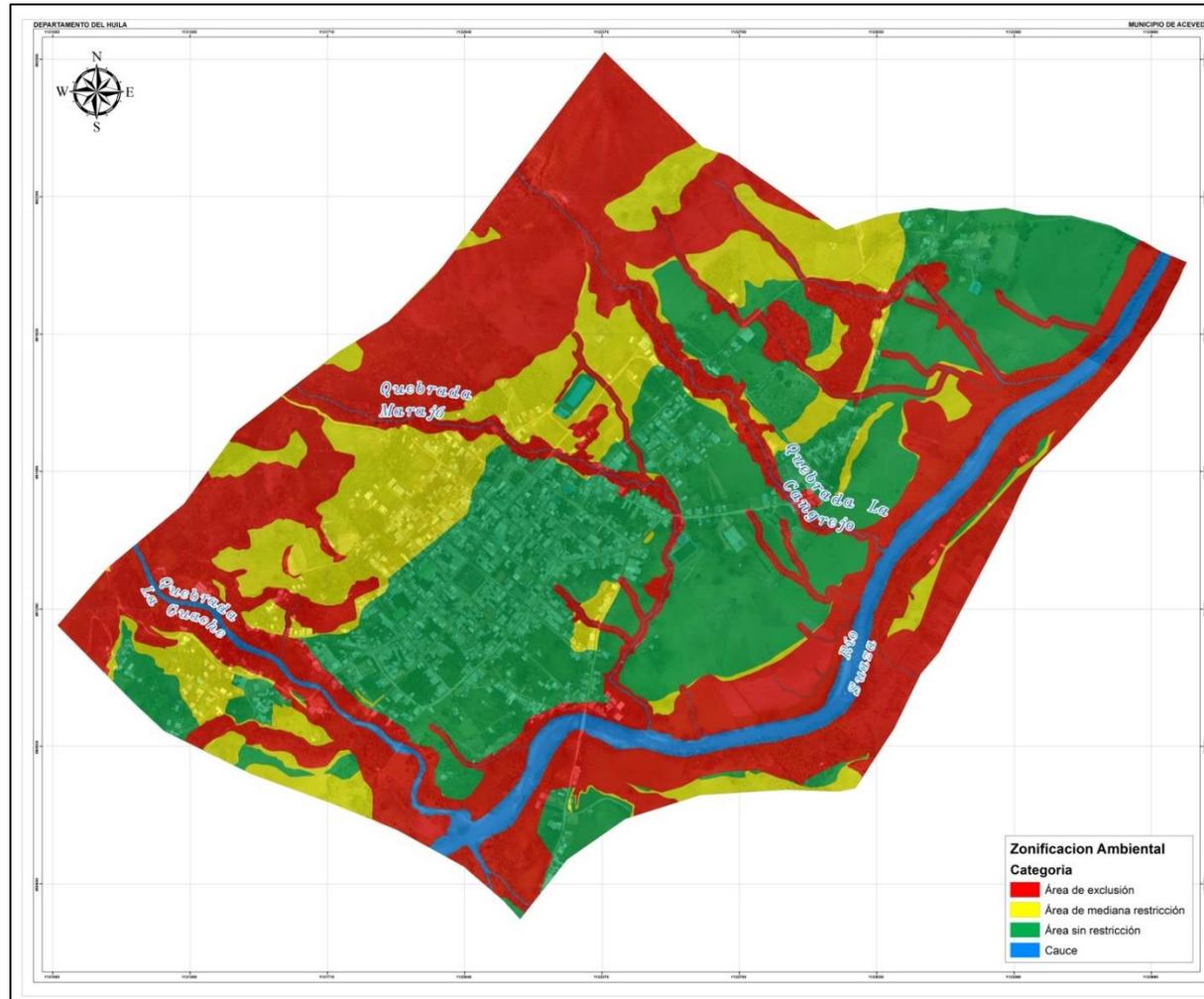


Ilustración 306. Mapa de zonificación Ambiental, Casco urbano de Acevedo.
Fuente: Geocing SAS

Dirección de correo: Calle 120 No. 49-44
Teléfono (1) 7046969 / (1) 7458541
Bogotá D.C.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

19 CONCLUSIONES

19.1 AMENAZA

19.1.1 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Las zonas de amenaza alta se concentran al oriente en el límite del casco urbano donde se presentan zonas con movimientos superficiales de tipo reptación, con relieve montañoso y pendientes mayores a 45°. Adicionalmente, las pendientes de los taludes son altas, situación que potencia el efecto de los principales factores detonantes de los movimientos en masa, como son las lluvias y las fuerzas sísmicas.

Las márgenes de taludes adyacentes del Río Suaza son susceptibles a socavación lateral producto del poder erosivo de las corrientes, profundizando los cauces (erosión de fondo) e inestabilizando los taludes aledaños. En épocas de lluvias, el proceso de socavación aumenta por el aumento del caudal de los ríos y aumentando la cantidad de material transportado.

Así mismo, el mapa muestra que las laderas adyacentes a las quebradas La Guache, Cangrejo, Marajó y Drenaje N° 1 distribuidas en todo en todo el casco urbano tienen una probabilidad de falla alta, especialmente en épocas de invierno cuando la lluvia genera la saturación del suelo y la consecuente reducción de los esfuerzos efectivos y la resistencia al corte del terreno afectan la estabilidad de los taludes de los cauces.

Debido a la intervención antrópica, se presentan erosión surcos, formando pequeños canales por los cuales se arrastran partículas de suelo, este tipo de erosión se presenta en los depósitos aluviales, generados por el río Suaza y las diferentes Quebradas.

Por otro lado, los taludes dentro de la zona de estudio presentan inestabilidad superficial, reptación, debido a los cortes que se realizaron con el fin de conformar la infraestructura vial de la zona. Además de esto, también existe una susceptibilidad en los taludes de corte sobre la terraza aluvial subreciente, debido a la erosión, ya que la matriz se pierde y quedan expuestos los bloques a la acción de la gravedad.

Otra zona de amenaza alta, donde se evidencia la inestabilidad generada por el inadecuado manejo de aguas de infiltración, se presenta en el sector del Polideportivo, aprox. entre la carrera 5 con calle 21 evidenciada por el fallo de un talud de corte estabilizado por filas de gaviones, los cuales debido a las características bajas de los materiales en el trasdós del mismo, este ha sido afectado evidenciado en su falla e inestabilidad local, al parecer este proceso fue generado por corte en la ladera para la construcción de viviendas en la parte inferior.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Las zonas de amenaza media (áreas amarillas) indican los lugares en los cuales, en caso de generación de un evento de inestabilidad el material movilizado afectaría estas zonas, ubicadas en el pendientes medias - menos de 30° donde el terreno se caracteriza por tener pendientes medias, estas definen sectores compuestos por suelos transportados aluvio torrenciales subreciente, en donde es posible la ocurrencia de movimientos en masa, cuando se presentan precipitaciones que elevan los niveles freáticos y en condiciones sísmicas.

Las zonas de amenaza baja están localizadas de manera general en el casco urbano donde la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa es inferior al 0.20%, debido a la baja inclinación del terreno, además de pendientes bajas que no favorecen a la generación inestabilidad.

En conclusión, las zonas más críticas son las adyacentes a los márgenes de las quebradas La Guache, Cangrejo, Marajó , Drenaje N° y el Río Suaza, al igual que los de alta pendiente, debido a los factores naturales y antrópicos descritos anteriormente.

Es importante indicar, que, la zonificación y categorización de la amenaza por movimientos en masa fue evaluada para las condiciones actuales del terrero, respecto a uso, cobertura de suelo y pendientes; si por algún motivo estas son cambiadas para diferentes fines, la zonificación y categorización de la amenaza por movimientos en masa cambiara.

19.1.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN

El municipio de Acevedo presenta un régimen pluviométrico de tipo bimodal; típico de la región de estudio, por lo que se presentan dos temporadas lluviosas denominadas de invierno a lo largo del año, la primera comprendida entre los meses de marzo a junio y la segunda de medados de septiembre a finales de noviembre, originadas por el paso de la ZCIT (Zona de convergencia intertropical) sobre la región Andina colombiana, con el movimiento es de sur a norte de la ZCIT para el primer período húmedo y el desplazamiento descendente de norte a sur para el segundo período; destacando que las temporadas lluviosas están asociadas con las temporadas de caudales altos, intercaladas con períodos secos o de bajas precipitaciones donde normalmente se presentan caudales bajos o de estiaje.

La topografía de la zona de estudio se caracteriza por presentar altas elevaciones y tener una terraza, lo que causa que existan zonas inundables sobre la desembocadura de las quebradas, Marajó, Cangrejo, No 1 y la guache, en donde el flujo de agua puede transitar con menor velocidades y por lo tanto aumentaría su área hidráulica y esto genera mayores afectaciones en los elementos cercanos.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

La modelación hidráulica del río Sauza y sus afluentes como lo son la quebrada la Guache, Marajó, Cangrejo y No 1, para los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 500 y 100 años. Los resultados obtenidos de los diferentes escenarios de crecientes. Permiten determinar que las instalaciones hidráulicas en las quebradas Marajó, Cangrejo y No1 (nombre otorgado por el proyecto), presentan desbordamiento de 30 cm a 1 m; en la vía principal que conecta Suaza- Acevedo. Por lo que se recomienda como primera medida de intervención el mantenimiento de las unidades hidráulicas, y posteriormente su ampliación de la luz de los box culvert y alcantarillas; sin embargo se presenta un alerta en la quebrada la Guache en la parte del puente Pitalito - Acevedo, dado que la lámina se desborda a ambos márgenes de la quebrada, afectando las viviendas y la estructura hidráulica.

Por lo anteriormente expuesto, se recomienda al municipio de Acevedo y la Corporación Autónoma Regional, utilizar los resultados obtenidos de la zonificación de amenaza de inundación por desbordamientos del río Suaza y sus afluentes como lo son la quebrada la Guache, Marajó, Cangrejo y No 1, sobre el casco urbano, como instrumento de planeación, para aquellas zonas que presenten afectación y/o amenaza de inundación, a fin de minimizar los riesgos, a los cuales puedan estar expuestos la comunidad e infraestructuras de desarrollo y producción.

Finalmente, se resalta, que es posible que se presenten externalidades que no hayan sido contemplados en la presente consultoría, dado que se escapan del alcance del presente estudio, como lo son la estabilidad y continuidad de las márgenes existentes, que conforman las bancas de la red de drenaje rural del casco urbano de Acevedo, las cuales no se consideraron en el presente análisis, puesto que se escapan del alcance del presente análisis.

19.1.3 AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL

En el casco urbano de Acevedo se identificó que la quebrada la Guache se encuentra bajo la amenaza de avenida Torrencial. Es de resaltar que, la lámina y la velocidades promedio de la quebrada son elevadas, y a antes de su desembocadura llegan a zonas planas, las cuales disminuyen la velocidad y aumenta el área de inundación a ambos costados de la quebrada;

La evaluación del riesgo indica que las zonas donde se presenta riesgo alto por avenida torrencial requieren de atención prioritaria, debido a que gran cantidad de sus elementos expuestos se encuentran en riesgo alto o inaceptable. Por esta razón, es necesario la disminución de la amenaza, la cual se puede llevar a cabo mediante medidas estructurales expuestas en este documento como pueden ser: (reforestación de cuencas,

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

obras de estabilización de laderas, obras de urbanismo, entre otras) o medidas no estructurales (normas y reglamentación y campañas educativas).

Adicionalmente, los elementos en riesgo alto no requieren de una atención prioritaria como tal, sin embargo, las condiciones de riesgo son dinámicas, es decir que cambian en el tiempo, siempre aumentando, tanto en sus características como en su nivel. Por esta razón, no se amerita una inversión inmediata en acciones específicas pero si se deben desarrollar actividades para la gestión del riesgo del centro poblado con el fin de prepararlo para la respuesta a emergencias y desastres, así como para su recuperación.

Por lo anterior expuesto se recomienda al municipio de Acevedo y a la Corporación Autónoma regional que utilicen los resultados obtenidos por la consultoría, como instrumento de planeación, para aquellas zonas que presenten afectación y/o amenaza de inundación, a fin de minimizar los riesgos, a los cuales puedan estar expuestas la comunidad e infraestructuras de desarrollo y producción.

19.2 VULNERABILIDAD

19.2.1 VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

El casco urbano de Acevedo se categoriza con vulnerabilidad alta con un valor de 0,72, el 98,2% de los predios y el 76,7% del tramo vial del casco urbano presenta una vulnerabilidad total alta, esto debido a que el grueso de la población presenta una vulnerabilidad social y física media debido a las condiciones socioeconómicas de la comunidad, y el sistema estructura y longevidad de las construcciones; las vías presentan esta categorización debido al tipo, ya que predominan las vías terciarias, sin pavimentar y de carril sencillo (Ver Tabla 167).

Tabla 167. Valor de la vulnerabilidad total por movimientos en masa para el casco urbano de Acevedo.

Zona de Estudio	IVT _z	Categoría Vulnerabilidad
Casco urbano de Acevedo	0,72	Alta

Fuente: Geocing S.A.S.

19.2.2 VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN

A partir de los resultados correspondientes a la vulnerabilidad total de los elementos expuestos (Predios, puentes y vías) presentados en el capítulo 14.4.3, se obtuvo la vulnerabilidad total correspondiente a todo el casco urbano de Acevedo, la cual indica que este se encuentra categorizado con vulnerabilidad baja, tal como se presentan en la Tabla 168, esto debido a que el 96% de los predios y el 60% de las vías presentan la misma categorización por vulnerabilidad baja.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 168. Valor de la vulnerabilidad total por inundación para el casco urbano de Acevedo.

Zona de Estudio	IVT _z	Categoría Vulnerabilidad
Casco urbano de Acevedo	0,32	Baja

Fuente: Geocing S.A.S.

19.2.3 VULNERABILIDAD POR AVENIDA TORRENCIAL

Como se logró identificar el casco urbano de Acevedo se categoriza con vulnerabilidad baja con un valor de 0,33, esto debido a que como se presenta en el capítulo 14.4.4, los elementos expuestos (vías, predios y puentes) se encuentran categorizados principalmente en la categoría de vulnerabilidad total baja; esto debido a la vulnerabilidad física donde el 98,0% de los predios se categorizaron con vulnerabilidad baja, por la ubicación de los mismos respecto a la quebrada La Guache y el río Suaza, ya que la afectación principal se ubica en los 50 metros aproximadamente de ronda de estos drenajes y las vías el 71,0% se encuentran identificada en vulnerabilidad media

Tabla 169. Valor de la vulnerabilidad total por avenida torrencial para el casco urbano de Acevedo.

Zona de Estudio	IVT _z	Categoría Vulnerabilidad
Casco urbano de Acevedo	0,33	Baja

Fuente: Geocing S.A.S.

19.3 RIESGO

19.3.1 RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA

El casco urbano de Acevedo presento una categorización de riesgo medio como se presenta en la Tabla 170, y en el capítulo 15.6, esto debido a que la amenaza para el casco urbano en un periodo de retorno de 50 años es de 0,14 y la vulnerabilidad total es de 0.72.

Tabla 170. Valor del riesgo por movimientos en masa para el casco urbano de Acevedo.

Zona de Estudio	IR	Categoría Riesgo
Casco urbano de Acevedo	0,11	Media

Fuente: Geocing S.A.S.

Se presenta la categorización correspondiente a predios y vías categorizados por riesgo ante movimientos en masa en el casco urbano de Acevedo, identificando que existe un riesgo económico total de \$33.180´126.846, de los cuales \$30.580´113.498 corresponden a las pérdidas de predios y \$ 2.600´013.347 de vías. De los 1.926 predios ubicados en el casco urbano, la mayor proporción presenta riesgo bajo (1.371 predios), esto debido a

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

que la zona de mayor afectación en caso de un movimiento en masa es al occidente del mismo donde se ubican menos construcciones, 477 predios se identificaron el riesgo medio y 8 predios se encuentran categorizados en riesgo alto. La malla vial de Acevedo corresponde a 20,52 Km de los cuales la mayor longitud se encuentra categorizada con riesgo medio con 11,8 Km, ubicados entre las carreras segunda y sexta, y las calles 1B y décima, 7,4 Km en riesgo bajo (\$626'248.287) y 1,28 Km en riesgo alto con unas pérdidas económicas esperadas de \$914'898.816.

Tabla 171. Categoría de riesgo por Movimientos en Masa de las construcciones y sus pérdidas esperadas.

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo construcciones (N°)		
		Bajo	Medio	Alto
Casco urbano de Acevedo	\$30.580'113.498	1.371	477	78

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 172. Categoría de riesgo por Movimientos en Masa de las vías y sus pérdidas esperadas

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo vías (m)		
		Bajo	Medio	Alto
Casco urbano de Acevedo	\$ 2.600'013.347	7.433,13	11.803,90	1.283,82

Fuente: Geocing S.A.S.

A pesar de que el casco urbano no presenta un riesgo algo, es necesario evaluar de manera detallada la situación correspondiente para los 78 predios y los 1,28 Km que se encuentran categorizados con riesgo alto ante movimientos en masa, para desarrollar acciones prioritarias que reduzcan su correspondiente impacto y riesgo económico directo (\$7.627'490.960).

19.3.2 RIESGO POR INUNDACIÓN

El casco urbano de Acevedo se encuentra categorizada con riesgo bajo por inundación tal como se presenta en la Tabla 173 y el capítulo 15.7, con un índice de 0,02, debido a que los resultados de vulnerabilidad total y amenaza del casco urbano también se encuentran en categoría baja.

Tabla 173. Valor del riesgo por Inundación para el casco urbano de Acevedo.

Zona de Estudio	IR	Categoría Riesgo
Casco urbano de Acevedo	0,02	Bajo

Fuente: Geocing S.A.S.

Para los 1.926 predios y 20.480 metros viales ubicados en el casco urbano de Acevedo se presenta un riesgo económico total de \$ 6.363'056.774, de los cuales el 93,9% (\$ 5.977'882.551) corresponden a pérdidas de construcciones, las cuales se encuentran distribuidas así: 1.877 predios en riesgo bajo (\$ 4.226'962.426), 41 predios en riesgo alto (\$ 1.308'679.791) y 8 predios en riesgo medio (\$ 442.240.334). La malla vial se encuentra distribuida en 20,0 Km riesgo bajo (\$ 274.870.209), 0,31 Km en riesgo medio

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

(\$ 34.655.141) y 0,30 Km \$ 78.507.492 de las pérdidas económicas esperada de consolidarse el riesgo como se presenta en la Tabla 174 y Tabla 175.

Tabla 174. Categoría de riesgo por inundación de las construcciones y sus pérdidas esperadas.

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo construcciones (N°)		
		Bajo	Medio	Alto
Casco urbano de Acevedo	\$ 5.977.882.551	1.877	8	41

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 175. Categoría de riesgo por inundación de las vías y sus pérdidas esperadas

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo vías (m)		
		Bajo	Medio	Alto
Casco urbano de Acevedo	\$ 388.032.841	19.954	312	301

Fuente: Geocing S.A.S.

Ya que el casco urbano se encuentra categorizado con riesgo bajo, no se requieren implementar medidas de manera inmediata, pero es necesario evaluar de manera puntual los 39 predios y los 0,30 Km viales que están categorizados con riesgo alto, para evitar las pérdidas asociadas a estos que corresponden a \$ 1.355.076.278.

19.3.3 RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL

Como se logra identificar en la Tabla 176 y el capítulo 15.8, el casco urbano de Acevedo presenta una categorización de riesgo bajo por avenidas torrenciales con un valor de 0,02, esto debido a los resultados de amenaza y vulnerabilidad para el mismo con valores de 0,06 y 0,33 respectivamente.

Tabla 176. Valor del riesgo por avenida torrencial para el casco urbano de Acevedo.

Zona de Estudio	IR	Categoría Riesgo
Casco urbano de Acevedo	0,02	Baja

Fuente: Geocing S.A.S.

Se identifican el número de predios y los tramos viales para las correspondientes categorías de riesgo para avenidas torrenciales en el casco urbano de Acevedo, y el riesgo económico asociado a este evento; estableciendo que se presenta un riesgo económico total de \$ 5.137'922.965, de los cuales el 91,6% está asociado a las pérdidas correspondiente a predios y el restante 8,4% a las pérdidas viales. De los 1.926 predios ubicados en Acevedo el mayor número se ubica en riesgo bajo (1.903 predios), debido a la ubicación de la amenaza, la cual es mayor en los primeros 50 metros de ronda de la quebrada La Guache y el río Suaza donde la presencia de construcciones es menor, el restante de los predios correspondientes a 23 se encuentran distribuidos así: el 0,9% en riesgo alto (17 predios) y el 0,31% en riesgo medio (6 predios). La misma situación que se repite con las vías donde el mayor tramo esta categorizado con riesgo bajo con 20,2 Km seguido de 0.3 Km que se encuentran categorizados en riesgo alto.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Tabla 177. Categoría de riesgo por avenida torrencial de las construcciones y sus pérdidas esperadas.

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo construcciones (N°)		
		Bajo	Medio	Alto
Casco urbano de Acevedo	\$ 4.705'270.182	1.903	6	17

Fuente: Geocing S.A.S.

Tabla 178. Categoría de riesgo por avenida torrencial de las vías y sus pérdidas esperadas

Zona	Riesgo económico directo total	Riesgo vías (m)		
		Bajo	Medio	Alto
Casco urbano de Acevedo	\$ 432'652.782	20.206,80	0	275,27

Fuente: Geocing S.A.S.

A pesar de que el casco urbano no se encuentra categorizado con riesgo alto se hace necesario evaluar de manera puntual los elementos expuestos que presentan riesgo alto con el fin de contemplar medidas para evitar las pérdidas asociadas a estos que corresponden a \$881'934.387, los cuales corresponden a 17 predios y un tramo de 0,3 Km viales.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

20 BIBLIOGRAFÍA

- E.A.A.B - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2009). *Diseño de Alcantarillado. (NS -085)*. Bogotá.
- Hydrologic Engineering Center. (2002). *HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual*. Davis, California: US Army Corps of Engineers.
- Abramson, L., Lee, T., Sharma, S., & Boyce, G. (2002). *Slope stability and stabilization methods*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Agencia Catalana del Agua. (2003). *Recomendaciones Técnicas para los Estudios de Inundabilidad Locales*. Cataluña.
- AIS. (2010). *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Segunda Actualización*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Andes, U. d., Refugiados, A. C., & Social, A. (2008). *Protegiendo la Población desplazada colombiana: El papel de las Autoridades Locales*. Bogotá, Colombia: El proyecto Brookings-Berna sobre el Desplazamiento Interno.
- Aparicio, J. (2003). *Lluvias e inundaciones*. Obtenido de <http://www.iaem.es/GuiasRiesgos/Lluviaseinundaciones.pdf>
- Ayala, C. (2009). *Metodología para determinar riesgos por inundación debida al desboradamiento de un cauce aluvial*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Baecher, G., & Chirstian, J. (2003). *Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering*. Londres: John Wiley and Sons.
- Baeza, C. (1994). *Evaluación de las condiciones de rotura y la movilidad de los deslizamientos superficiales mediante el uso de técnicas de análisis multivariante. Tesis Doctoral*. Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartografía ETSECCPB-UPC.
- Bansal, A. (2011). Trapezoidal Fuzzy Numbers (a,b,c,d): Arithmetic Behavior. *International Journal of Physical and Mathematical Sciences*, 39-44.
- Bravo Mendoza, Ó., & Sánchez Celis, M. (2012). *Gestión Integral de Riesgos. Cuarta Edición*. Bogotá, D. C.: Bravo y Sánchez, EU.
- Cardona, O. (1993). Manejo Ambiental y Prevención de Desastres: dos temas asociados. *Anexos, Los desastres no son naturales, La Red*, 75-93.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Carlsson, C., & Fuller, R. (1997). OWA operators for decisions support. *Proceedings of the Fifth European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing (EUFIT'97)* (págs. 1539-1544). Aachen: 1539-1544.
- Carvajal, H., & INGEOMINAS. (2011). *Propuesta de estandarización de la cartografía Geomorfológica en Colombia*.
- Carvajal, H., Cortes del Valle, R., Romero, F., & Montero, J. (2004). *Proyecto Compilación y Levantamiento de la Información Geomecánica. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la zonificación geomecánica*.
- Castro, J. A. (2007). Deslizamientos y Avenidas Torrenciales. *Cosmos*, Año 10, No. 41, p. 3.
- CDMB-Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (2009). *Normas técnicas para el contrl de erosión y para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos. Resolución 001294*. Bucaramanga.
- Cerda, J., & Villarroel, L. (2008.). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chil Pediatr. Universidad Católica de Chile.*, Vol. 79. Num. 1. p. 54-58.
- Chardon, A.-C., & González, J. L. (2002). *Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre, Mitigación, Prevención: Primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis y evaluación*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Chow, V. T. (1959). *Open - Channel Hydraulics*. Tokyo: McGraw - Hill; Kogakusha.
- Chow, V. T. (1984). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill Book Company.
- Chow, V. T., R, M. D., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. New York, USA: Mc Graw-Hill International Editions, Civil Engineering Series.
- Cifuentes, D. (2011). *Modelación de vulnerabilidad física de estructuras de uno y dos pisos, asociada a deslizamientos. Tesis de Maestría* . Bogotá DC: Universidad Nacional de Colombia.
- Cionchi, J. L. (1984). Análisis cuantitativo de pendientes en la cuenca superior del arroyo chocori, provincia de buenos aires. *Asociación Geológica Argentina*, XXXIX (1-2) 28-37.
- CONAE Y OES/DSS. (s.f.). *Inundaciones: ¿Ques es susceptibilidad?*

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Congreso de Colombia. (24 de Abril de 2012). Ley No. 1523 . *Diario oficial de la República de Colombia* 48411.

CONURBA Consultoría y Gestión Urbana y Ambiental. (s.f.). *Susceptibilidad de inundaciones y deslizamiento de taludes*. Recuperado el Julio de 2016, de CONURBA Consultoría y Gestión Urbana y Ambiental: <http://conurbamx.com/home/susceptibilidad-de-inundaciones-y-deslizamiento-de-taludes/>

Cousot, P. (1996). *Rheology of Debris Flows - Study of Concentrated Dispersions and Suspensions. Tesis doctoral*. Grenobl: INPG.

Cousot, P., & Meunier, M. (1996). Recognition, classification and mechanical description of debris FLOWS. *Earth-Science Reviews* 40, 209-227 .

Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). *Landslides Types and Processes*. National Research Council.

CVC y Univalle. (2010). *Proyecto Midas - Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales, del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, el Cairo y la Unión*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.

Dane. (2005). *Censo General del Dane*. Obtenido de http://www.dane.gov.co/censo/files/discapacidad/marco_teorico.pdf

DANE. (02 de 03 de 2016). *Archivo Nacional de Datos*. Obtenido de Colombia - Indice de Pobreza Multidimensional - IPM- 2015: http://formularios.dane.gov.co/Anda_4_1/index.php/catalog/392

Deeb, A., & Diaz-Granados, M. (1988). Balance hídrico en la cuenca media del río Magdalena, modelación de la interacción río, acuífero, suelo, vegetación y atmósfera. *XIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*; . La Habana.

Duque Escobar, G. (2003). *Manual de Geología para Ingenieros - Geomorfología*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Durán, J., Elizaga, E., Garzón, G., Lamas, J., Lendínez, A., & Prieto, C. (1985). *Geología y prevención de daños por inundaciones*. Instituto Geológico Minero de España.

Engineers, U. A. (1990). *HEC-HMS, Flood Hydrograph Package, User's Manual*. Hydrologic Engineering Center Generalized Computer Program. CPD-1A, VErision: 4.0, Copyright 1992.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

Engineers, U. A. (s.f.). *HEC - RAS for Windows River Analysis System, Hydraulic Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, Generalized Computer Program.

Environmental Systems Research Institute, Inc. (2016). *ArcGIS for Desktop*. Recuperado el 25 de 05 de 2016, de ArcMap: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-slope-works.htm>

Escuder-Bueno, I., Castillo-Rodriguez, J., Zechner, S., Jöbstl, C., Perales-Momparler, S., & Petaccia, G. (2012). A quantitative flood risk analysis methodology for urban areas with integration of social research data. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 2843–2863.

Esri. (2013). *Arcgis Help*. Obtenido de <http://help.arcgis.com/En/Arcgisdesktop>

Feria Domínguez, J. M. (s.f.). *El riesgo de mercado: su medición y control*. Sevilla, España: Delta Publicaciones.

Firth, D. (1993). Bias Reduction of Maximun Likelihood. *Biometrika*, Vol 1 No. 1 pp. 27 - 38.

Flórez, A., & Suavita, M. (1997). Génesis y manifestación de las inundaciones en Colombia. *Cuadernos de Geografía*, Vol. VI, No. 1-2. p. 60-110.

Fondo de Adaptación. (2014). *Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas*.

Gharari, S., Hrachowitz, M., Fenicia, F., & Savenije, H. (2011). Hydrological landscape classification: investigating the performance of HAND based landscape classifications in a central European meso-scale catchment. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 3275-3291.

González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.

González G., A. J. (1990). *Conceptos sobre la Evlución de Riesgo por Deslizamientos. VI Jornadas Geotécnicas*. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de Ingenieros.

Gracia, A., Godé, L., Crego, E. A., Guirado, V., García, G., Lobera, C., & Martínez, E. (2014). Riesgos y Cuantificación de Daños por inundación.

Gravelius, H. (1985). *Developments in Water Science*. Amsterdam: Elsevier B.V.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Griffiths, D., & Fenton, G. A. (2004). Probabilistic slope stability analysis by finite elements. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130(5), 507-518.
- Guzzetti, F. (2005). *Landslide Hazard and Risk Assessment. Erlangung Des Doktorgrads*. Perugia, Italy: Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Hang Chok, Y. (2008). *Modelling the effects of soil variability and vegetation on the stability of natural slopes*. Doctoral Thesis. The University of Adelaide. School of Civil, Environmental and Mining Engineering.
- Heinze, G. (2014). *Firth's bias reduced logistic regression*. Obtenido de <http://cran.r-project.org/web/packages/logistf/logistf.pdf>
- Hidalgo, J. N. (2015). *Festival de Musica en Colombia*.
- Hjelmfelt, J. A., & Cassidy, J. J. (1976). *Hydrology for Engineers and Planners*. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
- Horton, P., Jaboyedoff, M., Rudaz, B., & Zimmermann, M. (2013). Flow-R, a model for susceptibility mapping of debris flows and other gravitational hazards at a regional scale. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 869-885.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 275-370.
- Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M. J., & Hutchinson, J. N. (2001). A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience Vol VII No 3*, 221-238.
- Hydrology and Earth System Sciences. (2011). *Hydrological landscape classification: investigating the performance of HAND based landscape classifications in a central European meso-scale catchment*.
- IDEAM - Universidad Nacional de Colombia. (2011). *Zonificación de amenazas por inundación en las cuencas del Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge, Sinú y Atrato: Propuesta metodológica y aplicación*. Medellín.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Cobertura de la Tierra-Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000*.
- IDEAM. (2012). *Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa*.
- IDEAM. (2013). *Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del Agua-ERA*.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- IDEAM. (2014). *Amenazas Inundación*. Recuperado el 19 de 10 de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>
- IDEAM Y MINAMBIENTE . (2014). *Estudio Nacional de Agua 2014*.
- IDEAM, & IAVH. (2014). *Metodología para la Interpretación de la Capa de Coberturas de la Tierra Escala 1:25000 de 1.400.000 ha de Páramos Priorizados. Versión 2*.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Enfoque Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá, Colombia.
- IMA. (2015). *Ingeniería y Medio Ambiente. Metodología para el análisis de fenómenos de remoción en masa*. Bogotá.
- INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras. Instituto Nacional de Vías*. Bogotá D. C.: Ministerio de Transporte, Subdirección de Apoyo Técnico.
- Jimeno, C. L., Fariñas de Alba, J. L., Gómez Prieto, R., Mataix González, C., Garcia Bermudez, P., Llopis Trillo, G., & Serrano Pedraza, P. (1999). *Manual de Estabilización y Revegetación de Taludes*. Madrid: Entorno Grafico, S.S.
- Jones, F., Embody, D., & Peterson, W. (1961). Landslides along the Columbia river valley, Northeastern Washington. . *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 367, 98.
- Jun, K.-S., Chung, E.-S., Kim, Y.-G., & Kim, Y. (2013). A fuzzy multi-criteria approach to flood risk vulnerability in South Korea by considering climate changes impacts. *Expert Systems with Application*, 40,1003-1013.
- Kelman, I., & Spence, R. (2004). An overview of flood actions on buildings. *Engineering Geology*, (73) 297-309.
- Kim, E. S., & Choi, H. I. (2011). Assessment of Vulnerability to extreme flash floods in Desgin Storms. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8, 2907-2922.
- Kok, M., Huizinga, H., Vrouwenvelder, A., & Barendregt, A. (2005). Standaardmethode2004—Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen. . *DWW-2005-005. RWS Dienst Weg- en Waterbouwkunde*.
- Lee Hua, J., Mak Chee, M., & Chin Wen, C. (2006). Web Based Fuzzy Multicriteria Decision Making Tool. *International Journal of The Computer, the Internet and Managment*, 14 (2) 1-14.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Lee, H.-J., Mak Chee, M., & Chin Wen, C. (2006). Web Based Fuzzy Multicriteria Decision Making Tool. *International Journal of The Computer, the Internet and Managment*, 14 (2) 1-14.
- Lee, T. Y., Lee, S. Y., & Lee, H. M. (2001). A note on "Evaluating the rate of Aggregative risk in software development using fuzzy set theory. *In Sixth Asia-Pacific Decision Sciences (APDSI) Conf.*
- Leone. (1996). *Concept de Vulnerabilite applique a l'evaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain*. Grenoble: These pour obtenir le titre de Docteur de L'Universite Joseph Fourier.
- Malczewski, J. (2006). A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(8):955-971.
- Martínez, D., & Castrillón, D. (2014). *Zonificación de amenazas por inundaciones en las zonas urbanas de expansión del municipio de Jamundí (Valle del Cauca)*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- MINAMBIENTE, M. F. (2014). *Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*.
- MinDesarrollo. (2000). Reglamento técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS - 2000. Sección II. Título D. Sistemas de Recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guia metodológica para la construcción de planes de manejo ambiental de acuíferos*. Bogotá DC.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente*. Bogotá DC.
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (26 de Mayo de 2015). Decreto No. 1077 . *Diario oficial de la República de Colombia*.
- Mockus, V. (1964). Estimation of direct runoff from storm rainfall. SCS, National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology,.
- Molina, J. (2014). *Técnica para crear e identificar mapas de susceptibilidad por remoción en masa usando aplicaciones SIG. Trabajo de grado para optar al título de especialista en Geomatica*. Bogotá DC: Universidad Militar Nueva Granada.
- Monsalve Saénz, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Bogotá D.C, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Montoya Jaramillo, L., Silva Arroyave, S. M., & González, J. E. (2009). Evaluación de zonas de amenaza por avenidas torrenciales utilizando metodologías cualitativas caso de aplicación a la quebrada Doña María . *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol 8, No. 15, pp 11-29.
- Mora, R. (1990). *Fundamentos sobre deslizamientos*. Obtenido de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>
- Morilla, A. (2002). *Análisis de Datos difusos*. Curso de Doctorado en Economía Cuantitativa. Universidad de Málaga.
- Moser, M., & HOhensinn, F. (1983). Geotechnical aspects of soils slips in Alpine Regions. *Engineering Geology*, 19: 185-211.
- Moulatlet, G. M., Rennó, C., Costa, F., Emilio, T., & Schietti, J. (2015). *Mapping hydrological environments in central Amazonia: ground validation and surface model based on SRTM DEM data corrected for deforestation*.
- Mulder, H. (1991). Assessment of landslide hazard. *Nederlandse Geografische Studies. PhD Thesis, University of Utrecht*, 150 pp.
- Nadal, N., Zapata, R., Pagán, I., López, R., & Agudelo, J. (2010). Building Damage due to Riverine and Coastal Floods. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 327-336.
- Nobre, A., Cuartas, L., Hodnett, M., Rennó, C., Rodrigues, G., Silveira, A., . . . Saleska, S. (2011). *Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model*.
- O’Rourke, M., & El Hmadi, K. (1988). Analysis of continuous buried pipelines For seismic wave effects." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 16, 917-929.
- O'Hagan, M. (1990). Using maximum entropy-ordered weighted averaging to construct a fuzzy neuron. *Proceedings of the 24th Annual IEEE Asilomar Conference on Signals, Systems and computing*. Pacific Grove, California.
- Ormazabal, G. (2002). *Un nuevo sistema integrado de toma de decisiones para la gestión de proyectos constructivos. Tesis Doctoral*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Ormazábal, Y. (2002). Modelación espacial mediante geomática y evaluación multicriterio para la ordenación territorial. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 14(1):81-89.
- OSSO – La Red. (Diciembre de 2007). *Guía metodológica de DesInventar. Sistema de Inventario de Desastres*. Obtenido de

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

<http://www.desinventar.org/sp/metodologia/DesInventar-MethodologicalGuideSpanish.pdf> -

- Oyagi, N. (1984). Landslides in weathered rocks and residual soils in Japan and surrounding areas: a state-of-the-art report. *Int. Symp. On Landslides, Toronto, 4th.*, vol3, 1-31 pp.
- Ozelim, L., Cavalcante, A., Pacheco de Assis, A., & Ribeiro, L. (2013). Analytical Slope Stability Analysis Based on Statistical Characterization of soil primary properties. *Int. J. Geomech*, 1943-5622.
- Páramo, G. E. (2007). *Análisis, Diagnóstico y Elaboración del mapa de susceptibilidad a los incendios de la cobertura vegetal en Colombia*. Contrato de Consultoría No. 2062372 (MAVDT-FONADE). Informe Final.
- Parra Lara, Á. d. (2011). *Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I*. Universidad Autónoma de Occidente.
- Pérez Mesa, G. (2014). *Propuesta Metodológica Para La Estimación De Zonas De Inundación Con Información Escasa Por Medio De Descriptores Geomorfométricos Derivados De Modelos Digitales De Elevación*. Universidad Nacional de Colombia.
- Pérez Mesa, G. J. (2014). *Propuesta metodológica para la estimación de zonas de inundación con información escasa por medio de descriptores geomorfométricos derivados de modelos digitales de elevación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Piedrahíta, I. (1996). *Estudio preliminar por eventos torrenciales en la vertiente occidental del Río San Juan, suroeste antioqueño. Trabajo de grado para el título de Geólogo*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Pierson, C., & Costa, J. (1987). A rheologic classification of subaerial sediment-water flows. *Geological Society of America. Reviews in Engineering, Volume VII*, 1-12.
- Pierson, T., & Scott, K. (1985). Downstream Dilution of a Lahar: Transition From Debris Flow to Hyperconcentrated Streamflow. *Water Resources Research, Volume 21, Issue 10*, 1511–1524.
- Ponce, V. M. (1989). *Engineering hydrology, Principles and Practices*. New Jersey, USA: Prentice Hall.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- PROCURADURIA GENERAL DE LA NACIÓN. (2010). *La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y Municipales: UNICEF.*
- Qiuping, W., & Daohong, Z. (2008). A new decision making method for fuzzy multiple attribute decision making problem. *Scientia Magna*, Vol 4, No 3, 19-25.
- RAE. (2006). *Diccionario esencial de la lengua española. Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española. 1.ª edición.* Madrid: Espasa Calpe.
- Redd, N. T. (5 de 10 de 2015). *Flood Facts, Types of Flooding, Floods in History.* Obtenido de Livescience: <http://www.livescience.com/23913-flood-facts.html>
- Rendón, G. (1997). La Hidráulica Torrencial. *DYNA*, vol. 22. p. 23 -31.
- Retnan, R., & Natarajan, C. (2013). Vulnerability of Reinforced Concrete Structures Subjected to Flood. En *Natural Disasters - Multifaceted Aspects in Management and Impact Assessment* (págs. 1-30).
- Rickson, R., & Morgan, R. (2005). *Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach.* Taylor & Francis e-Library.
- Rivas, M., Ovalles de Cabezas, Y., Soto, C., Ramirez, G., Ripanti, F., & González, J. L. (2009). Determinación de niveles de potencialidad torrencial de la cuenca del río Mocotíes Mérida, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, Volumen 53 (1) pp 33 - 41.
- Rodriguez, E., Godínez, F., Ariza, F., & Reyes, R. (2010). Estimadores ridge en regresión logística cuando hay separación en los datos y colinealidad. *Foro Nacional de Estadística*, 19-23.
- Ruiz, G., Medina, E., Alvarado, C., Trejos, G., Sandoval, Montero, J. L., & Ortegón, C. (2012). Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa (Escala 1:500.000). *Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa (Escala 1:500.000)* (pág. 20). Bogotá DC: Instituto Colombiano de Geología y Minería - INGEOMINAS.
- Saaty, T. L. (1981). *The Analytic Hierarchy Process.* New York: McGraw-Hill.
- SafeLand. (2011). Recommended Procedures for Validating Landslide Hazard and Risk Models and Maps. *Living with landslide risk in Europe.*
- Sagala, S. (2006). *Analysis of flood physical vulnerability in residential areas, M.Sc. Thesis.* International Institute of Geo-Information Science and Earth Observation,.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Salazar, A. (2012-2013). *Modelos de respuestad discreta en R y aplicación con datos reales*. Granada: Universidad de Granada.
- Santos, A., Phoon, K.-K., Asce, F., & Quek, S.-T. (2009). Reliability Analysys of infinite Slope using subset simulation. *Contemporary Topicd in Situ testing, Analysis, and Reliability of Foundations*, 278-285.
- Schmidt, K., Roering, J., Stock, J., Dietrich, W., Montgomery, D., & Shaub, T. (2001). The variability of root cohesion as an influence on shallow landslide susceptibility in the Oregon Coast Range. *Can. Geotech. J.*, 38: 995-1024.
- Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Guía Metodológica para estudios de amenaza, Vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*.
- SGC. (2015). *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC. (2016). *Servicio Geológico Colombiano*. Recuperado el Diciembre de 2016, de Observatorio Vulcanológico y Sismológico Popayán: <http://www2.sgc.gov.co/Popayan/Volcanes/Nevado-del-huila>
- Sierra, E. (2016). Defiición de medidas estructurales para mitigar el riesgo por avenidas torrenciales de las quebradas el Chulo y el el Tablón en la zona urbana del municipio de Gachetá, Cundinamarca. *IV Seminario. La gestión del riesgo de desastres hoy vista desde la academia*.
- Smith, K., & Ward, R. (1998). *Floods: Physical Processes and Human Impacts*. Chichester, John & Wiley.
- Soler, F. (2012). *Guía metodológica para evaluación de riesgos por deslizamientos en zonas urbanas a escala de diseño*. Bogotá.
- Soler, F., González, A., & Vesga, L. (1999). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá, Colombia*. XI CPMSIF. Fox de Iguazú, Brasil.
- Suarez Díaz, J. (2009b). Deslizamientos. En *Análisis Geotécnico Vol. 1 Capítulo 4. Análisis de Estabilidad*. Bucaramanga, Colombia: U.I.S Escuela de Filosofía.
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Capítulo 3. Esfuerzo y Resistencia al Cortante*. Bucaramanga, Colombia.: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Capítulo 5. Los flujos*. Obtenido de <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Tae-Heon, M., & Woo-Bae, L. (1999). Construction of Supporting System for Decision Making Process of Zoning Designation and Change that has Fuzziness. *The 6th International Conference Computers in Urban Planning and Urban Management*.
- Takahashi, T. (1981). Debris flow. *Annu. Rev. Fluid Mech*, 13, 57-77.
- Toskano, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en investigación operativa*. Lima: Universidad Mayor de San Marcos.
- UNAL. (2007). *Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el Valle de Aburrá. Formulación de propuestas de gestión*. Medellín.
- UNAL. (2013). *Zonificación de Amenazas por Inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio Colombiano*.
- UNAL(a). (2013). *Metodología para la evaluación del riesgo en los POMCA (Informe final inédito)*. Bogotá D.C: Convenio UNAL-MADS.
- UNISDR, E. I. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastre*. Ginebra: UN.
- Urrea, H. y. (1996). *Caracterización, cartografía y estrategias de manejo de las cuencas hidrográficas torrenciales del municipio de Guatapé. Trabajo de grado*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. .
- Urrea, H., & G, V. (1996). *Caracterización, cartografía y estrategias de manejo de las cuencas hidrográficas torrenciales del municipio de Guatapé. Trabajo de grado*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- USGS. (2016). *U. S. Geological Survey*. Recuperado el Marzo de 2016, de Landsat Missions. Landsat 8.: <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>
- Vallejo, R., & Valdecantos, A. (s.f.). *Incendios Forestales. Land Care in Desertification Affected Areas. Serie Folletos: B Número 2*. Valencia, España.
- Vargas, R., & Diaz-Granados, M. (1998). *Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad - Duración - Frecuencia para Colombia*. Santa Fe de Bogotá D.C.: Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de los Andes.
- Vásquez, G. (1993). *El problema constante de las cuencas torrenciales, a propósito del desastre del río Tapartó (Ant.)*, 26/4/1993. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

	<p>“ESTUDIOS DETALLADOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ACEVEDO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, TENIENDO EN CUENTA LOS LINEAMIENTOS DEL DECRETO 1077 DE 2015.”</p>
	<p>INFORME FINAL- MUNICIPIO ACEVEDO</p>

- Voogd, H. (1983). *Multicriteria evaluation for urban and regional planning*. London: Pion Ltda.
- Vrouwenvelder, A. (1997). Tweede Waterkeringen Hoeksche Waard. *Vorbereiding TA W-advies, Evaluatie schade/slachtofferberekening*.
- Wilches-Chaux, G. (1989). *Desastres, Ecologismo y Formación Profesional: Herramientas para la crisis*. Popayan: Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Yager. (1998). Structure of uninorms. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, (04):411-427.
- Yager, R. R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 18(1):183-190.
- Yager, R. R. (1993). *Essentials of fuzzy modeling and control*. New York, NY, USA: Wiley-Interscience.
- Zadeh, L. (1978). Fuzzy Sets as a Basis for a theory of possibility. *Computer Science Division, Department of Electrical Engineering and Computer Sciences and the Electronics Research Laboratory*, 3-28.